

# ПОЛИТЕХ

Научно-исследовательская  
лаборатория «Фасадные конструкции  
зданий и сооружений»

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
Научно-исследовательская лаборатория «Фасадные  
конструкции зданий и сооружений»  
Контактный телефон: +7 (911) 811-07-19  
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29  
ИНН 7804040077; КПП 780401001  
Северо-Западное главное управление Банка России  
(г. Санкт-Петербург)  
Р/с 03214643000000017200;  
К/с 40102810945370000005; БИК 014030106

**УТВЕРЖДАЮ**

*Проректор по научной работе*

*Ю. В. Фомин*

*«19» февраля 2024 года*

## Экспертное заключение

по определению несущей способности конструкции  
козырьков и ограждений консольного типа алюминиевой  
системы **Hoffmann Aluform** с зажимным профилем

**№ 1-10/23**

Руководитель проекта,  
заведующий НИЛ ФКЗиС

А.В. Галямичев

**Санкт-Петербург  
2023**

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

## Оглавление

1.	Исходные данные .....	2
2.	Материал профилей фасадной системы .....	3
3.	Материал заполнения (покрытия, защитного экрана) .....	4
4.	Несущая способность козырьков .....	5
4.1.	Расчётная схема .....	5
4.2.	Сбор нагрузок .....	7
4.3.	Статический расчет .....	9
4.4.	Заключение .....	20
5.	Несущая способность ограждений .....	21
5.1.	Расчётная схема .....	21
5.2.	Сбор нагрузок .....	24
5.3.	Статический расчет .....	26
5.4.	Заключение .....	70

Инв. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					Лист
Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата	Экспертное заключение №1-23/03	

## 1. Исходные данные

Экспертное заключение по определению несущей способности конструкции козырьков и ограждений консольного типа алюминиевой системы Hoffmann Aluform с зажимным профилем, разработано на основании Договора на выполнение научно-исследовательской работы №1-23/03 от 19 февраля 2024 года между Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и товариществом с ограниченной ответственностью «Hoffmann Engineering and Trading».

При выполнении заключения использовалась следующая нормативная и ссылочная документация:

- СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции»;
- СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Акт. ред-я СНиП 2.01.07-85\*»;
- СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Акт. СНиП 3.03.01-87»;
- СП 128.13330.2016 «Алюминиевые конструкции. Акт. редакция СНиП 2.03.06-85»;
- СП 522.1325800.2023 «Системы фасадные навесные вентилируемые. Правила проектирования, производства работ и эксплуатации»;
- ГОСТ 22233-2018 «Профили пресованные из алюминиевых сплавов для ограждающих конструкций. Технические условия»;
- ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований»;
- СТО-44416204-010-2010 «Крепления анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний».

Инв. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					Лист
			Экспертное заключение №1-23/03				
Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата		

## 2. Материал профилей фасадной системы

Для изготовления несущих профилей фасадной системы «Hoffmann Aluform» применяется алюминиевый сплав AlMgSi 6060 T66, который обладает следующими механическими характеристиками согласно ГОСТ 22233-2018 «Профили прессованные из алюминиевых сплавов»:

Таблица 1. Механические показатели профилей из различных сплавов

Обозначение системы и марки сплава	Состояние материала	Обозначение состояния материала	Толщина стенки, мм	Временное сопротивление при растяжении $\sigma_v$ , МПа	Предел текучести при растяжении, МПа	Отн. удлинение при растяжении, %
AlMgSi 6060	Закаленное и искусственно состаренное повышенной прочности	T66	до 3 мм включ.	215	160	8
AlMgSi 6060	Закаленное и искусственно состаренное повышенной прочности	T66	св. 3 мм до 25 мм включ.	195	150	8

Согласно СП 128.13330.2016 «Алюминиевые конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85», значение расчетного сопротивления алюминия при растяжении, сжатии и изгибе  $R$  следует принимать равным меньшему из значений расчетного сопротивления по условному пределу текучести  $R_y$  и расчетного сопротивления по временному сопротивлению  $R_u$ . При этом:

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}; R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m \cdot \gamma_u}$$

где  $R_{yn}$  – нормативное сопротивление алюминия, принимаемое равным значению условного предела текучести сечения  $\sigma_{0,2}$  по государственным стандартам и техническим условиям на алюминий;

$R_{un}$  – нормативное сопротивление алюминия разрыву, принимаемое равным минимальному значению временного сопротивления  $\sigma_b$  по государственным стандартам и техническим условиям на алюминий:

$$\gamma_m = 1,1; \gamma_u = 1,45$$

Расчётное сопротивление алюминия сдвигу:

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

$$R_s = 0,6 \cdot R$$

Расчётное сопротивление смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки):

$$R_p = 1,6 \cdot R$$

Расчётное сопротивление местному смятию при плотном касании:

$$R_{lp} = 0,75 \cdot R$$

Таким образом, расчётные сопротивления алюминиевого сплава AlMgSi (6060) Т66 толщиной до 3 мм включительно будут равны:

$$R = 135 \text{ МПа}; R_s = 80 \text{ МПа}; R_p = 216 \text{ МПа}; R_{lp} = 101 \text{ МПа}$$

Расчётные сопротивления алюминиевого сплава AlMgSi (6060) Т66 толщиной от 3 мм до 25 мм включительно будут равны:

$$R = 120 \text{ МПа}; R_s = 70 \text{ МПа}; R_p = 192 \text{ МПа}; R_{lp} = 90 \text{ МПа}$$

### 3. Материал заполнения (покрытия, защитного экрана)

Материал покрытия (для козырька) и материал защитного экрана (для ограждения) представляет собой многослойное стекло:

**Многослойное стекло** – изделие, состоящее из двух или более листов базового стекла, соединенных между собой одним или более промежуточными слоями.

**Промежуточный слой** – материал, склеивающий и отделяющий друг от друга листы базового стекла в многослойном стекле.

**Безопасное стекло** – изделие из стекла, при разрушении не представляющее опасности для жизни и здоровья людей.

**Термически закаленное стекло (закалённое стекло)** – стекло, подвергнутое термической обработке, в ходе которой оно нагревается примерно до 600°C, затем быстро охлаждается воздушными струями. В результате, на поверхности стекла возникает объемно-напряженное состояние. Это делает его более стойким к механическим и температурным нагрузкам и обеспечивает нужный характер фрагментации в случае его разрушения. Если стекло разрушается, его осколки гораздо меньше, чем у простого стекла, а их края притуплены, что ограничивает риск порезов. Таким образом, **термически закаленное стекло** является **безопасным** при эксплуатации и не образует при разрушении крупных осколков.

В таблице 2 приведены физико-механические показатели стекла, согласно ГОСТ 30698-2014 «Стекло закаленное. Технические условия».

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

**Таблица 2. Физико-механические показатели закалённого стекла**

№	Наименование показателя	Справочное значение
1	<b>Плотность при 18°С, кг/м<sup>3</sup></b>	<b>2500</b>
2	Прочность на сжатие, МПа	700-900
3	<b>Прочность на изгиб листового стекла, МПа</b>	<b>120</b>
4	Прочность на изгиб узорчатого стекла, МПа	90
5	Коэффициент поперечной деформации (Пуассона)	0,2
6	<b>Модуль упругости (модуль Юнга), МПа</b>	<b>7.0·10<sup>4</sup></b>
7	<b>Температурный коэффициент линейного расширения (в интервале температур от -40°С до 300°С), К<sup>-1</sup></b>	<b>(7÷9)·10<sup>-6</sup></b>

Таким образом, на основании ГОСТ 30698-2014 «Стекло закаленное. Технические условия» и ГОСТ 33891-2016 «Стекло закаленное эмалированное (стемалит). Технические условия», сопротивление изгибу закалённого листового стекла, которое необходимо использовать при выполнении статических расчётов:

$$R_{un} = 120 \text{ МПа}$$

Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по материалу:

$$\sigma < \frac{R_{un}}{\gamma_m} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа}$$

#### **4. Несущая способность козырьков**

##### **4.1. Расчётная схема**

Для выполнения поверочного расчета на основе выделенного расчётного участка была составлена конечно-элементная модель в программном комплексе SCAD Office версии 21.1.

В основу расчета положен метод конечных элементов (МКЭ) в варианте метода перемещений. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию данного метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами (КЭ), присоединенных к узлам.

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Направляющий профиль, прижимной профиль, а также остекление (см. Рис. 1) моделировались при помощи оболочечных КЭ.

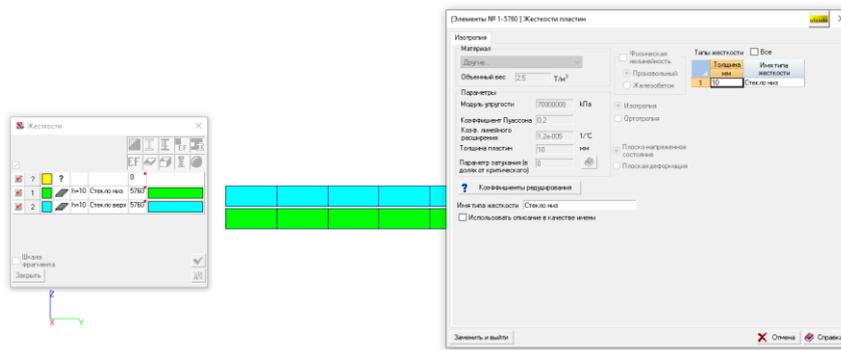


Рис. 1. Расчетная схема триплекса в ПК SCAD Office

Совместная работа обеспечивалась путем ввода объединения перемещений узлов двух пластин по направлению Z по всей площади триплекса (см. Рис. 2). В зоне примыкания прижимного профиля моделировалось объединение перемещений по направлениям X, Y, Z.

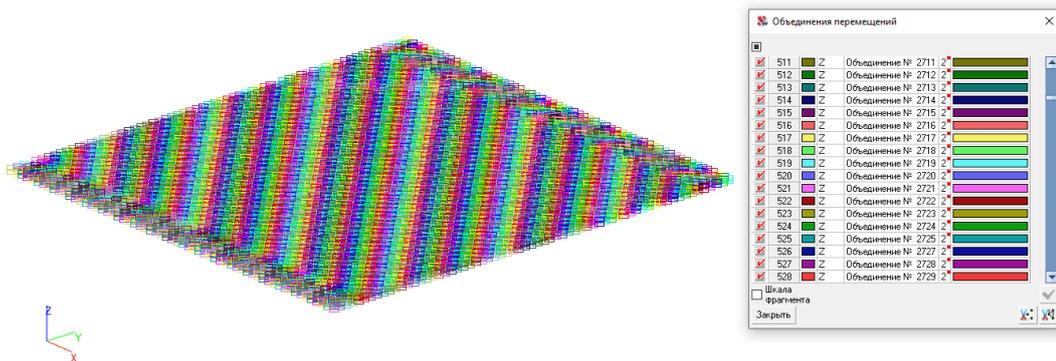


Рис. 2. Моделирование совместной работы стекла в ПК SCAD Office

Закрепление конструкции триплекса показано на Рис. 3.

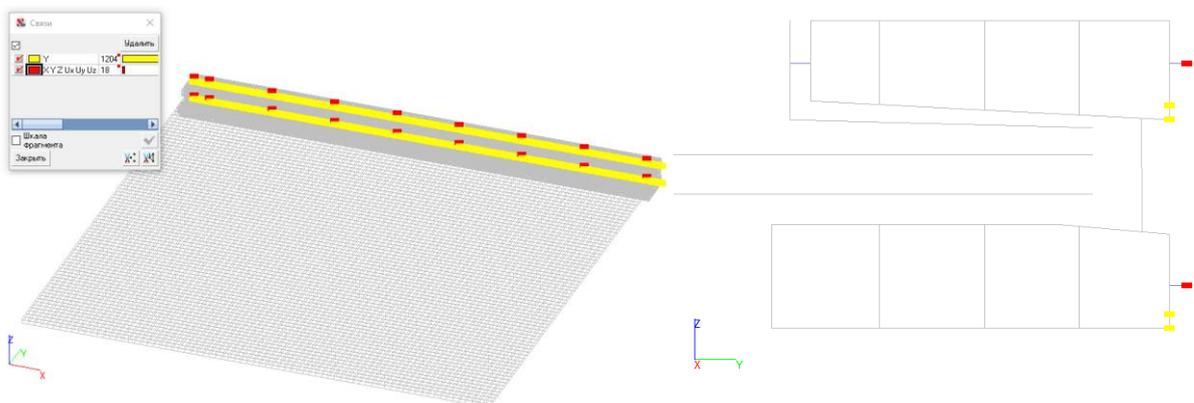


Рис. 3. Задание кинематических граничных условий в ПК SCAD Office

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Шаг крепления к несущему основанию составляет 200 мм со смещением нижнего ряда на 100 мм. Прижим устанавливался длиной 200 мм с шагом 500 мм.

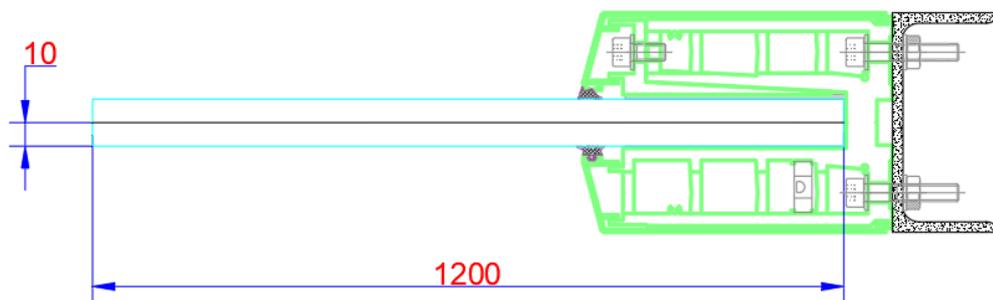


Рис. 4. Конструктивная схема конструкции консольного покрытия (разрез)

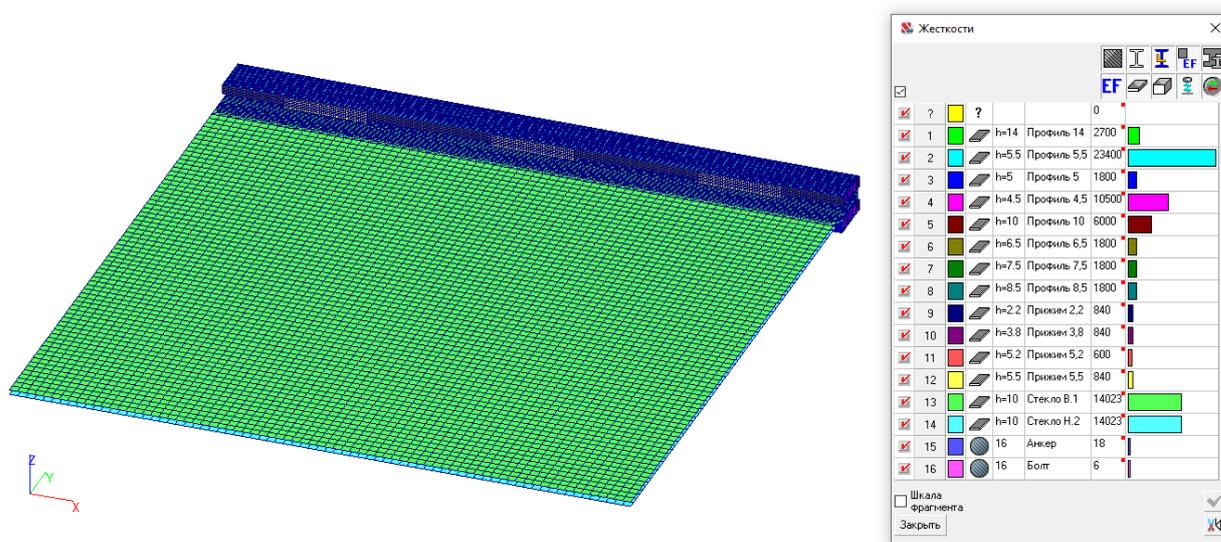


Рис. 5. Расчетная схема в ПК SCAD Office

## 4.2. Сбор нагрузок

### 4.2.1. Нагрузка от собственного веса металлических конструкций

Данная нагрузка учитывает собственный вес направляющих профилей и кронштейнов, образующих каркас навесной фасадной системы, которая учитывается в ПК SCAD автоматически. Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке для конструкций из металла:

$$\gamma_f = 1,05$$

Плотность используемых алюминиевых сплавов составляет:

$$\rho_1 = 2700 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

Модуль Юнга (упругости) на основании СП 128.13330.2016:

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

$$E_1 = 70000 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

Коэффициент Пуассона на основании СП 128.13330.2016:

$$\nu = 0,3$$

#### 4.2.2. Нагрузка от собственного веса остекления

Данная нагрузка учитывает собственный вес остекления, которая учитывается автоматически в ПК SCAD Office.

Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке для остекления:

$$\gamma_f = 1,1.$$

Плотность используемого материала составляет:

$$\rho = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Модуль упругости стекла:

$$E = 70000 \text{ МПа.}$$

Коэффициент Пуассона:

$$\nu = 0,25.$$

#### 4.2.3. Снеговая нагрузка

Данная нагрузка учитывает нагрузку от снегового покрова, которая задается в ПК SCAD Office равномерно распределённой.

На Рис. 6 показано приложение снеговой нагрузки (значения в кН).



Рис. 6. Задание естественных граничных условий в ПК SCAD Office (снеговая нагрузка)

Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке:

$$\gamma_f = 1,4.$$

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

### 4.3. Статический расчет

Расчет производился для нормативной и расчетной комбинации:

1. Собственный вес триплекса;
2. Собственный вес триплекса + Снеговая нагрузка ( $S_g = 1$  кПа).

Конструкция рассчитывалась в трех итерациях с различным вылетом триплекса (см.

Рис. 7):

1. 1500 мм;
2. 1200 мм;
3. 1000 мм.

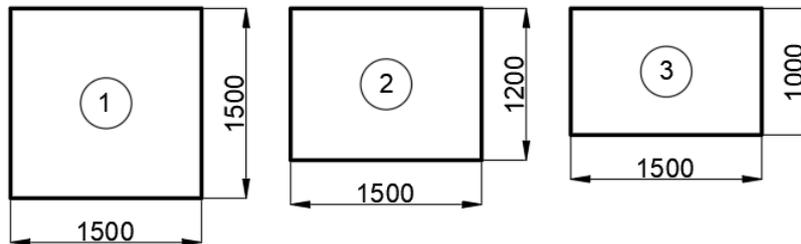


Рис. 7. Размеры в плане рассматриваемых конструкций триплекса

#### 4.3.1. Вылет козырька 1500 мм Проверка по I ПС

##### • Направляющие профили с прижимом

Напряжения, возникающие в опасном сечении горизонтального профиля, представлены на Рис. 8.

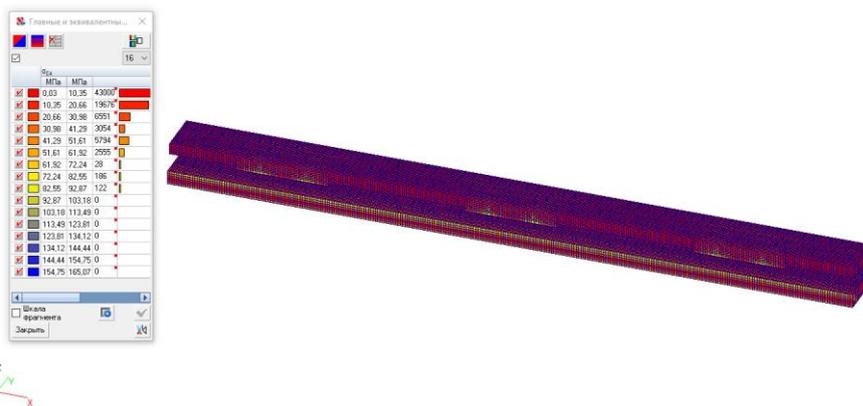


Рис. 8. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации №2 расчетных нагрузок, МПа

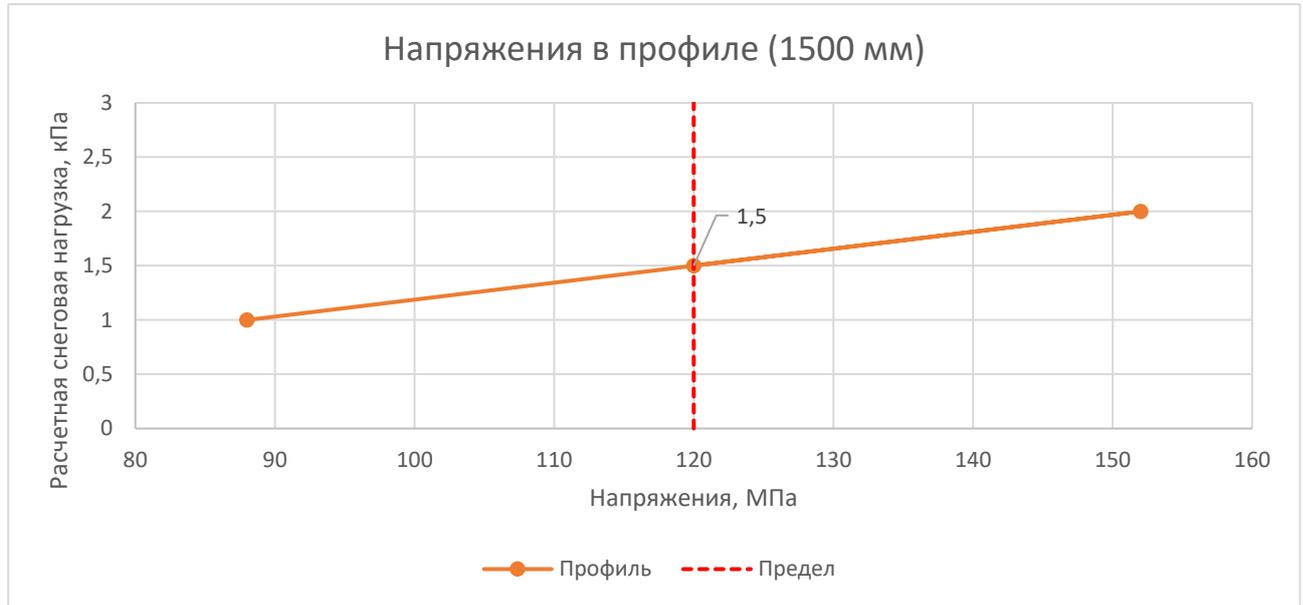
Критерием оценки горизонтального направляющего профиля по первой группе предельных состояний являлось условие, при котором фактические напряжения в

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата
------	------	------	------	---------	------

профиле не превышают расчётное сопротивление алюминиевого сплава, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = 120 \text{ МПа.}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от снегового покрова для алюминиевого профиля козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_p = 1,5 \text{ кПа.}$$

- **Стекло ограждения триплекс**

Напряжения, возникающие КЭ остекления, представлены на Рис. 9.

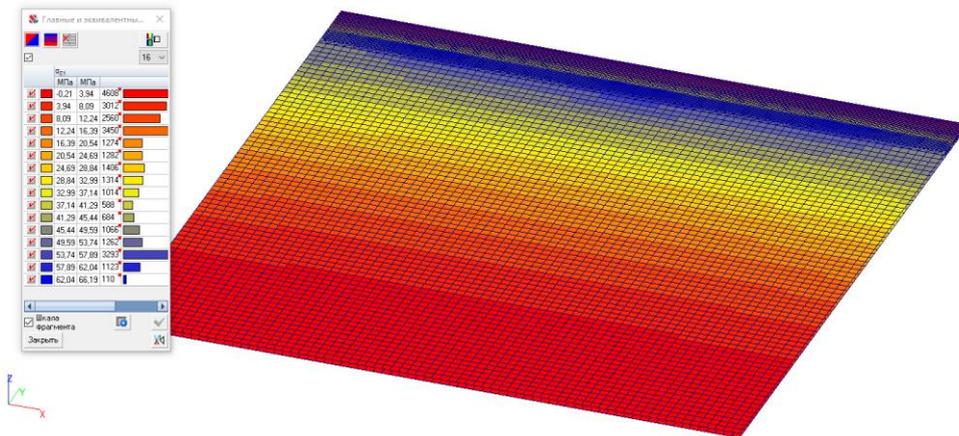


Рис. 9. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

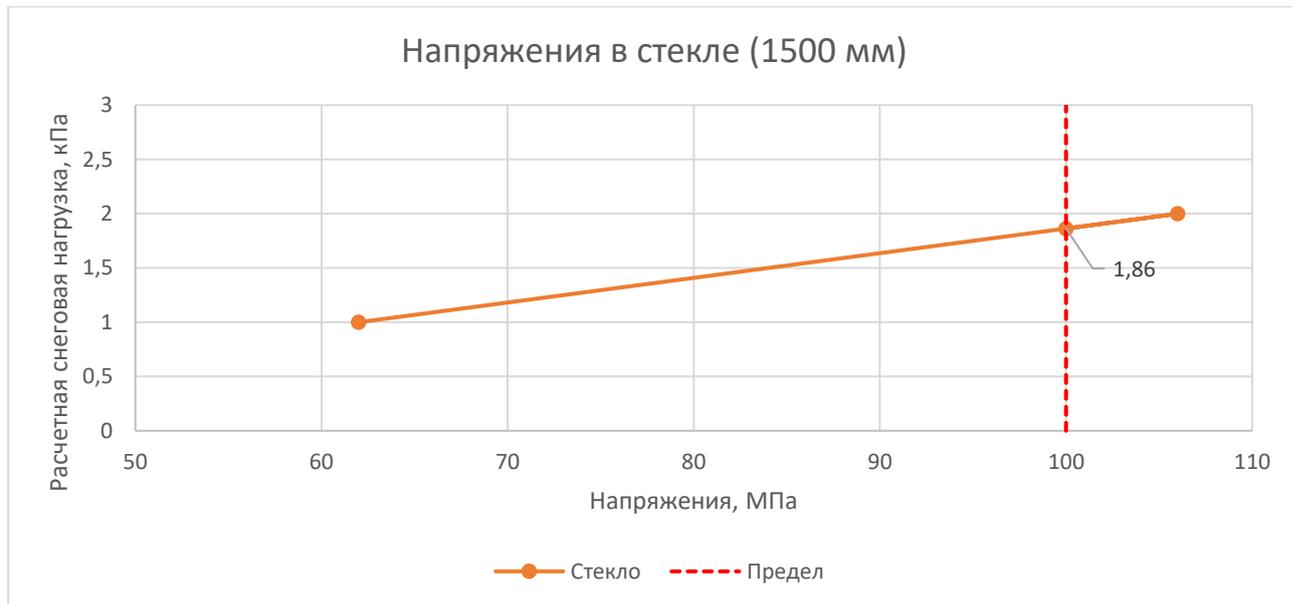
Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа.}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от снегового покрова для остекления козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_p = 1,86 \text{ кПа.}$$

#### 4.3.2. Вылет козырька 1500 мм. Проверка по II ПС

Критерием оценки остекления по второй группе предельных состояний является п. 15.2.3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Прогибы остекления представлены на Рис. 10 и Рис. 11.

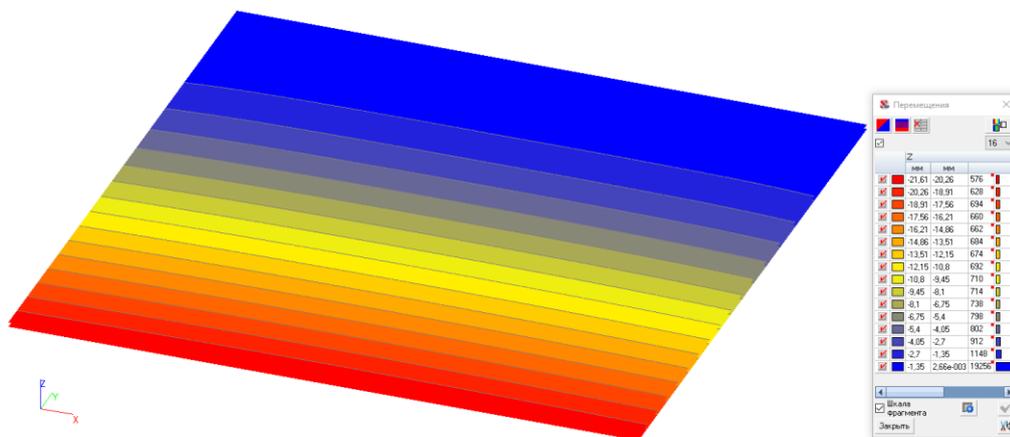


Рис. 10. Перемещения остекления (Z) от нормативных нагрузок собственного веса, мм

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

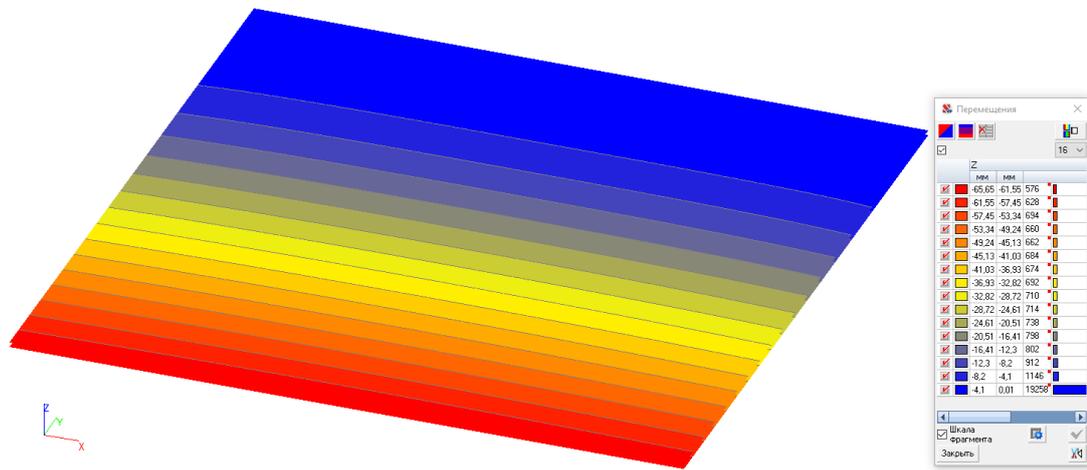


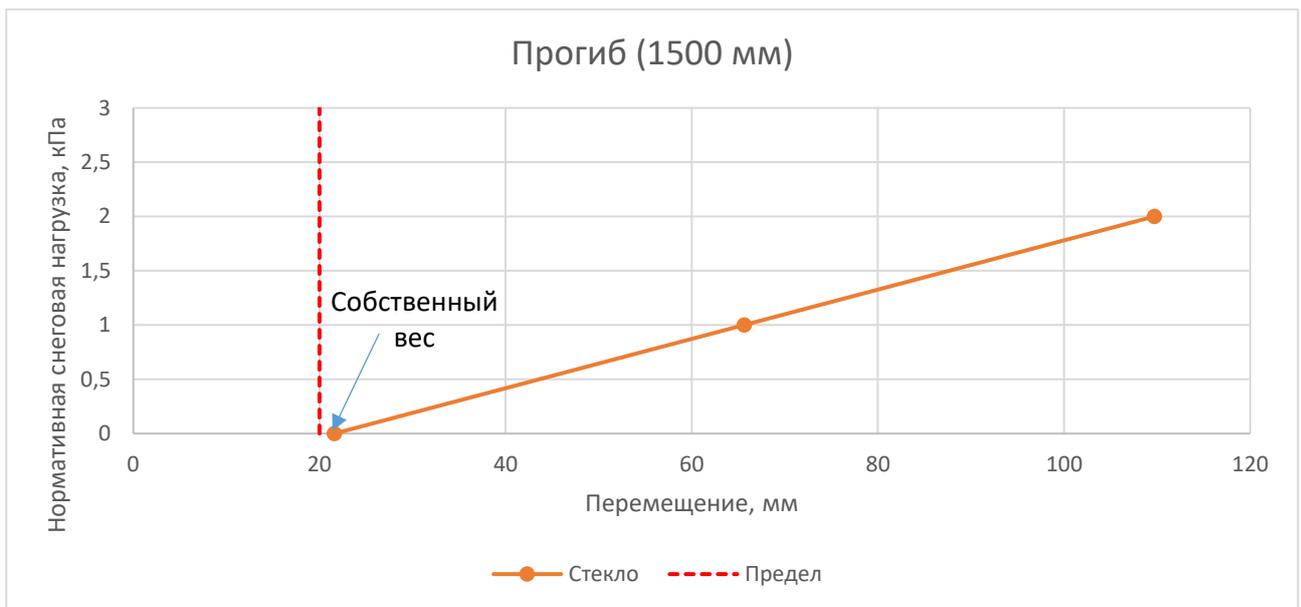
Рис. 11. Перемещения остекления (Z) от комбинации нормативных нагрузок №2, мм

Допустимый прогиб остекления составляет:

$$f_{\text{доп.}} = \frac{1500}{75} = 20 \text{ мм.}$$

$$f_{1.\text{max}} = 21,6 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 20 \text{ мм};$$

$$f_{2.\text{max}} = 65,5 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 20 \text{ мм.}$$



Остекление НЕ проходит по второй группе предельных состояний при нагрузке только от собственного веса остекления.

#### 4.3.3. Вылет козырька 1200 мм. Проверка по I ПС

- Направляющие профили с прижимом

Напряжения, возникающие в опасном сечении горизонтального профиля, представлены на Рис. 12.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

№	σ <sub>ср</sub> , МПа	σ <sub>ср</sub> , МПа	σ <sub>ср</sub> , МПа
✓	0,03	6,55	33870
✓	6,55	13,06	13693
✓	13,06	19,59	3006
✓	19,59	26,1	1002
✓	26,1	32,61	933
✓	32,61	39,13	370
✓	39,13	45,64	26
✓	45,64	52,16	197
✓	52,16	58,67	113
✓	58,67	65,19	0
✓	65,19	71,7	0
✓	71,7	78,22	0
✓	78,22	84,74	0
✓	84,74	91,25	0
✓	91,25	97,77	0
✓	97,77	104,28	0

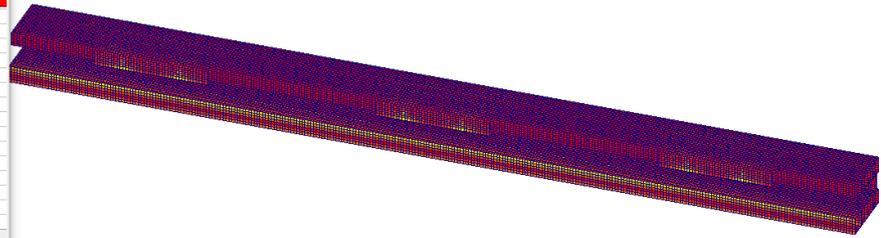
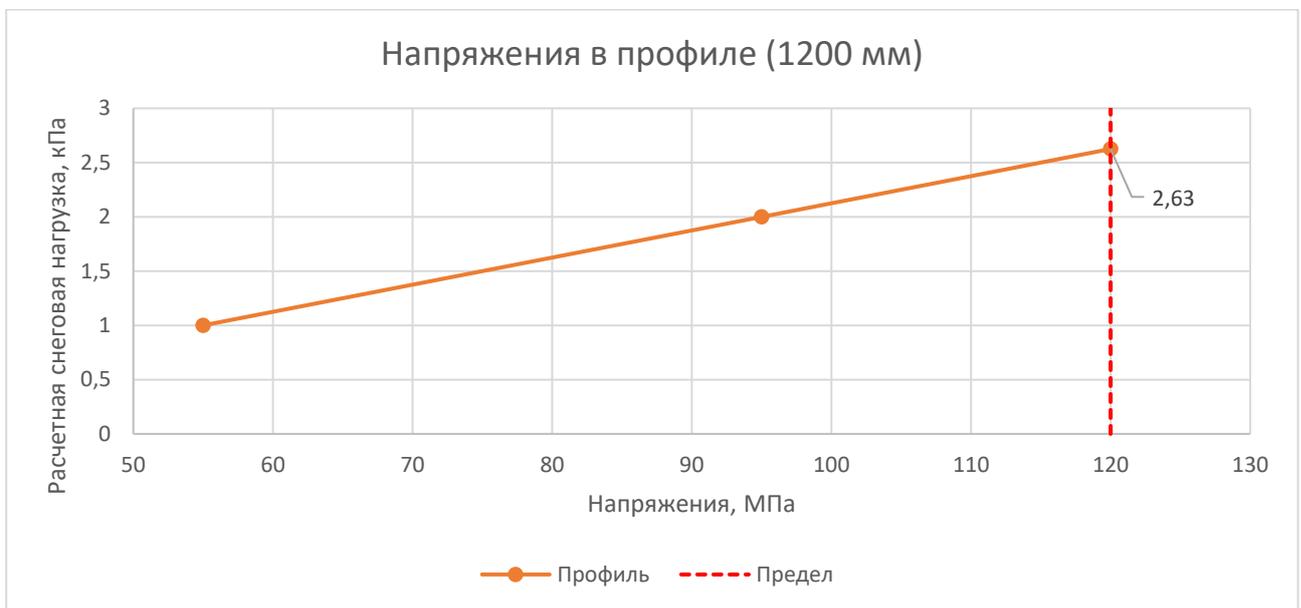


Рис. 12. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

Критерием оценки горизонтального направляющего профиля по первой группе предельных состояний являлось условие, при котором фактические напряжения в профиле не превышают расчётное сопротивление алюминиевого сплава, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = 120 \text{ МПа.}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от снегового покрова для алюминиевого профиля козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_p = 2,63 \text{ кПа.}$$

- **Стекло ограждения триплекс**

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Напряжения, возникающие КЭ остекления, представлены на Рис. 13.

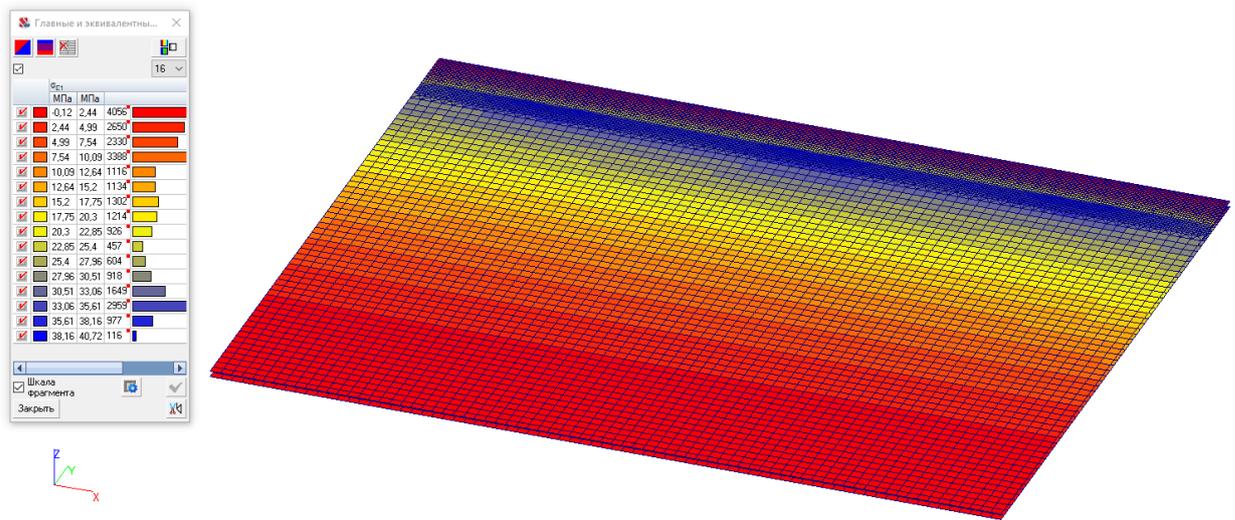
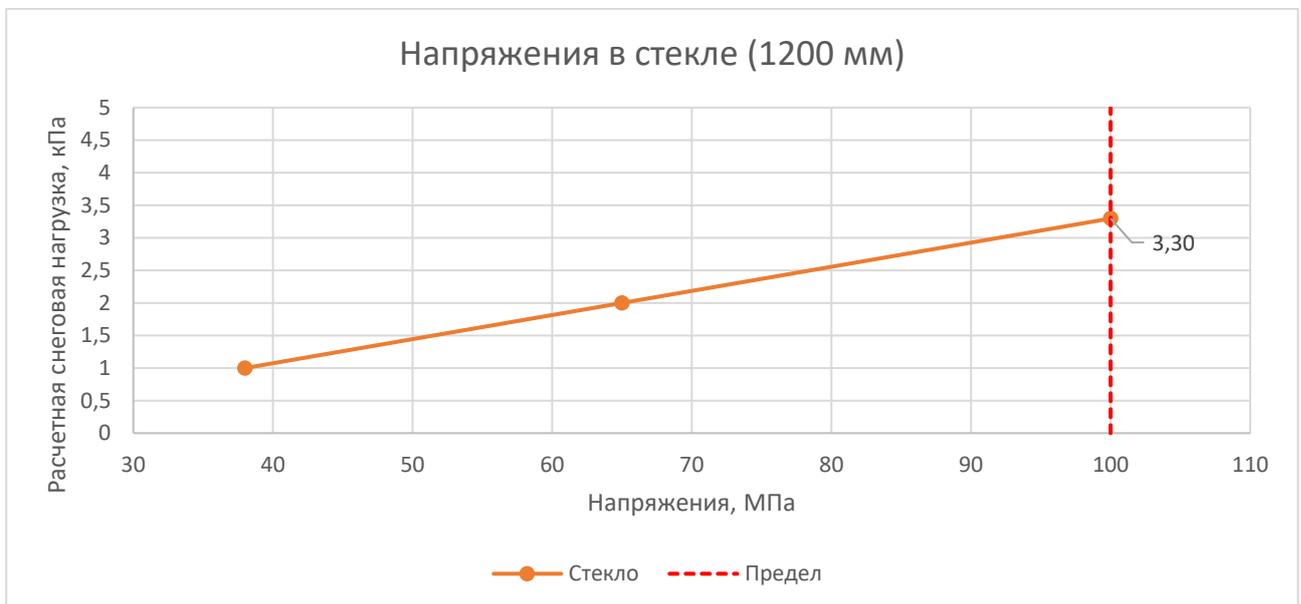


Рис. 13. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от снегового покрова для остекления козырька:

$$S_p = 3,3 \text{ кПа.}$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

#### 4.3.4. Вылет козырька 1200 мм. Проверка по II ПС

Критерием оценки остекления по второй группе предельных состояний является п. 15.2.3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Прогибы остекления представлены на Рис. 14 и Рис. 15.

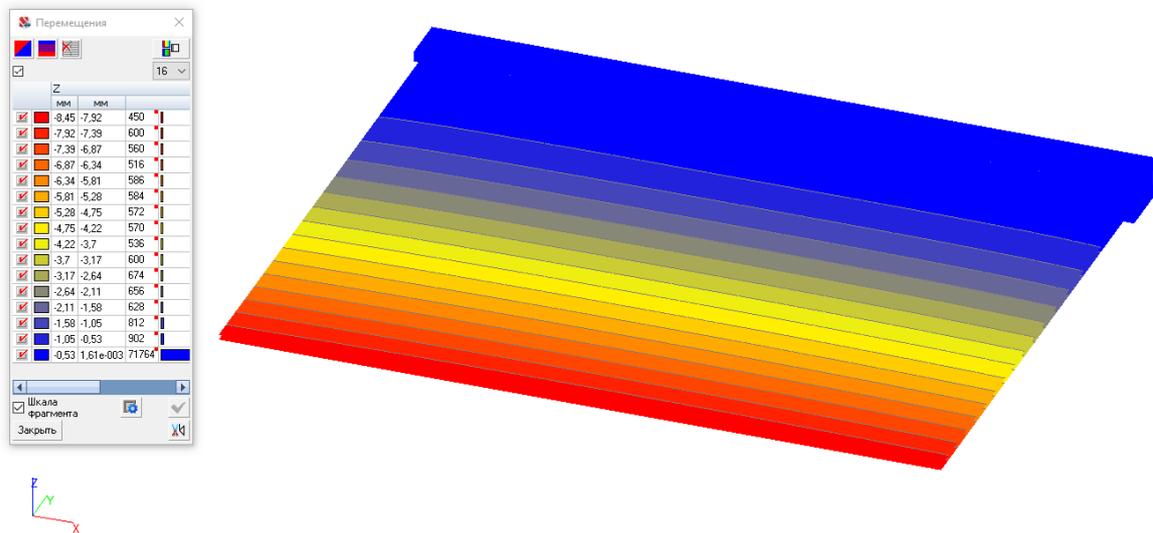


Рис. 14. Перемещения остекления (Z) от нормативных нагрузок собственного веса, мм

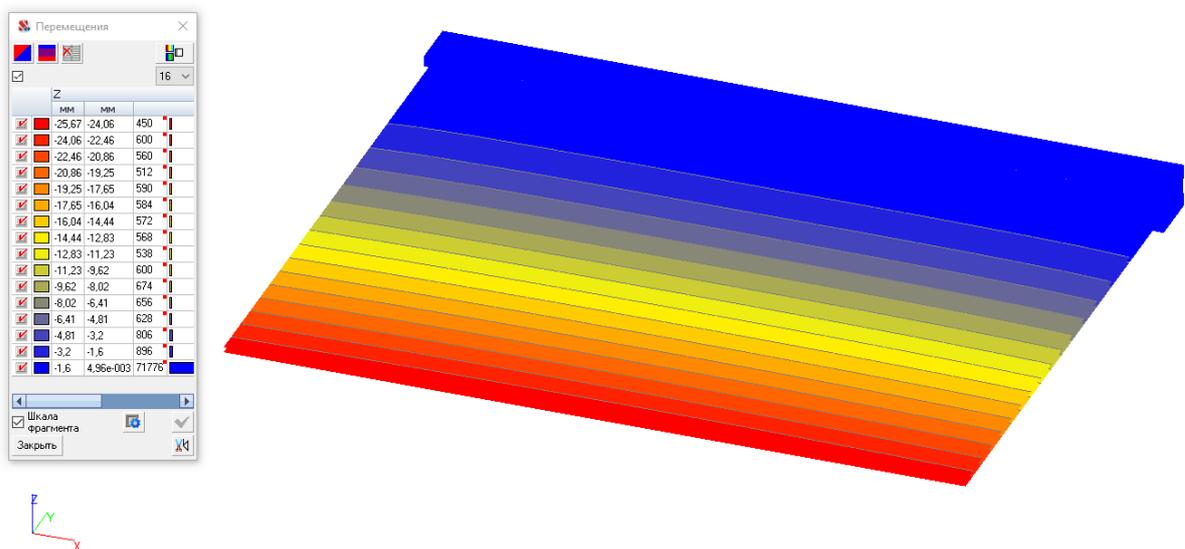


Рис. 15. Перемещения остекления (Z) от комбинации нормативных нагрузок №2, мм

Допустимый прогиб остекления составляет:

$$f_{\text{доп.}} = \frac{1200}{75} = 16 \text{ мм.}$$

$$f_{1.\text{max}} = 8,45 \text{ мм} < f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{2.\text{max}} = 25,67 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм.}$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

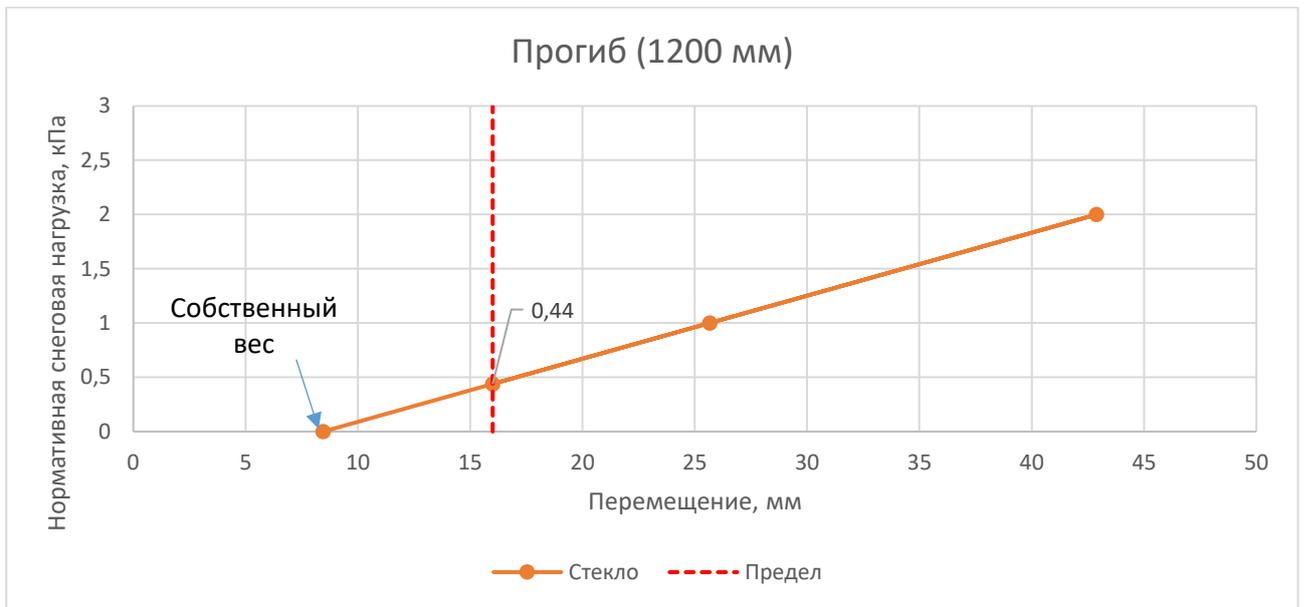
Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Экспертное заключение №1-23/03

Лист

15



Путем линейной интерполяции получена максимальная нормативная нагрузка от снегового покрова для остекления козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_H = 0,44 \text{ кПа.}$$

$$S_p = S_H \cdot \gamma_f = 0,44 \cdot 1,4 = 0,62 \text{ кПа} \text{ – расчетное значение.}$$

#### 4.3.5. Вылет козырька 1000 мм. Проверка по I ПС

- Направляющие профили с прижимом

Напряжения, возникающие в опасном сечении горизонтального профиля, представлены на Рис. 16.

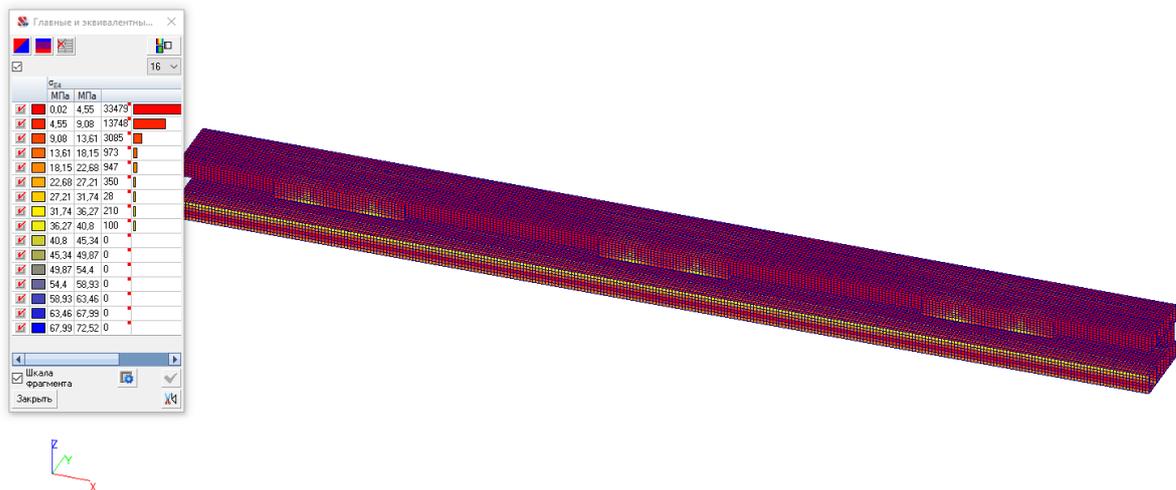


Рис. 16. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

Критерием оценки горизонтального направляющего профиля по первой группе предельных состояний являлось условие, при котором фактические напряжения в

Взам. инв. №

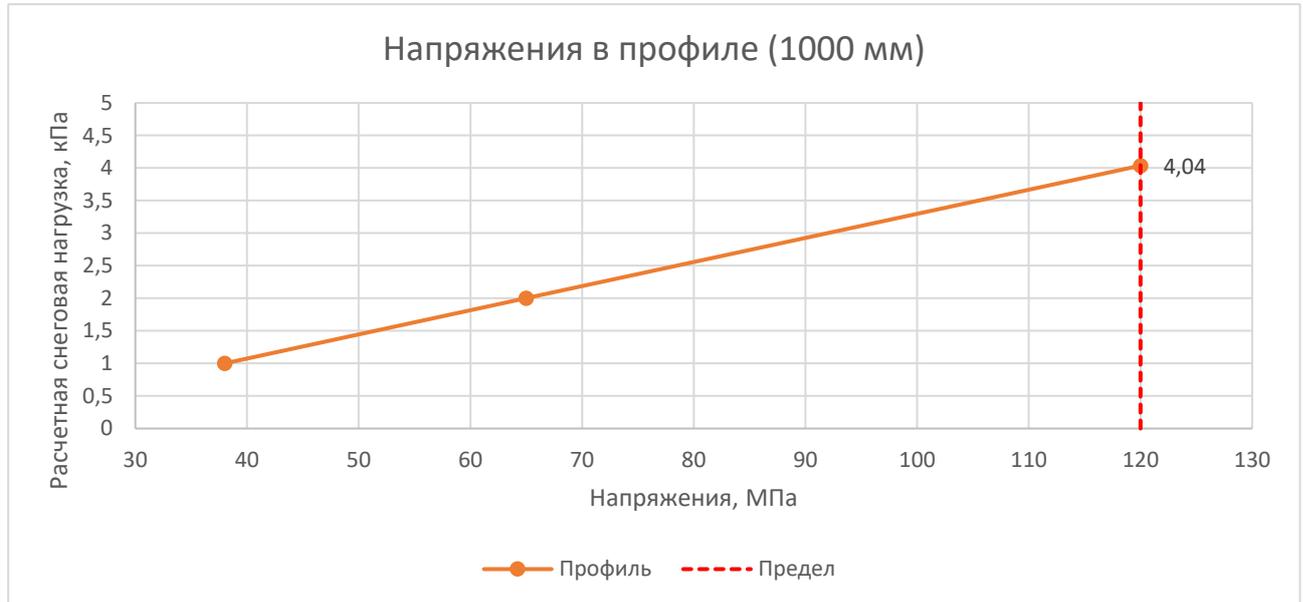
Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

профиле не превышают расчётное сопротивление алюминиевого сплава, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = 120 \text{ МПа.}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от снегового покрова для алюминиевого профиля козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_p = 4,04 \text{ кПа.}$$

- **Стекло ограждения триплекс**

Напряжения, возникающие КЭ остекления, представлены на Рис. 17.

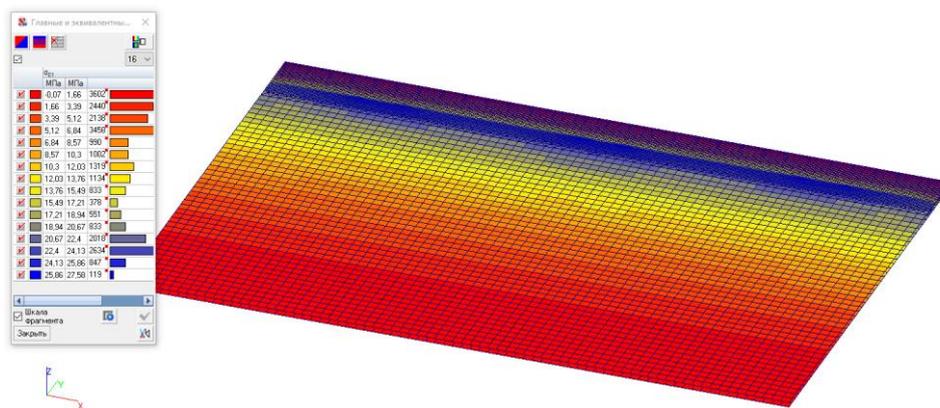


Рис. 17. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

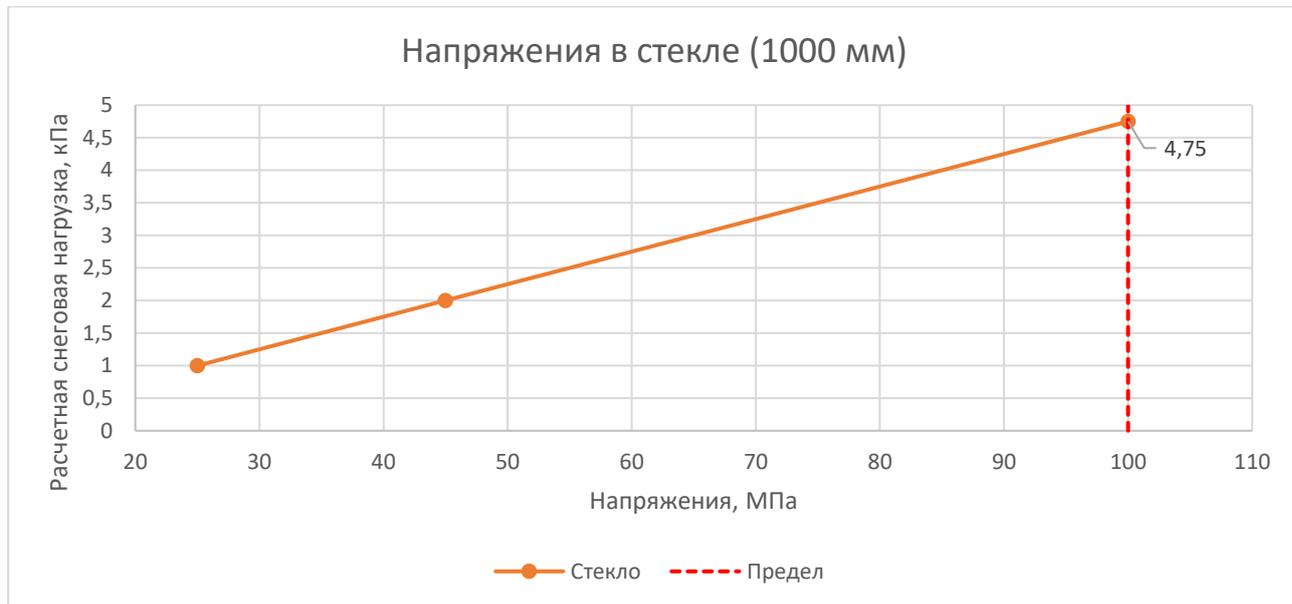
Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа.}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от снегового покрова для остекления козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_p = 4,75 \text{ кПа.}$$

#### 4.3.6. Вылет козырька 1000 мм. Проверка по II ПС

Критерием оценки остекления по второй группе предельных состояний является п. 15.2.3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Прогибы остекления представлены на Рис. 18 и Рис. 19.

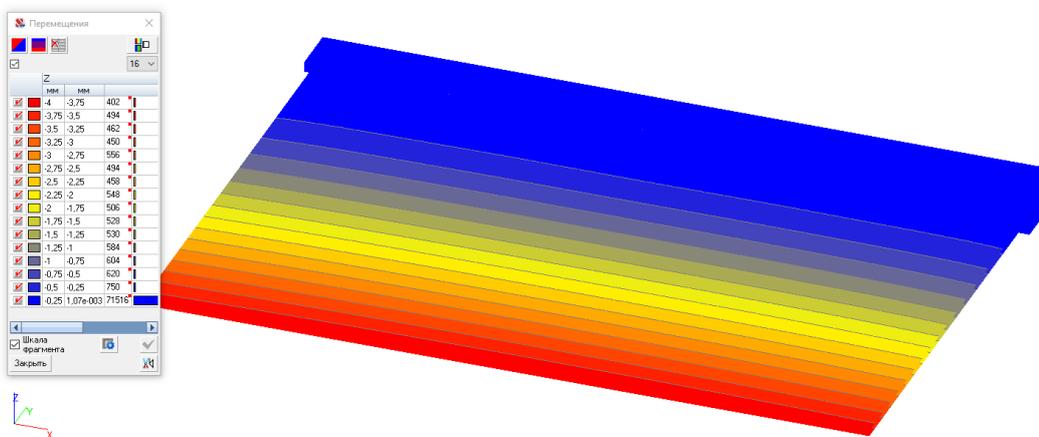


Рис. 18. Перемещения остекления (Z) от нормативных нагрузок собственного веса, мм

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

Z		max	min	402
12,13	11,37	402		
11,37	10,62	492		
10,62	9,86	484		
9,86	9,1	490		
9,1	8,34	596		
8,34	7,58	494		
7,58	6,82	450		
6,82	6,06	548		
6,06	5,31	506		
5,31	4,55	524		
4,55	3,79	534		
3,79	3,03	594		
3,03	2,27	594		
2,27	1,51	620		
1,51	0,76	790		
0,76	3,32e-003	71516		

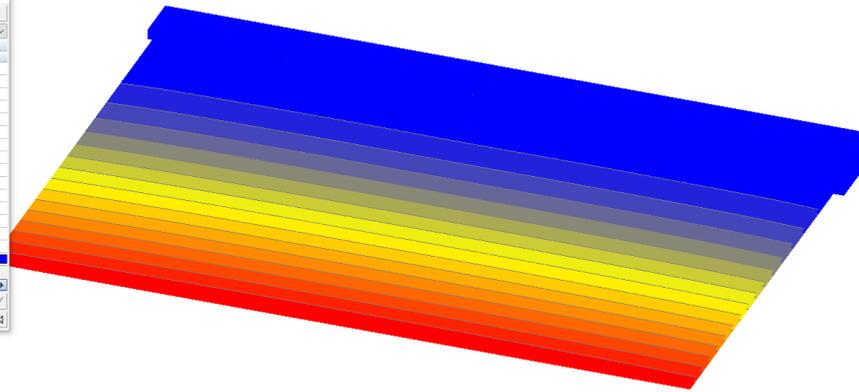
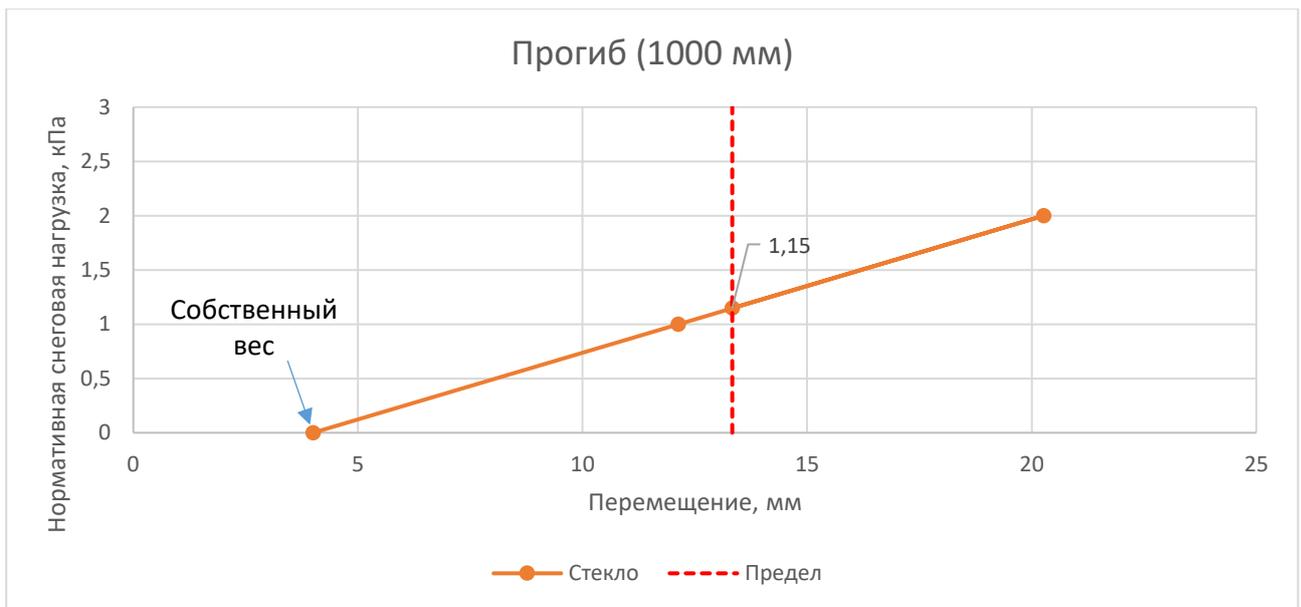


Рис. 19. Перемещения остекления (Z) от комбинации нормативных нагрузок №2, мм  
Допустимый прогиб остекления составляет:

$$f_{\text{доп.}} = \frac{1000}{75} = 13,33 \text{ мм.}$$

$$f_{1.\text{max}} = 4 \text{ мм} < f_{\text{доп.}} = 13,33 \text{ мм};$$

$$f_{2.\text{max}} = 12,13 \text{ мм} < f_{\text{доп.}} = 13,33 \text{ мм.}$$



Путем линейной интерполяции получена максимальная нормативная нагрузка от снегового покрова для остекления козырька с учетом собственного веса конструкции:

$$S_H = 1,15 \text{ кПа.}$$

$$S_p = S_H \cdot \gamma_f = 1,15 \cdot 1,4 = 1,61 \text{ кПа} \text{ – расчетное значение.}$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

#### 4.4. Заключение

В результате поверочного расчета конструкции козырька по предельным состояниям с различными вылетами триплекса (1500 мм, 1200 мм и 1000 мм) можно сделать следующие выводы:

1. Определяющей является вторая группа предельных состояний.
2. Все три вариации конструкции козырька удовлетворяют критериям проверки по первой группе предельных состояний для расчетной комбинации нагрузок (СВ + снеговая нагрузка 1 кПа).
3. Конструкция козырька с вылетом триплекса 1500 мм и 1200 мм не удовлетворяет критериям проверки по второй группе предельных состояний при комбинации нормативных нагрузок, а также только при учете собственного веса конструкции (для козырька с вылетом 1500 мм).
4. Конструкция козырька с вылетом триплекса 1000 мм удовлетворяет требованиям по двум группам предельных состояний для граничных условий, описанных в настоящем Экспертном заключении.
5. Получены предельные расчетные нагрузки для каждого типа конструкции козырька, результаты приведены в Таблица 3.

**Таблица 3. Предельные расчетные снеговые нагрузки на конструкцию козырька**

Вылет козырька, мм	Рассматриваемый конструктивный элемент	Значение $S_p$ для I ПС, кПа	Значение $S_p$ для II ПС, кПа
1500	Алюминиевый профиль	1,5	-
	Остекление	1,86	Не проходит от собственного веса
1200	Алюминиевый профиль	2,63	-
	Остекление	3,3	0,62
1000	Алюминиевый профиль	4,04	-
	Остекление	4,75	1,61

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

## 5. Несущая способность ограждений

### 5.1. Расчётная схема

Для выполнения поверочного расчета на основе выделенного расчётного участка была составлена конечно-элементная модель в программном комплексе SCAD Office версии 21.1.

В основу расчета положен метод конечных элементов (МКЭ) в варианте метода перемещений. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию данного метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами (КЭ), присоединенных к узлам.

Направляющий профиль, прижимной профиль, а также остекление (см. Рис. 1) моделировались при помощи оболочечных КЭ.

Совместная работа обеспечивалась путем ввода объединения перемещений узлов двух пластин по направлению Y по все площади триплекса (см. Рис. 20). В зоне примыкания прижимного профиля моделировалось объединение перемещений по направлениям X, Y, Z. Учитывалась геометрическая нелинейность для КЭ триплекса.

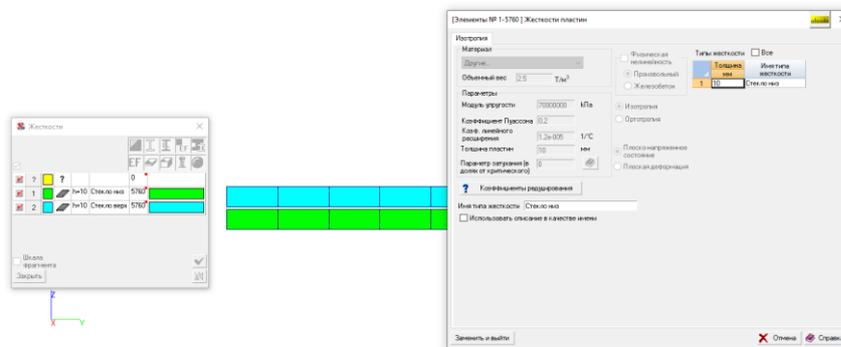


Рис. 20. Расчетная схема триплекса в ПК SCAD Office

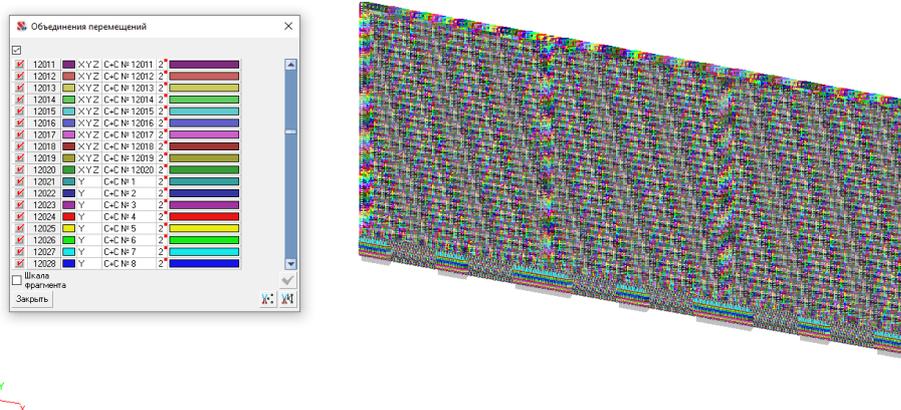


Рис. 21. Моделирование совместной работы стекла в ПК SCAD Office

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

В расчете учитывался профиль поручня, моделируемый стержневыми КЭ и имеющий общие узлы с конечными элементами остекления, как показано на Рис. 22. Размещение стержня по центру контракции остекления осуществлялось путем ввода жестких вставок.

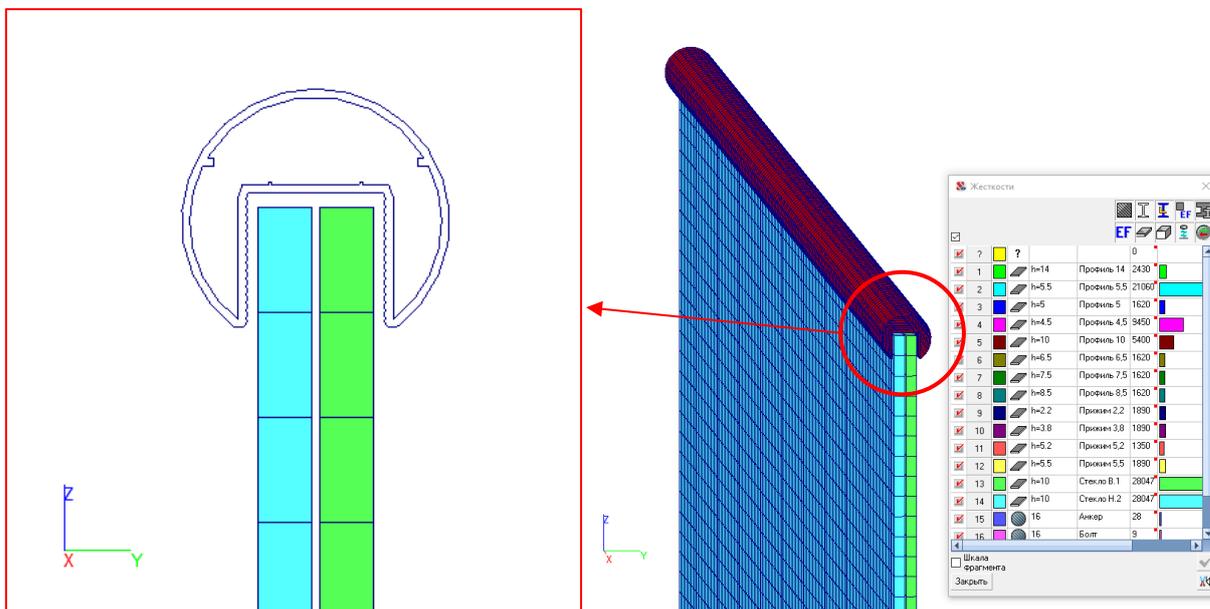


Рис. 22. Моделирование поручня ограждения в ПК SCAD Office

Закрепление конструкции триплекса показано на Рис. 23.

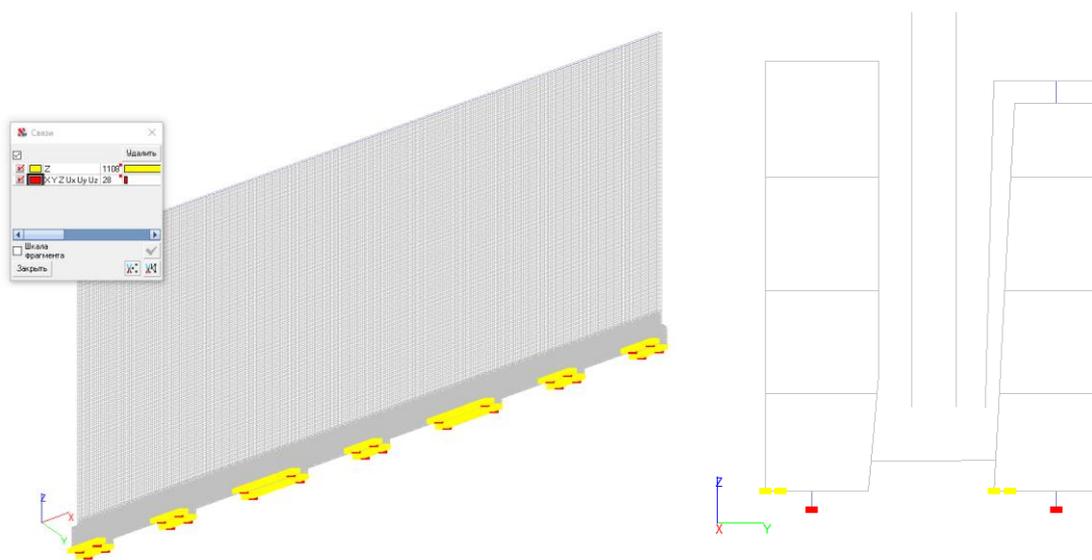


Рис. 23. Задание кинематических граничных условий в ПК SCAD Office

Краевое расстояние до центра крепежного элемента составляет 30 мм. Прижим устанавливался длиной 150 мм с одним болтов по центру и длиной 300 мм с двумя болтами с краевым расстоянием 75 мм.

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата
------	------	------	------	---------	------

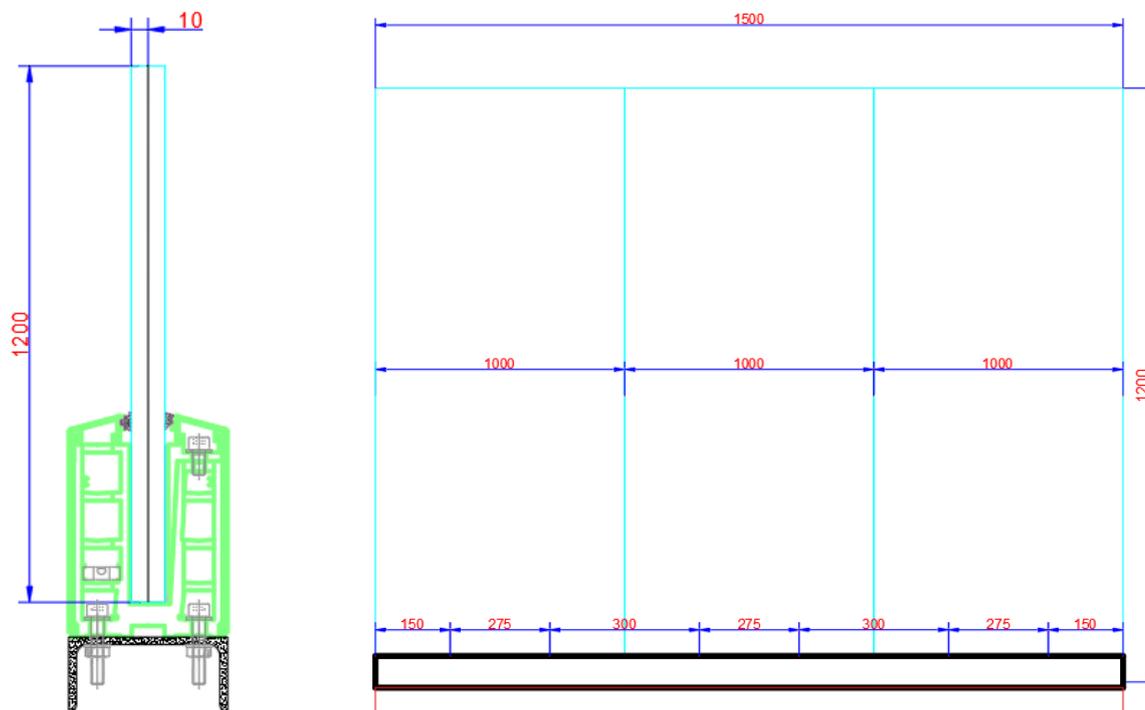


Рис. 24. Конструктивная схема конструкции ограждения

Моделирование выполнялось для трех типов конструкции:

1. Тип 1 – сплошное остекление длиной 3000 мм (см. Рис. 25);
2. Тип 2 – разрезное остекление по 1000 мм и общей протяженностью 3000 мм (см. Рис. 26);
3. Тип 2 – разрезное остекление по 1000 мм и общей протяженностью 3000 мм с учетом закрепления крайних узлов поручня по линейному перемещению из плоскости конструкции (см. Рис. 27).

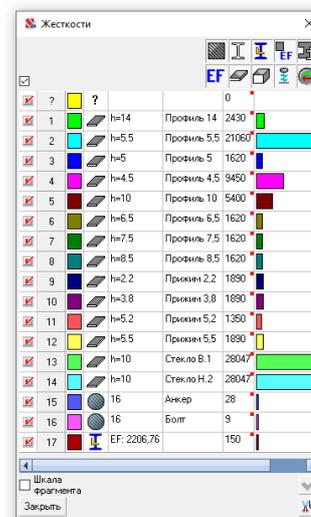
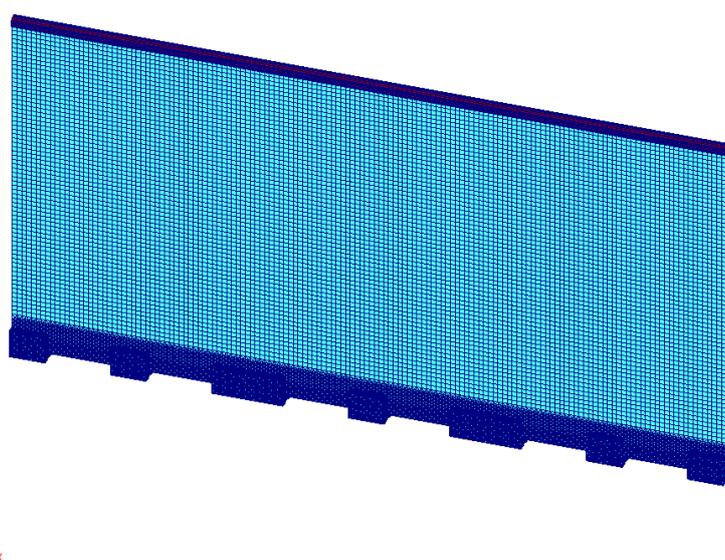


Рис. 25. Расчетная схема в ПК SCAD Office (тип 1)

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

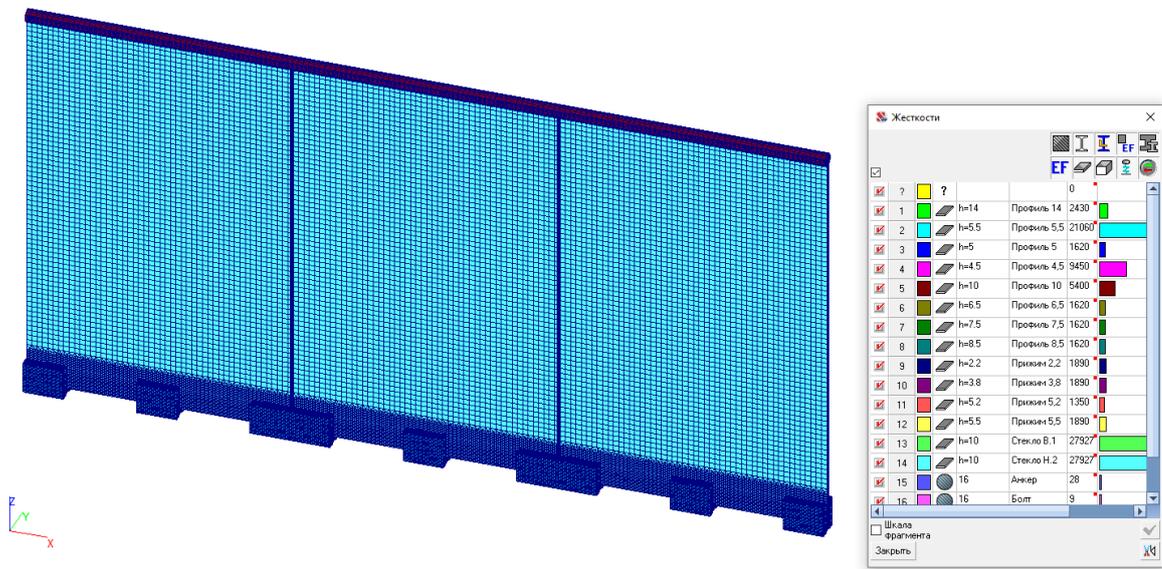


Рис. 26. Расчетная схема в ПК SCAD Office (тип 2)

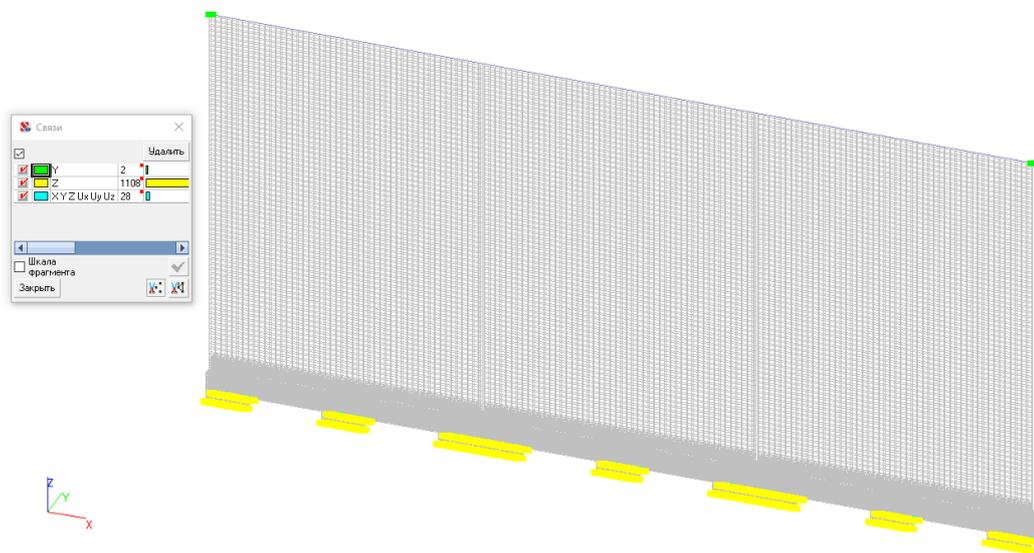


Рис. 27. Расчетная схема в ПК SCAD Office (тип 3)

## 5.2. Сбор нагрузок

### 5.2.1. Нагрузка от собственного веса металлических конструкций

Данная нагрузка учитывает собственный вес направляющих профилей и кронштейнов, образующих каркас навесной фасадной системы, которая учитывается в ПК SCAD автоматически. Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке для конструкций из металла:

$$\gamma_f = 1,05.$$

Плотность используемых алюминиевых сплавов составляет:

$$\rho_1 = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Модуль Юнга (упругости) на основании СП 128.13330.2016:

$$E_1 = 70000 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

Коэффициент Пуассона на основании СП 128.13330.2016:

$$\nu = 0,3.$$

### **5.2.2. Нагрузка от собственного веса остекления**

Данная нагрузка учитывает собственный вес остекления, которая учитывается автоматически в ПК SCAD Office.

Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке для остекления:

$$\gamma_f = 1,1$$

Плотность используемого материала составляет:

$$\rho = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Модуль упругости стекла:

$$E = 70000 \text{ МПа}$$

Коэффициент Пуассона:

$$\nu = 0,25$$

### **5.2.3. Ветровая нагрузка**

Данная нагрузка учитывает нагрузку от положительного и отрицательного ветрового воздействия, которая задается в ПК SCAD Office равномерно распределённой.

На Рис. 28 показано приложение ветровой нагрузки (значения в кПа).

Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке:

$$\gamma_f = 1,4$$

### **5.2.4. Барьерная нагрузка**

Данная нагрузка задается в ПК SCAD Office равномерно распределённой вдоль линии.

На Рис. 28 показано приложение барьерной нагрузки (значения в кН/м).

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

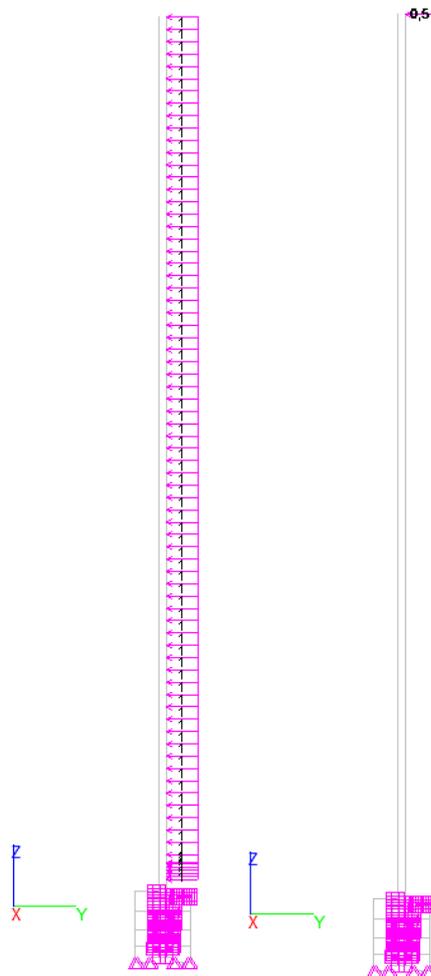


Рис. 28. Задание граничных условий и нагрузки в ПК SCAD Office (ветровая нагрузка – слева, барьерная нагрузка - справа)

Для получения расчётной величины действующей нагрузки необходимо использовать коэффициент надёжности по нагрузке:

$$\gamma_f = 1,2.$$

### 5.3. Статический расчет

Расчет производился для **расчетной** комбинации:

1. СВ конструкции + Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа);
2. СВ конструкции + Барьерная нагрузка ( $F = 0,5$  кН/м);
3. СВ конструкции + Барьерная нагрузка ( $F = 0,8$  кН/м);
4. СВ конструкции + Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +0,9 x Барьерная нагрузка ( $F = 0,5$  кН/м)
5. СВ конструкции + 0,9 x Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +Барьерная нагрузка ( $F = 0,5$  кН/м)

Инв. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					Лист
			Экспертное заключение №1-23/03				
Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата		

6. СВ конструкции + Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +0,9 x Барьерная нагрузка ( $F = 0,8$  кН/м);

7. СВ конструкции + 0,9 x Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +Барьерная нагрузка ( $F = 0,8$  кН/м).

Расчет производился для **нормативной** комбинации:

1. СВ конструкции + Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа);
2. СВ конструкции + Барьерная нагрузка ( $F = 0,5$  кН/м)
3. СВ конструкции + Барьерная нагрузка ( $F = 0,8$  кН/м);
4. СВ конструкции + Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +0,9 x Барьерная нагрузка ( $F = 0,5$  кН/м);
5. СВ конструкции + 0,9 x Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +Барьерная нагрузка ( $F = 0,5$  кН/м);
6. СВ конструкции + Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +0,9 x Барьерная нагрузка ( $F = 0,8$  кН/м);
7. СВ конструкции + 0,9 x Ветровое воздействие ( $W_n = 1$  кПа) +Барьерная нагрузка ( $F = 0,8$  кН/м).

### 5.3.1. Сплошное ограждение 3000 мм. Проверка по I ПС

- **Направляющие профили с прижимом**

Напряжения, возникающие в опасном сечении горизонтального профиля, представлены на Рис. 29 - Рис. 35.

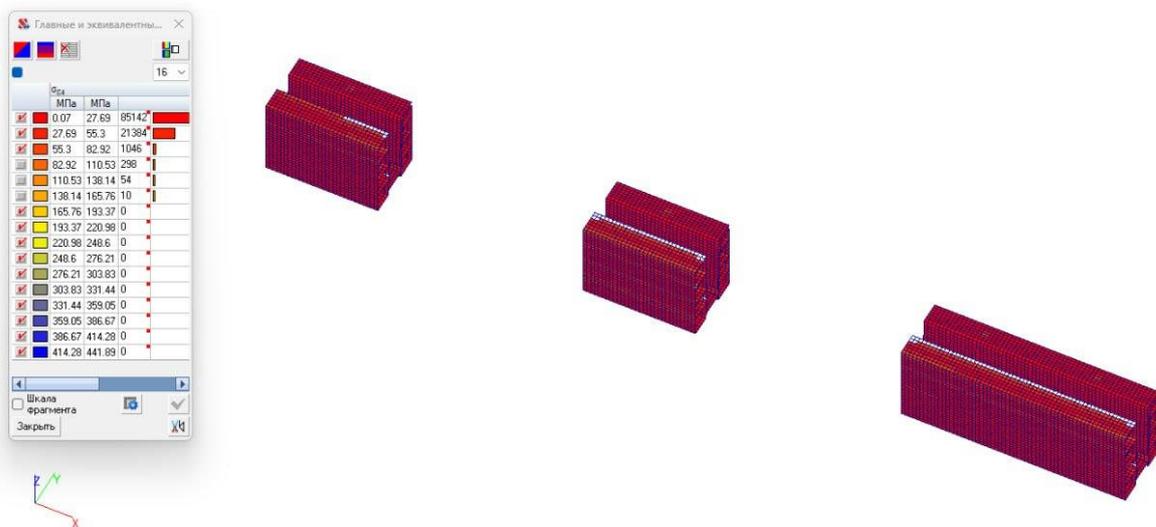


Рис. 29. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №1, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

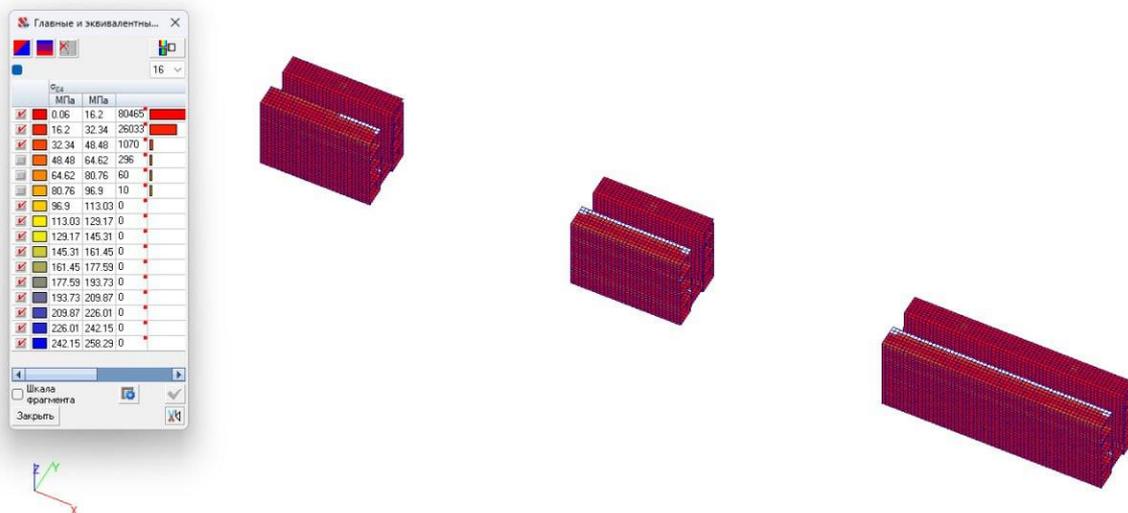


Рис. 30. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

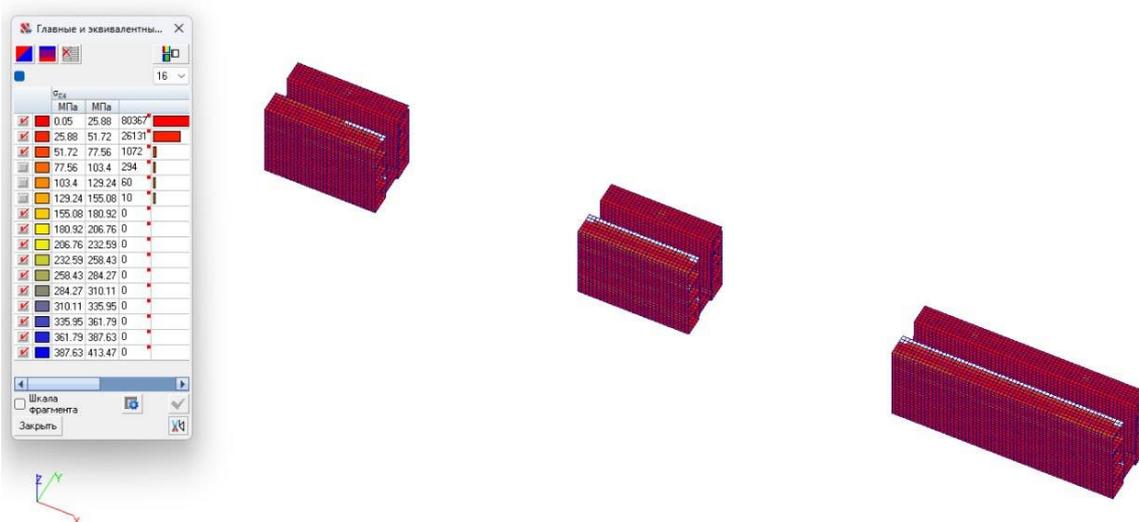


Рис. 31. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №3, МПа

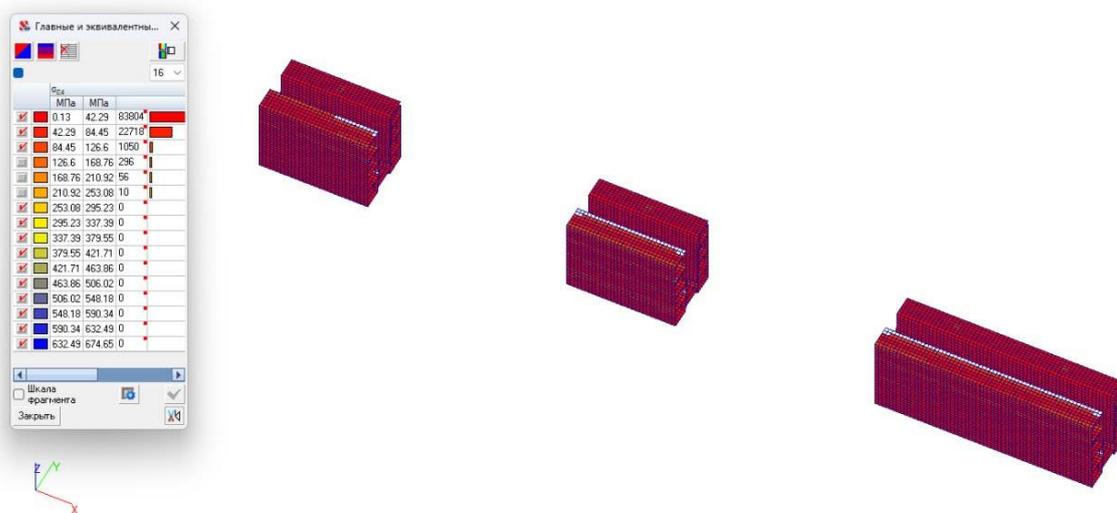


Рис. 32. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №4, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

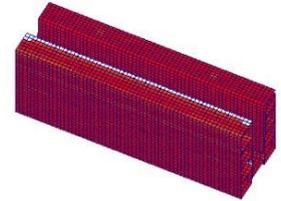
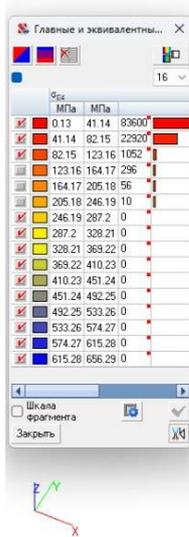


Рис. 33. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №5, МПа

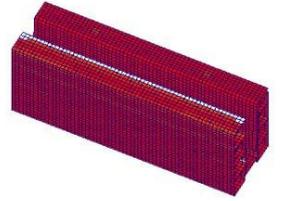
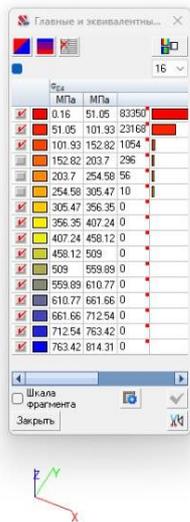


Рис. 34. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №6, МПа

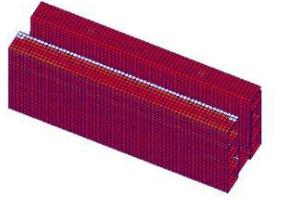
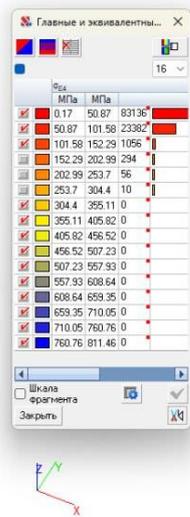


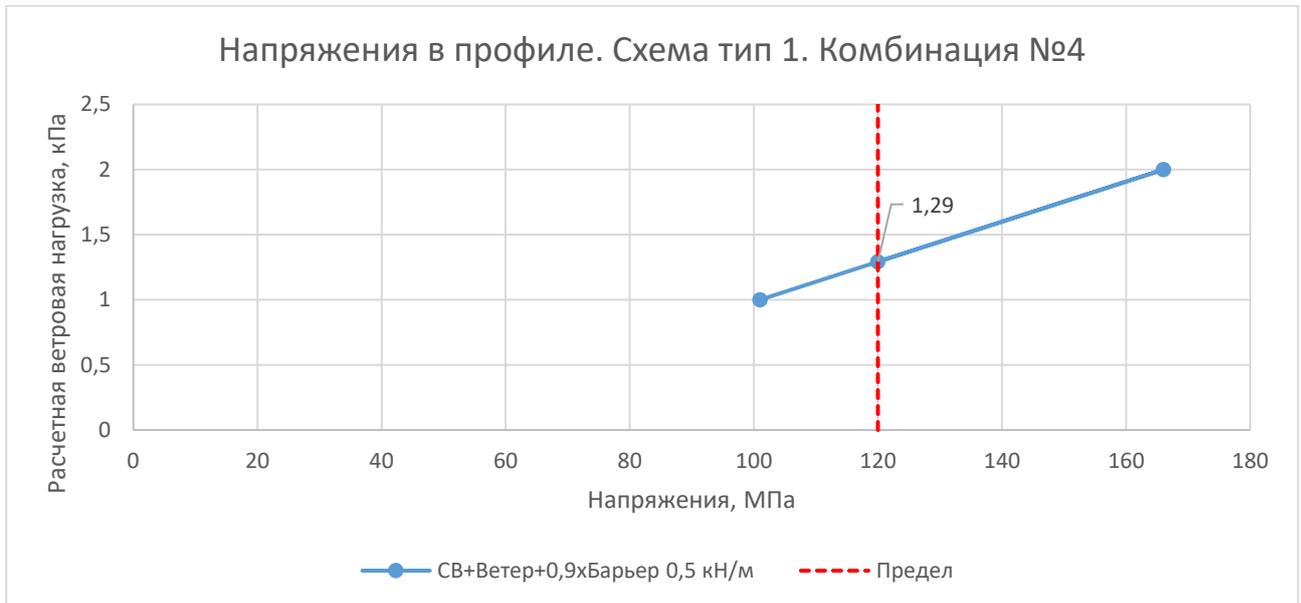
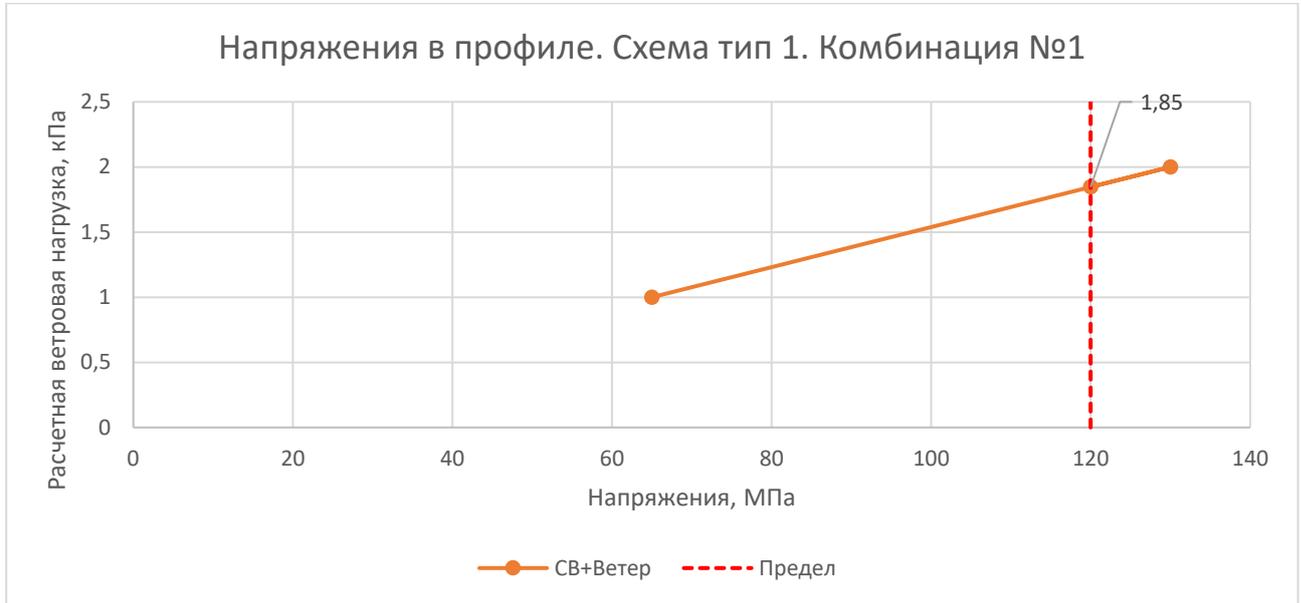
Рис. 35. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №7, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Критерием оценки горизонтального направляющего профиля по первой группе предельных состояний являлось условие, при котором фактические напряжения в профиле не превышают расчётное сопротивление алюминиевого сплава, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

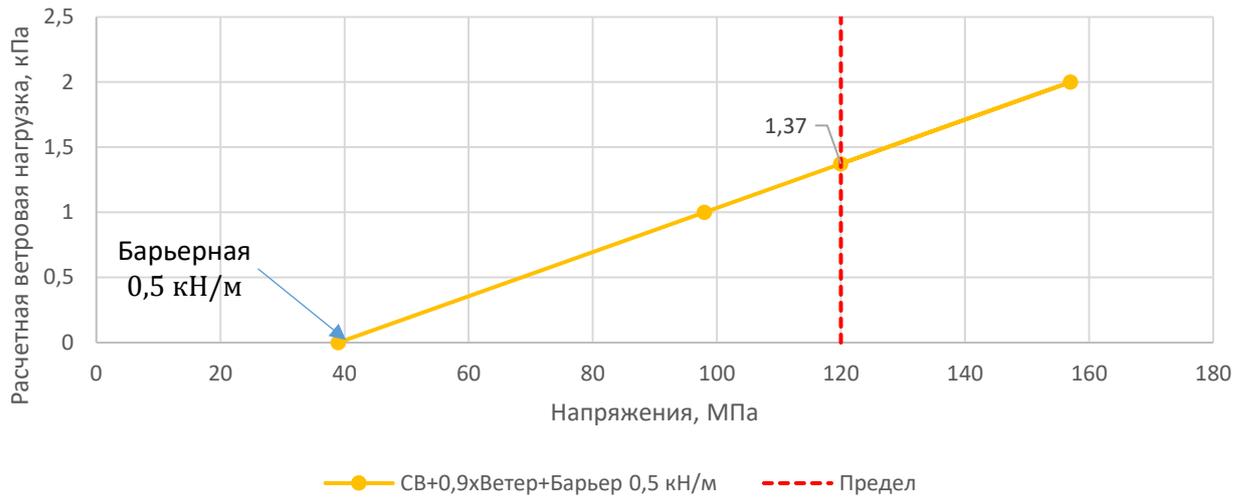
$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = 120 \text{ МПа.}$$



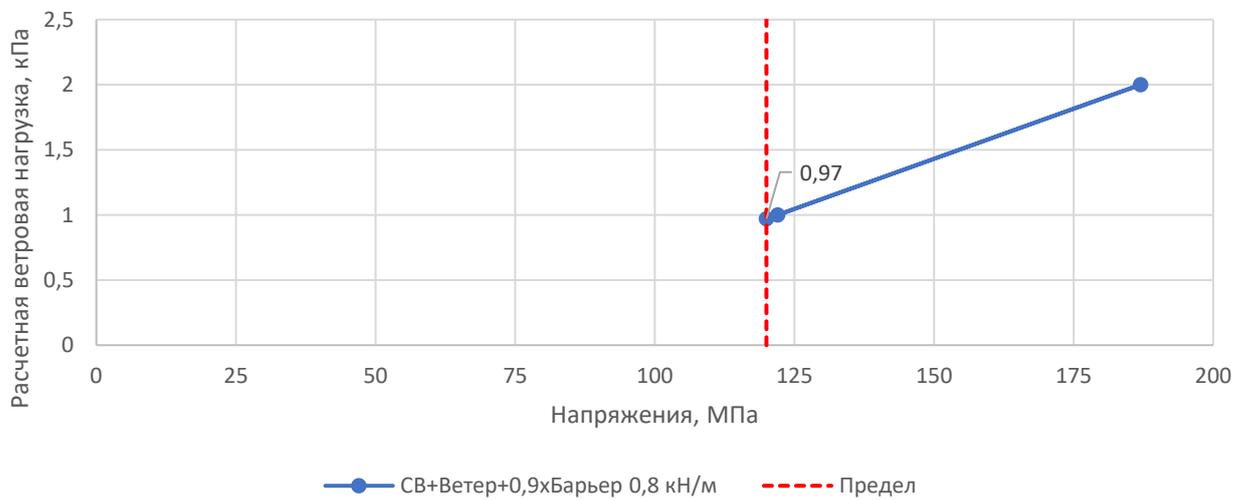
Инв. №подл.    Подпись и дата    Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

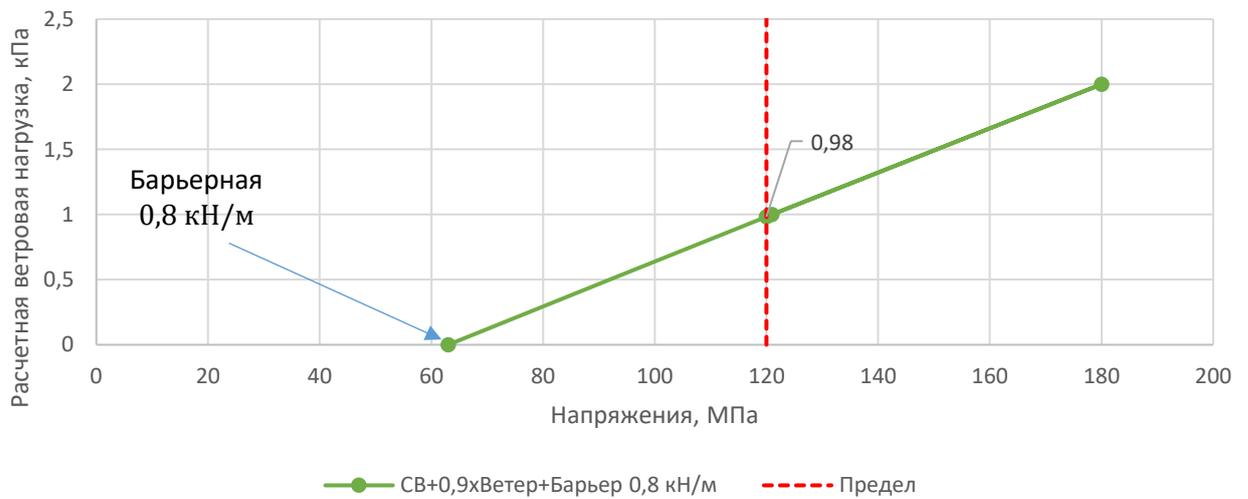
### Напряжения в профиле. Схема тип 1. Комбинация №5



### Напряжения в профиле. Схема тип 1. Комбинация №6



### Напряжения в профиле. Схема тип 1. Комбинация №7



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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от ветрового воздействия для алюминиевого профиля ограждения по комбинациям:

$$S_{p1} = 1,85 \text{ кПа} \text{ – комбинация №1;}$$

$$S_{p4} = 1,29 \text{ кПа} \text{ – комбинация №4;}$$

$$S_{p5} = 1,37 \text{ кПа} \text{ – комбинация №5;}$$

$$S_{p6} = 0,97 \text{ кПа} \text{ – комбинация №6;}$$

$$S_{p7} = 0,98 \text{ кПа} \text{ – комбинация №7.}$$

• **Стекло ограждения триплекс**

Напряжения, возникающие КЭ остекления, представлены на Рис. 36 - Рис. 42.

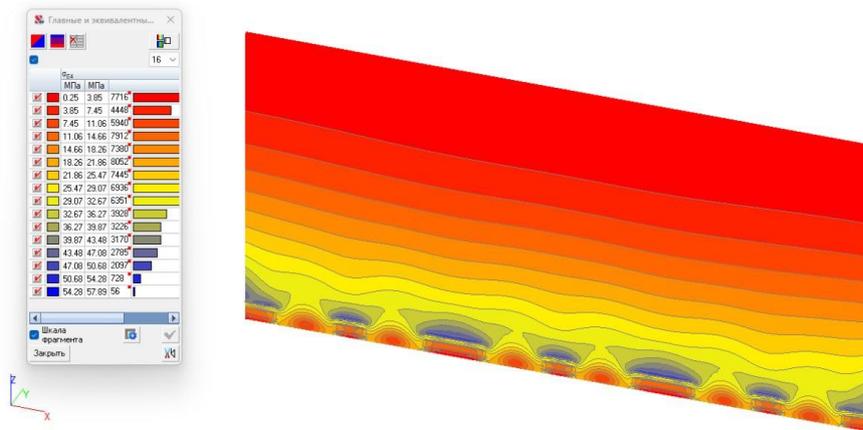


Рис. 36. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №1, МПа

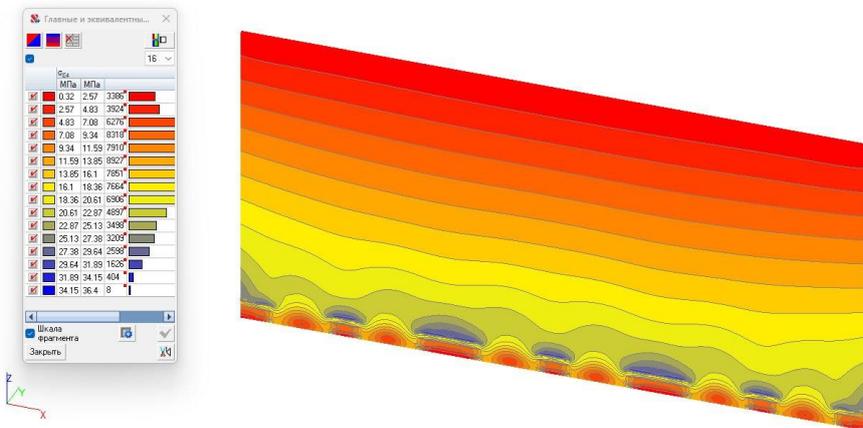


Рис. 37. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

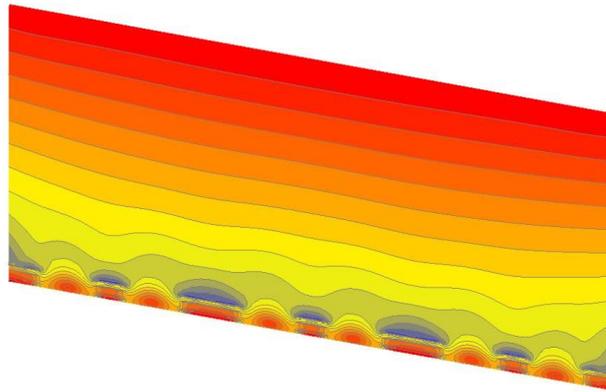


Рис. 38. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №3, МПа

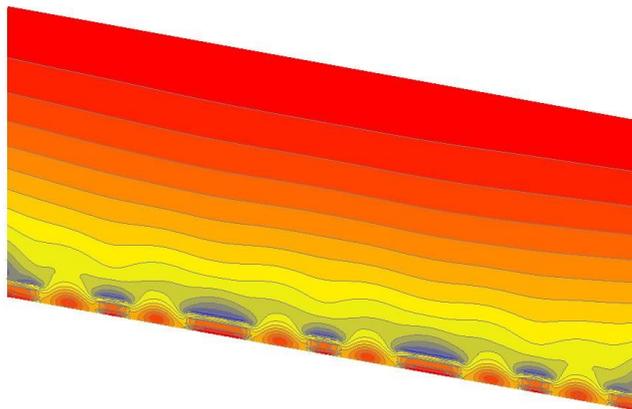
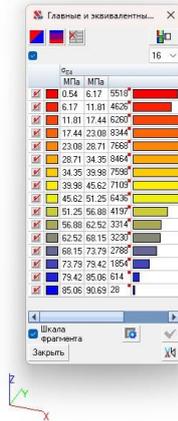


Рис. 39. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №4, МПа

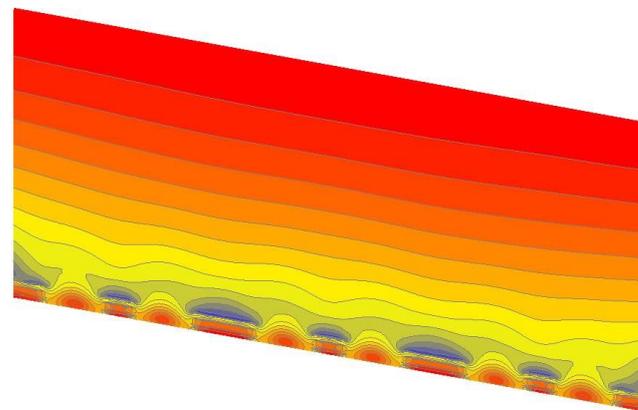
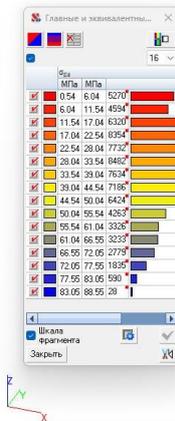
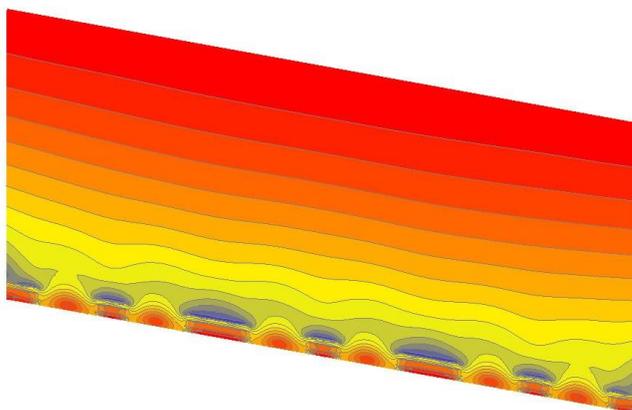


Рис. 40. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №5, МПа



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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Рис. 41. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №6, МПа

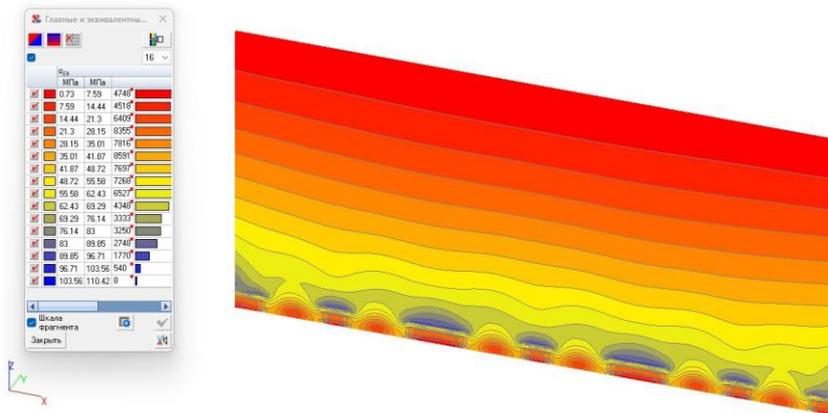


Рис. 42. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №7, МПа

Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

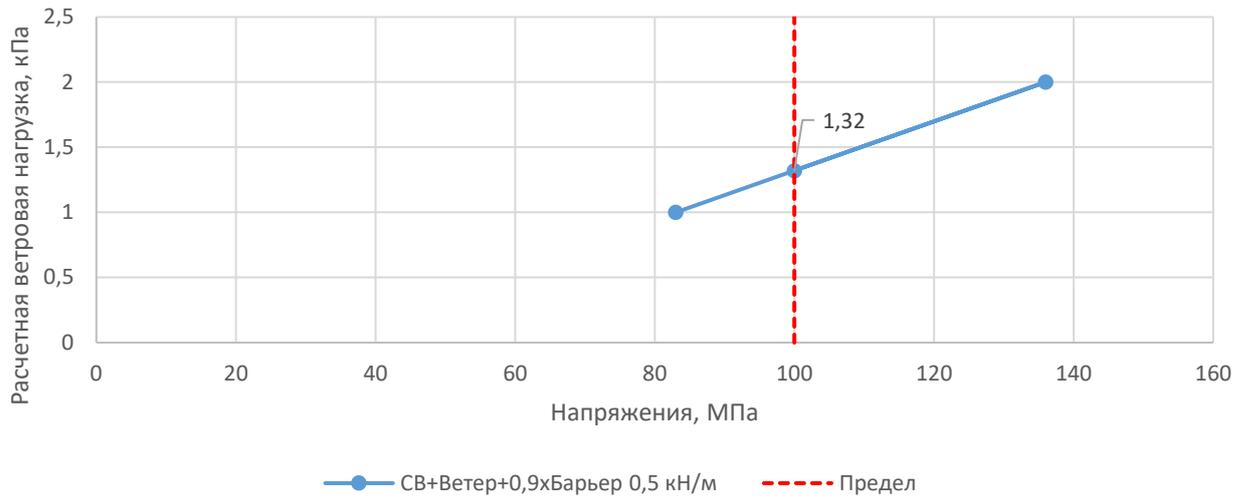
$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа.}$$



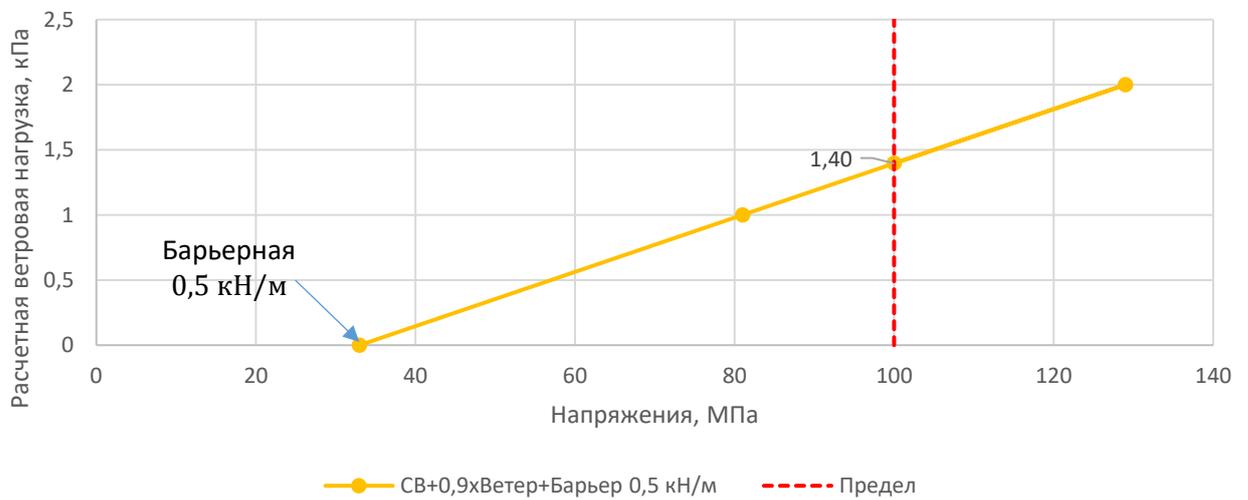
Инв. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

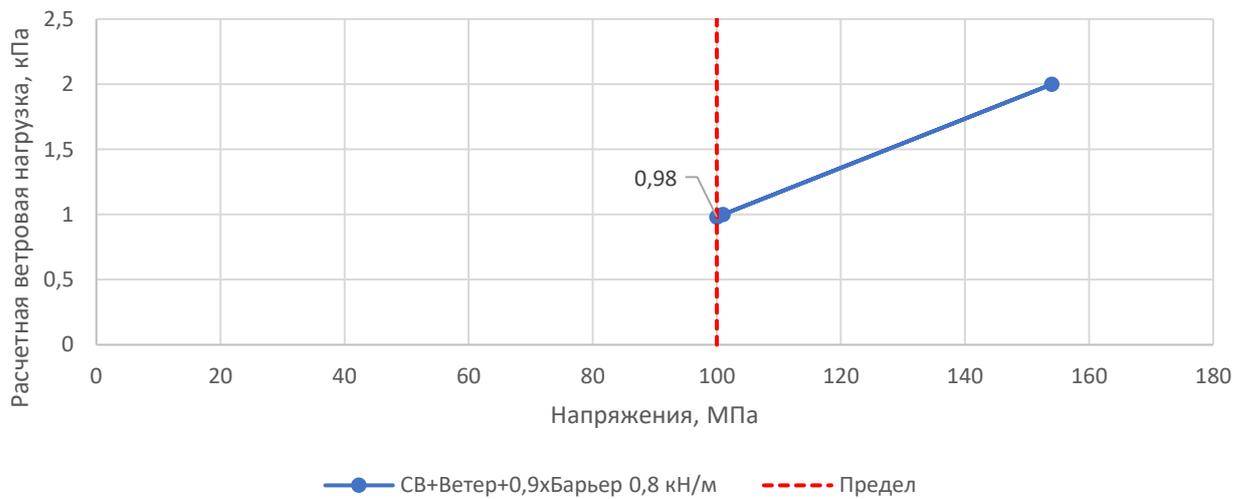
### Напряжения в стекле. Схема тип 1. Комбинация №4



### Напряжения в стекле. Схема тип 1. Комбинация №5



### Напряжения в стекле. Схема тип 1. Комбинация №6

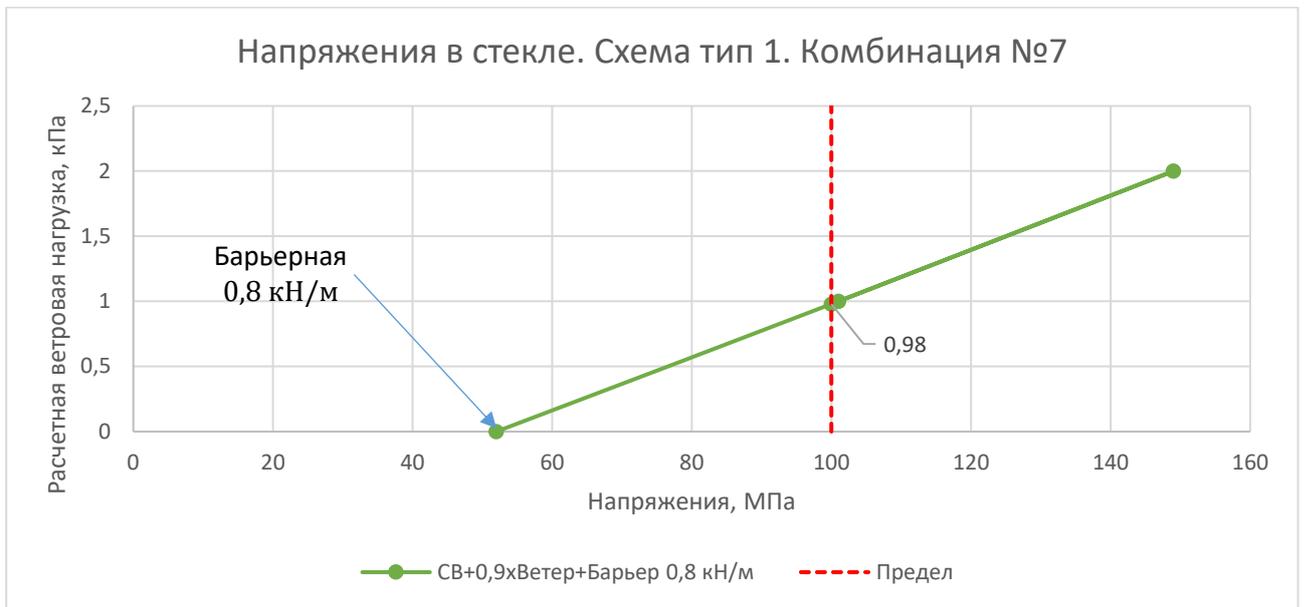


Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от ветрового воздействия для остекления ограждения по комбинациям:

$$S_{p1} = 1,87 \text{ кПа} - \text{комбинация №1};$$

$$S_{p4} = 1,32 \text{ кПа} - \text{комбинация №4};$$

$$S_{p5} = 1,40 \text{ кПа} - \text{комбинация №5};$$

$$S_{p6} = 0,98 \text{ кПа} - \text{комбинация №6};$$

$$S_{p7} = 0,98 \text{ кПа} - \text{комбинация №7}.$$

### 5.3.2. *Сплошное ограждение 3000 мм. Проверка по II ПС*

Критерием оценки остекления по второй группе предельных состояний является п. 15.2.3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Прогибы остекления представлены на Рис. 43 - Рис. 49.

Инв. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					Экспертное заключение №1-23/03	Лист 36
Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата			

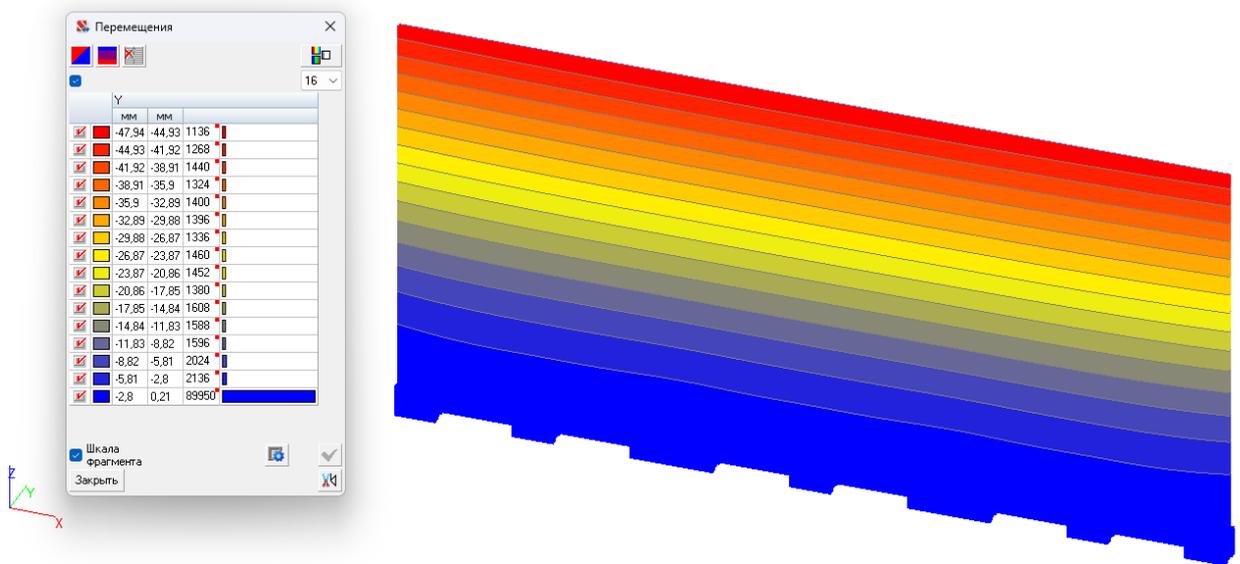


Рис. 43. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №1, мм

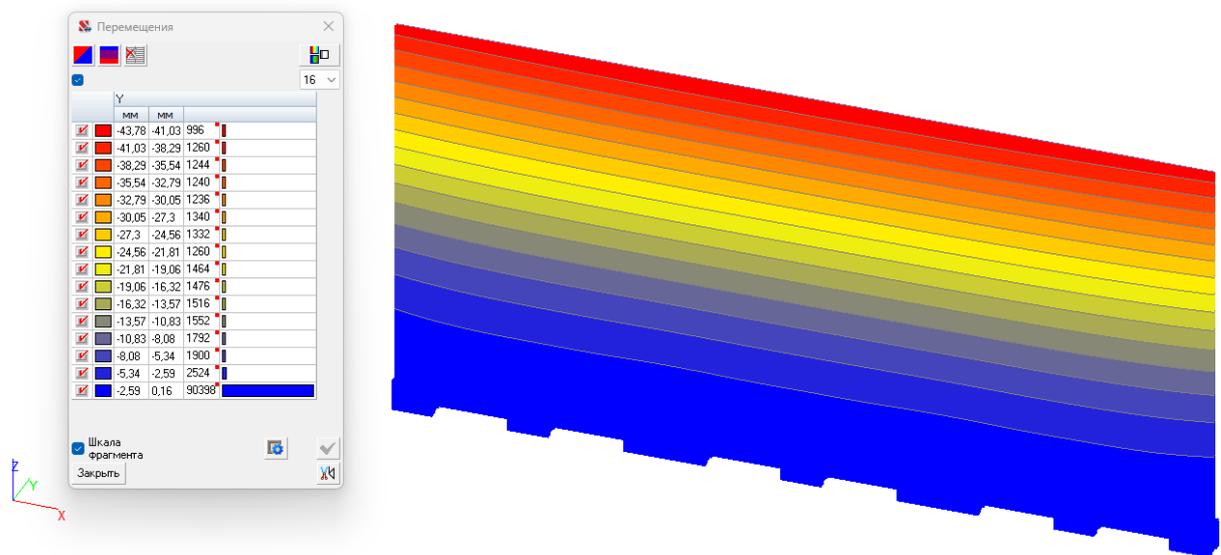


Рис. 44. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №2, мм

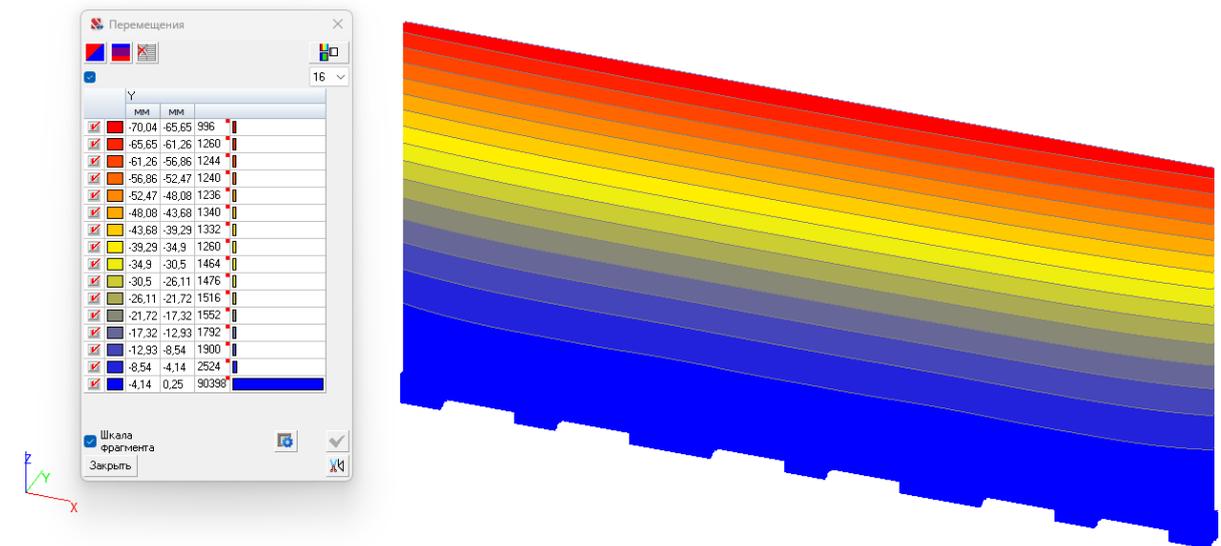


Рис. 45. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №3, мм

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

Изм.	Кол.	Лист	№докум	Подпись	Дата

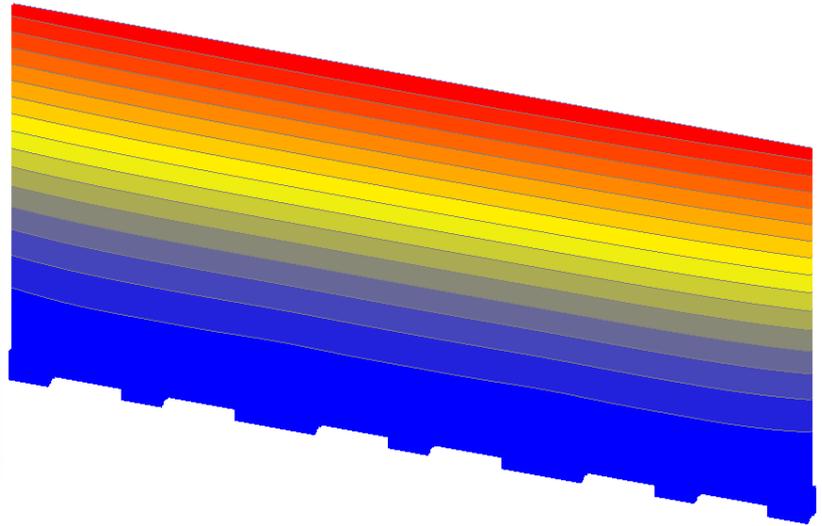
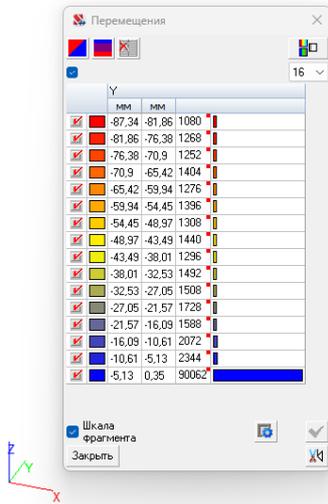


Рис. 46. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №4, мм

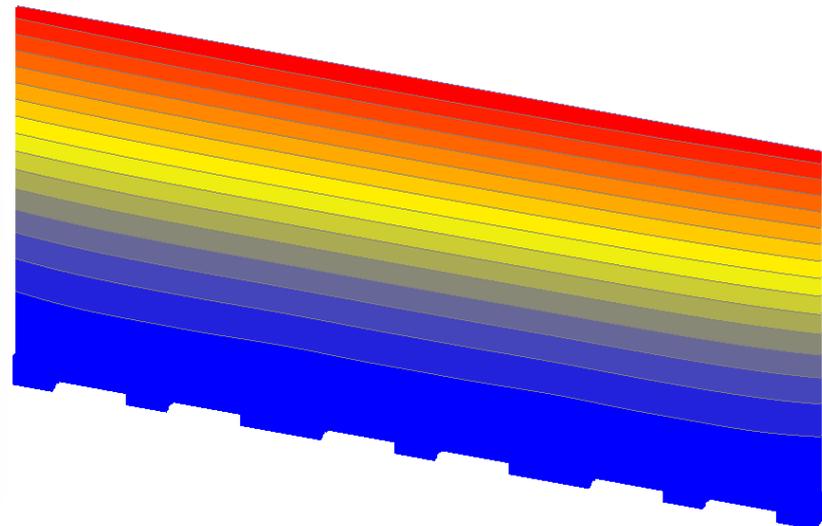
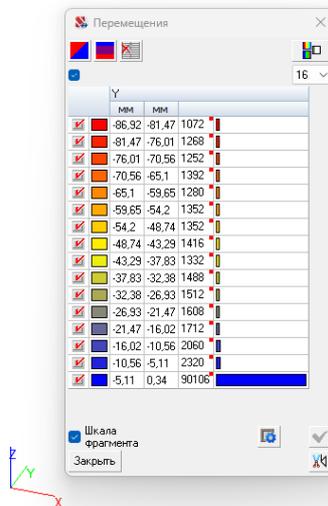


Рис. 47. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №5, мм

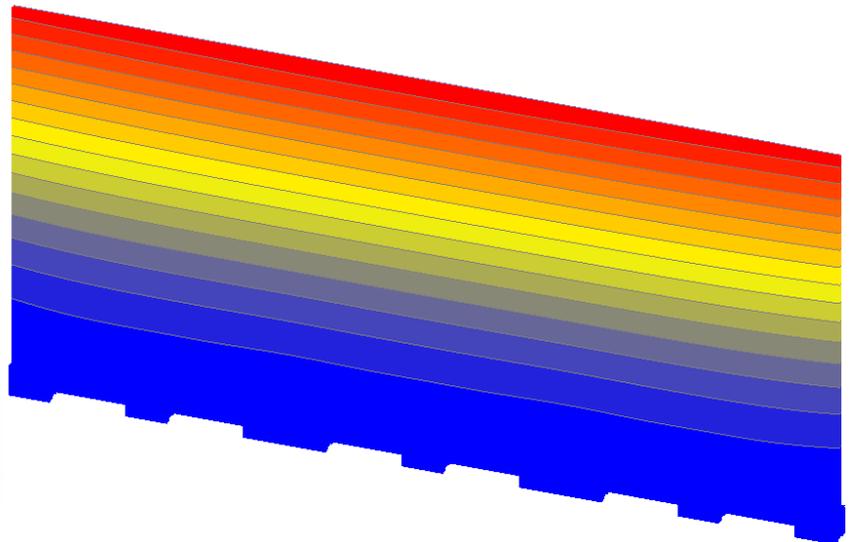
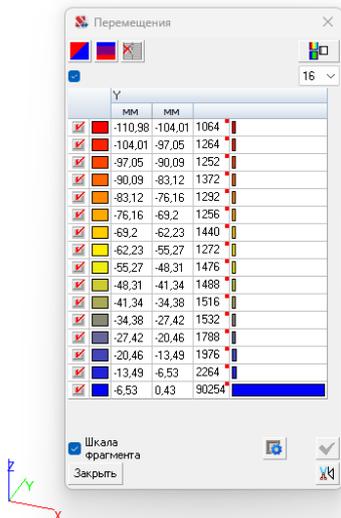


Рис. 48. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №6, мм

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Y	мм	мм	мм
✓	-113,19	-106,08	1056
✓	-106,08	-98,98	1264
✓	-98,98	-91,88	1252
✓	-91,88	-84,78	1348
✓	-84,78	-77,68	1312
✓	-77,68	-70,58	1260
✓	-70,58	-63,48	1428
✓	-63,48	-56,37	1284
✓	-56,37	-49,27	1472
✓	-49,27	-42,17	1484
✓	-42,17	-35,07	1516
✓	-35,07	-27,97	1540
✓	-27,97	-20,87	1788
✓	-20,87	-13,77	1836
✓	-13,77	-6,66	2400
✓	-6,66	0,44	90258

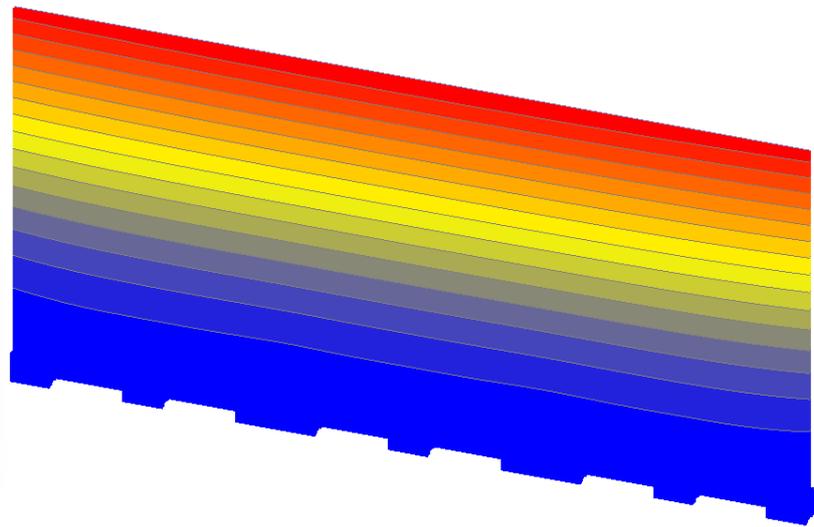


Рис. 49. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №7, мм  
Допустимый прогиб ограждения составляет:

$$f_{\text{доп.}} = \frac{1200}{75} = 16 \text{ мм.}$$

$$f_{1.\text{max}} = 47,94 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{2.\text{max}} = 43,78 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

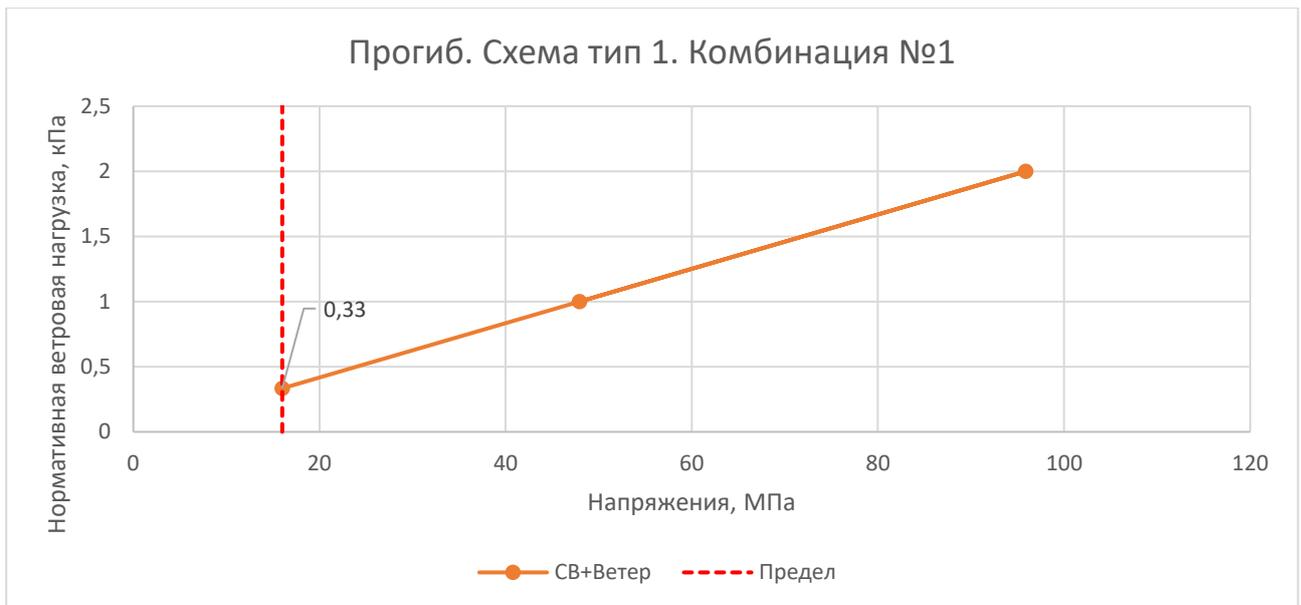
$$f_{3.\text{max}} = 70,04 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{4.\text{max}} = 87,34 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{5.\text{max}} = 86,92 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{6.\text{max}} = 110,98 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{7.\text{max}} = 113,19 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм.}$$



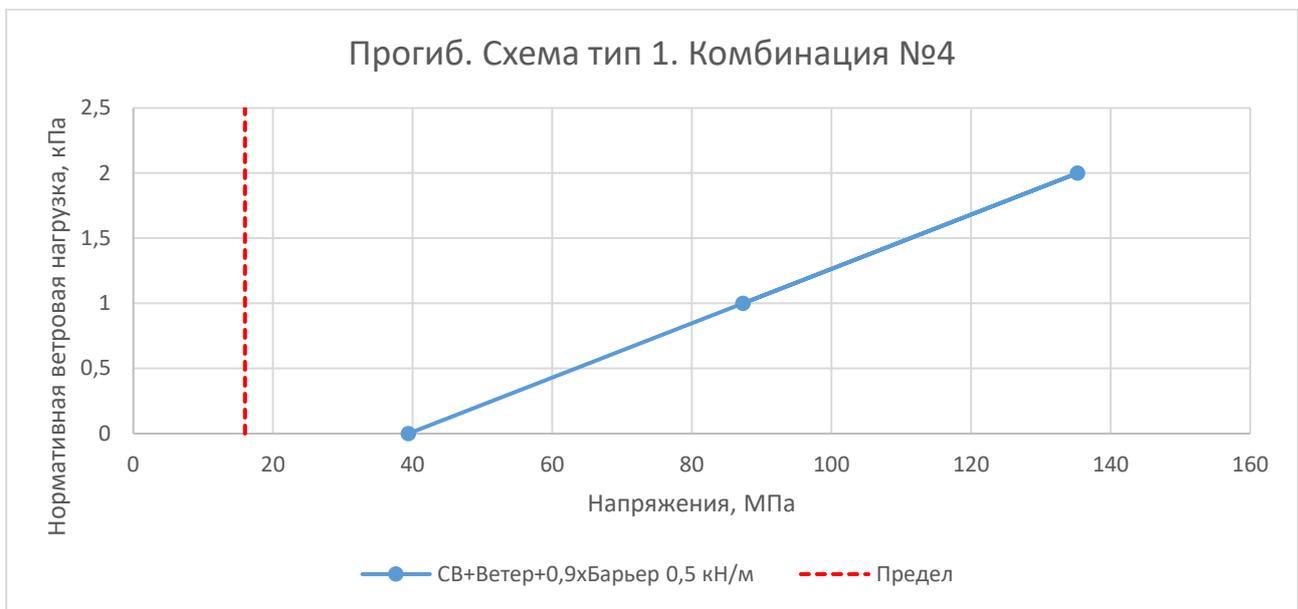
Взам. инв. №

Подпись и дата

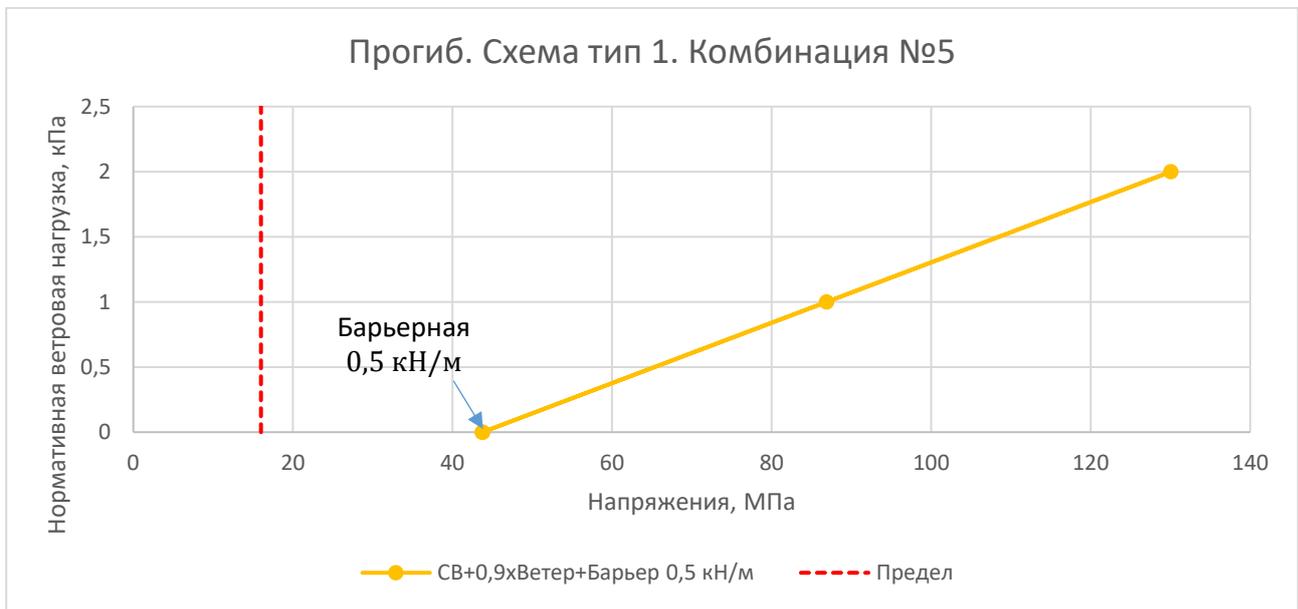
Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

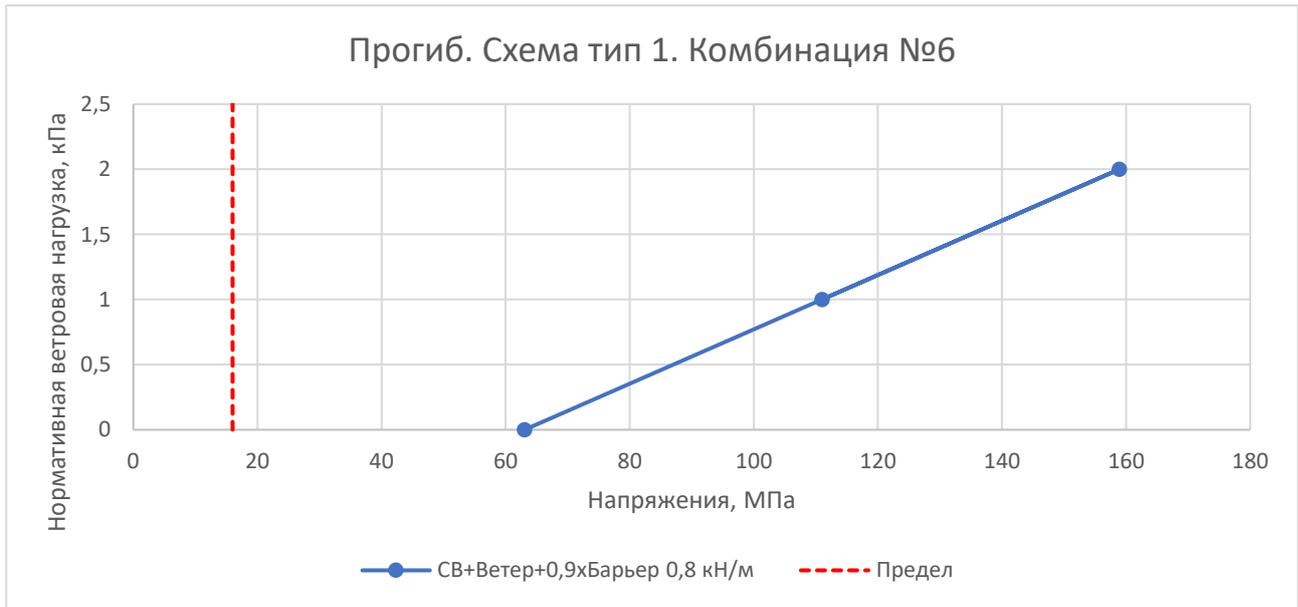
Прогиб. Схема тип 1. Комбинация №4



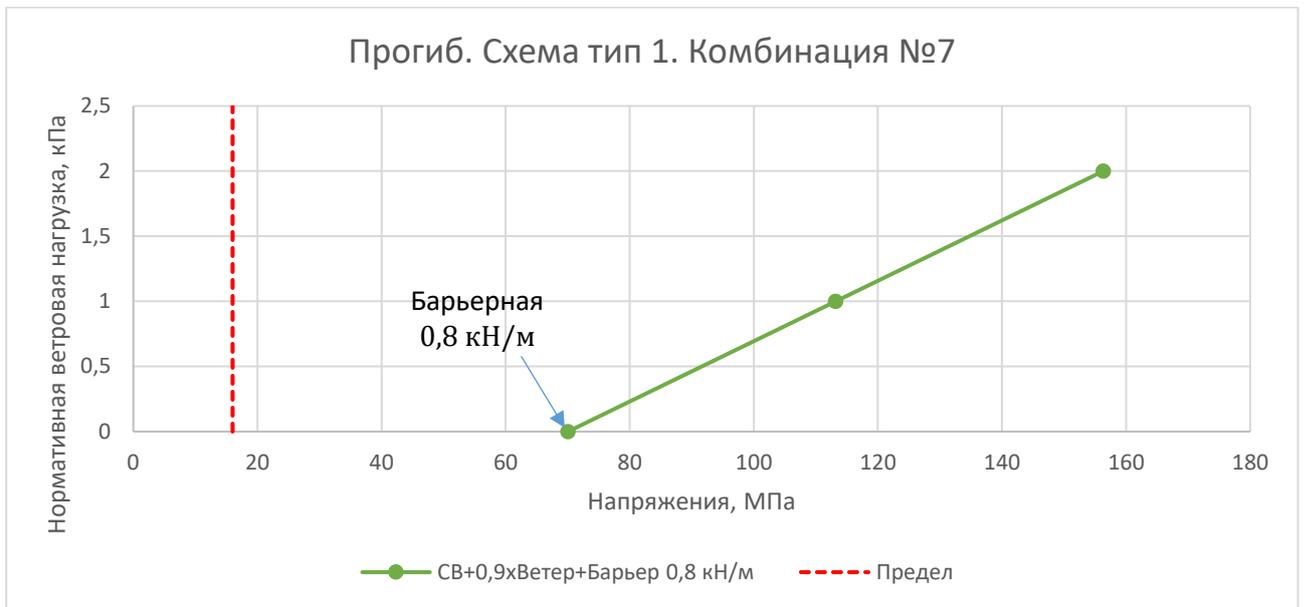
Прогиб. Схема тип 1. Комбинация №5



Прогиб. Схема тип 1. Комбинация №6



Инва. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
Изм.	Кол.	Лист
№док	Подпись	Дата



Путем линейной интерполяции получена максимальная нормативная нагрузка от ветрового воздействия для остекления ограждения по комбинациям:

$$S_{н1} = 0,33 \text{ кПа} - \text{комбинация №1.}$$

$$S_{р1} = S_{н1} \cdot \gamma_f = 0,33 \cdot 1,4 = 0,462 \text{ кПа} - \text{расчетное значение.}$$

**Вывод:** как показано на Рис. 44, конструкция ограждения не проходит по второй группе предельных состояний при нормативной комбинации, учитывающей только барьерную нагрузку без ветрового давления.

### 5.3.3. Разрезное ограждение по 1000 мм шириной (3000 мм). Проверка по I ПС

- Направляющие профили с прижимом

Напряжения, возникающие в опасном сечении горизонтального профиля, представлены на Рис. 50 - Рис. 56.

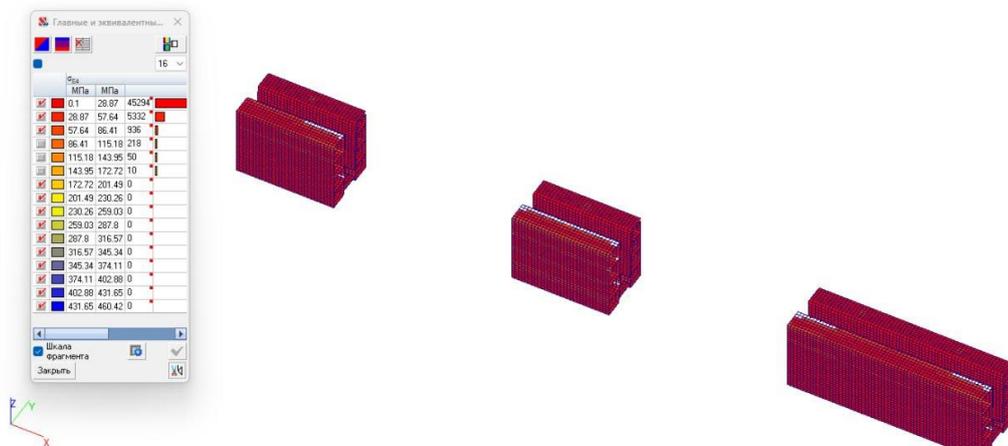


Рис. 50. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №1, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

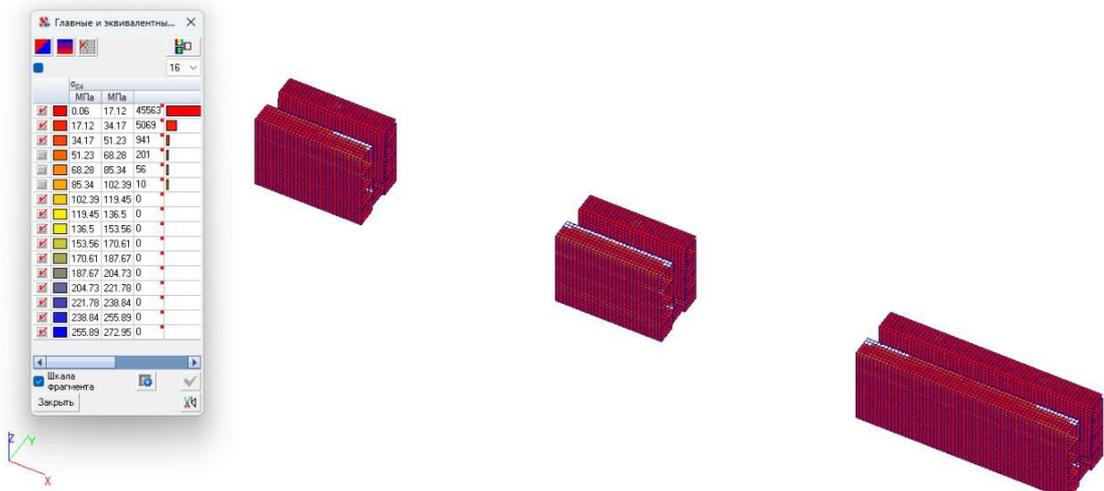


Рис. 51. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

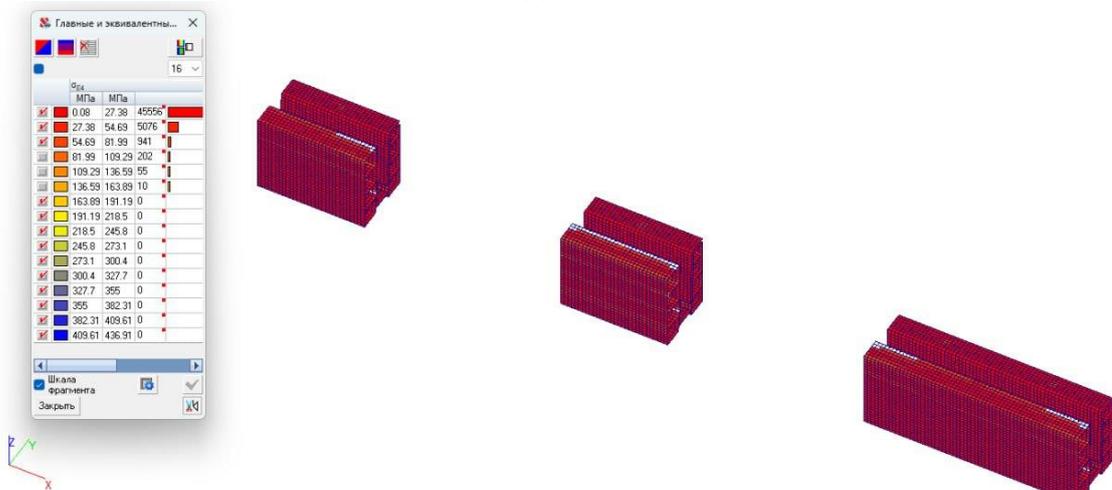


Рис. 52. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №3, МПа

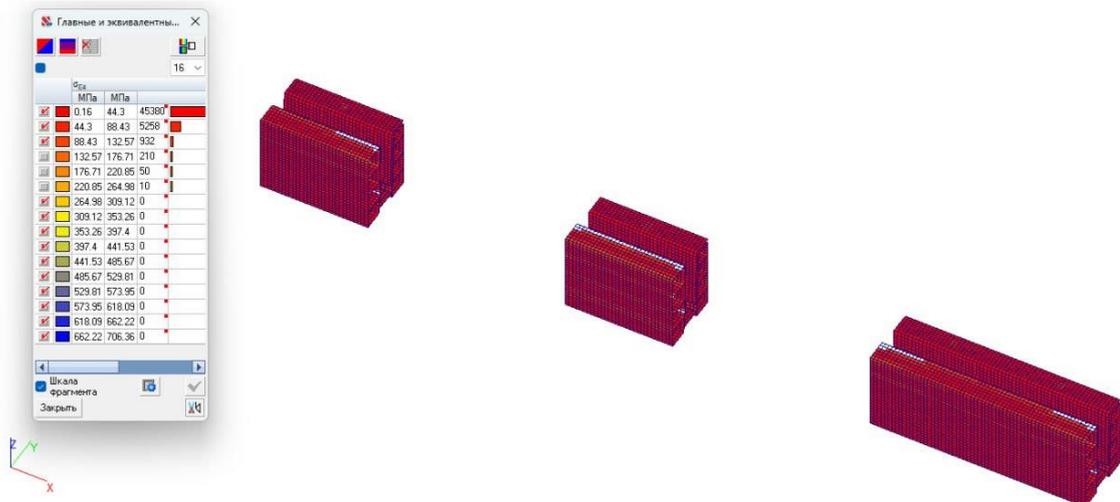


Рис. 53. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №4, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

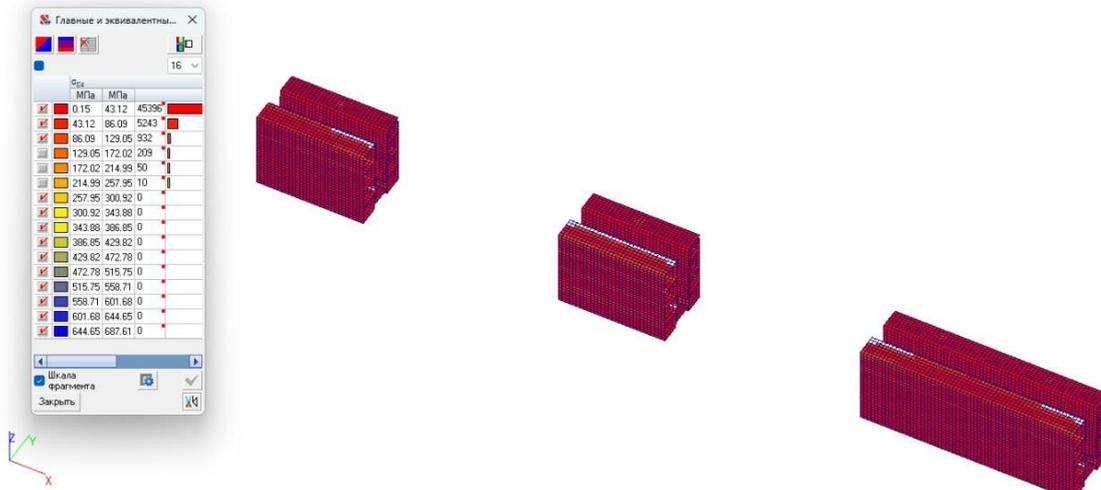


Рис. 54. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №5, МПа

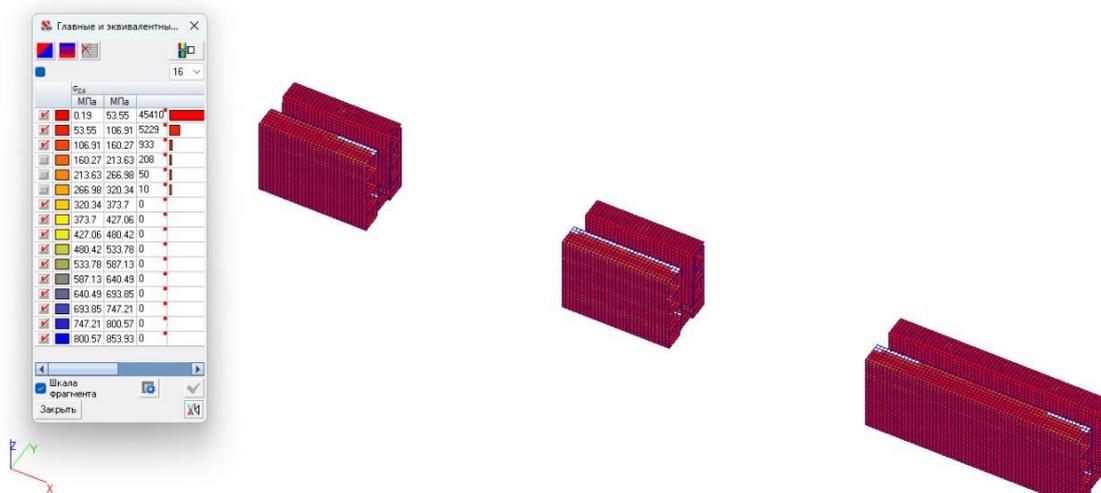


Рис. 55. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №6, МПа

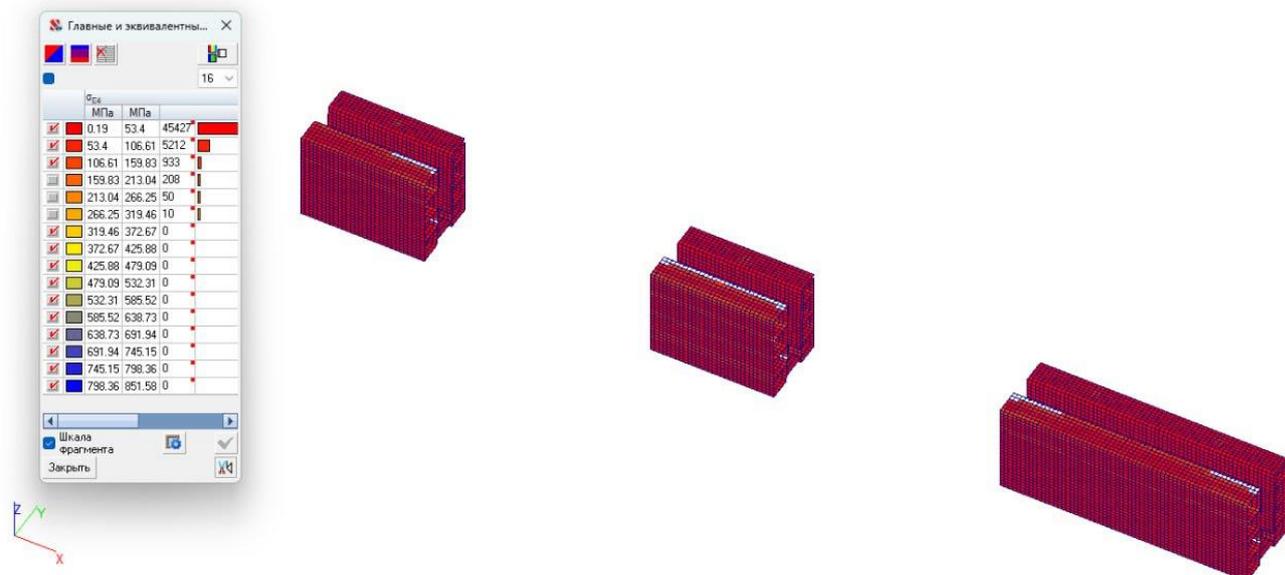


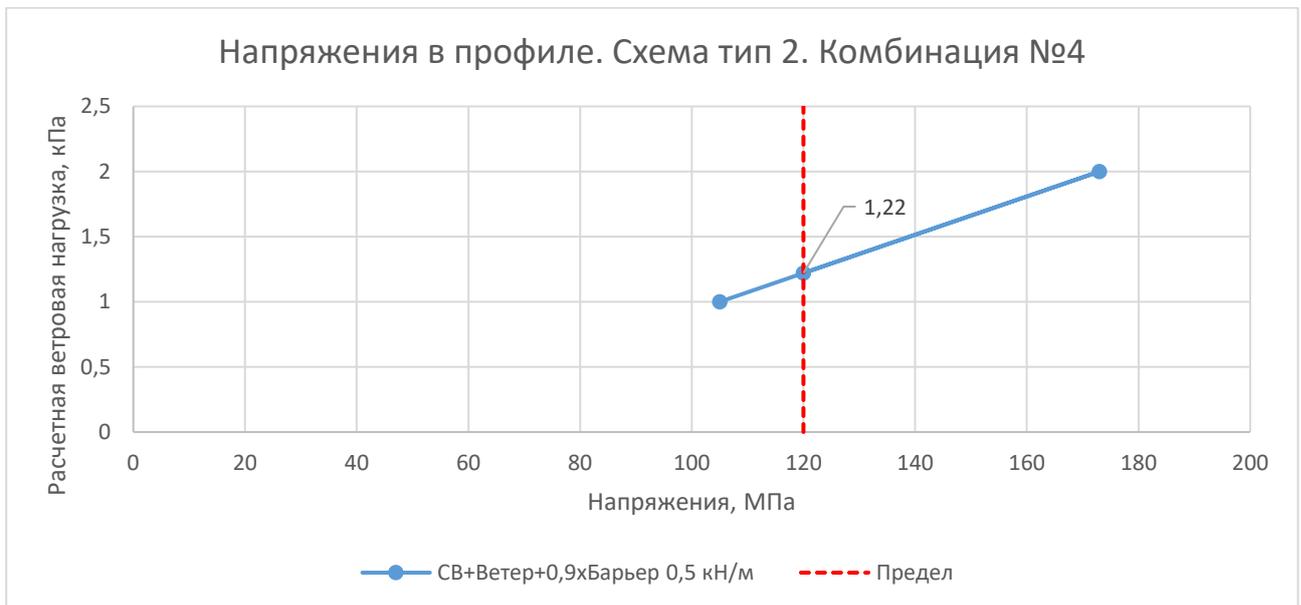
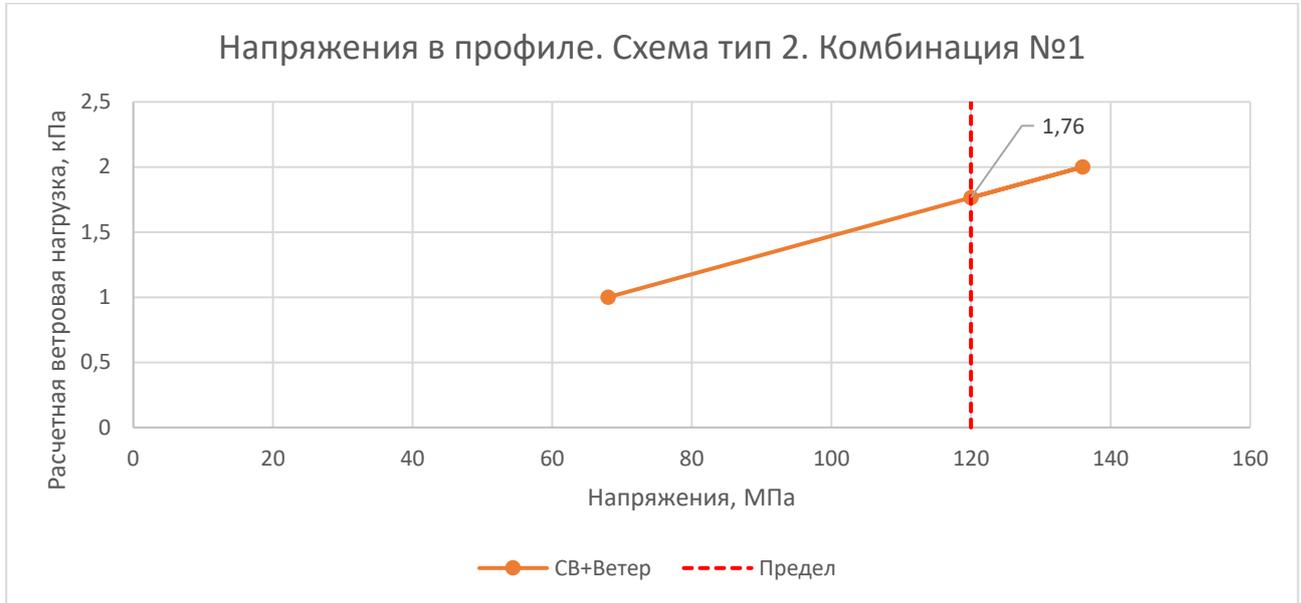
Рис. 56. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №7, МПа

Изм. №подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Критерием оценки горизонтального направляющего профиля по первой группе предельных состояний являлось условие, при котором фактические напряжения в профиле не превышают расчётное сопротивление алюминиевого сплава, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

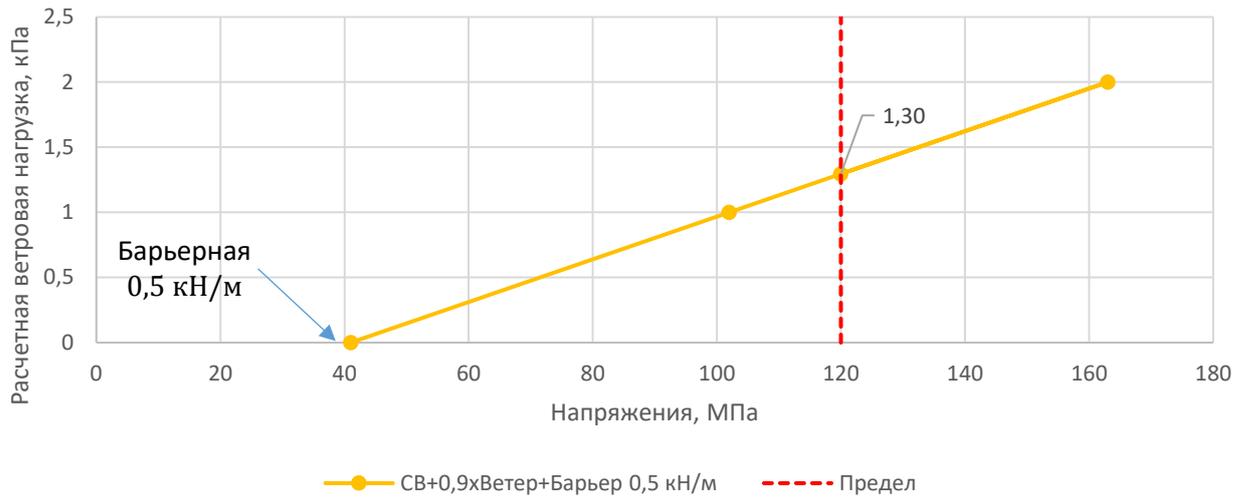
$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = 120 \text{ МПа.}$$



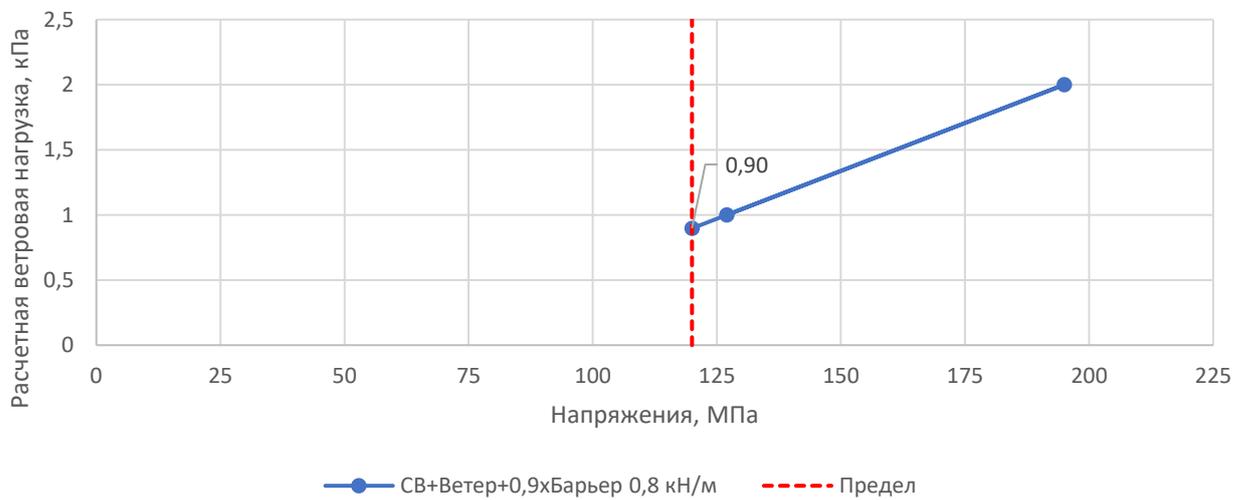
Инв. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

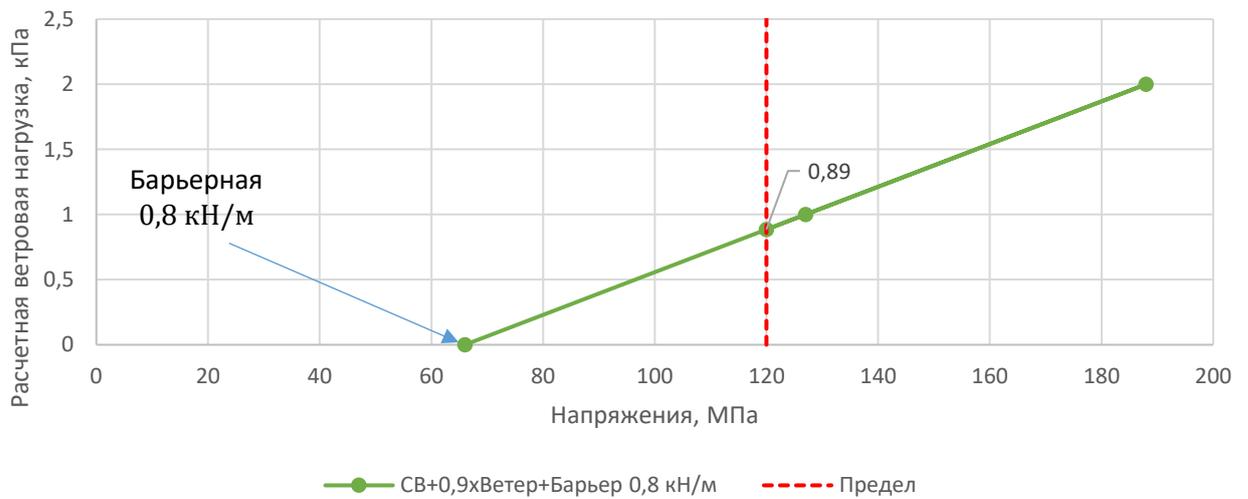
### Напряжения в профиле. Схема тип 2. Комбинация №5



### Напряжения в профиле. Схема тип 2. Комбинация №6



### Напряжения в профиле. Схема тип 2. Комбинация №7



Инд. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
Изм.	Кол.	Лист
№док	Подпись	Дата

Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от ветрового воздействия для алюминиевого профиля ограждения по комбинациям:

$$S_{p1} = 1,76 \text{ кПа} \text{ – комбинация №1};$$

$$S_{p4} = 1,22 \text{ кПа} \text{ – комбинация №4};$$

$$S_{p5} = 1,3 \text{ кПа} \text{ – комбинация №5};$$

$$S_{p6} = 0,90 \text{ кПа} \text{ – комбинация №6};$$

$$S_{p7} = 0,89 \text{ кПа} \text{ – комбинация №7}.$$

• **Стекло ограждения триплекс**

Напряжения, возникающие КЭ остекления, представлены на Рис. 57 - Рис. 63.

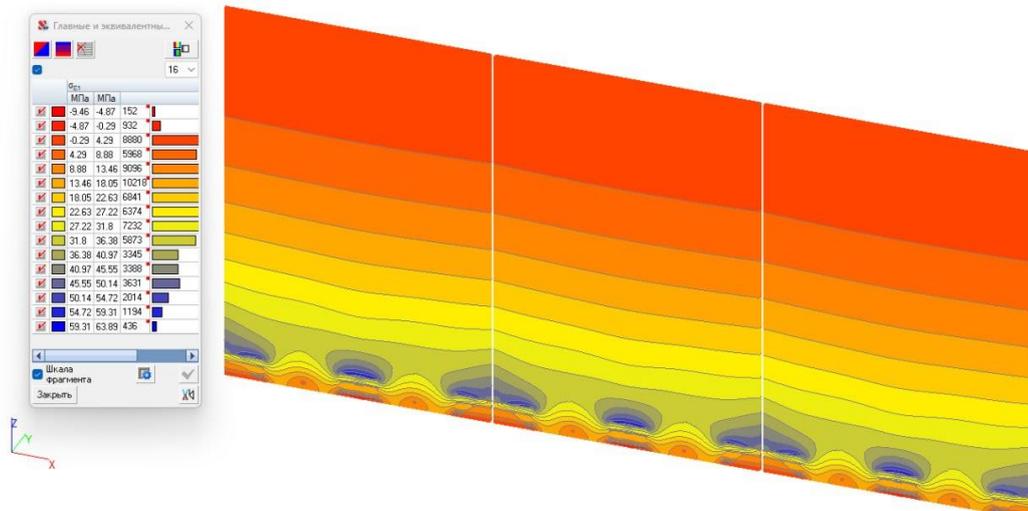


Рис. 57. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №1, МПа

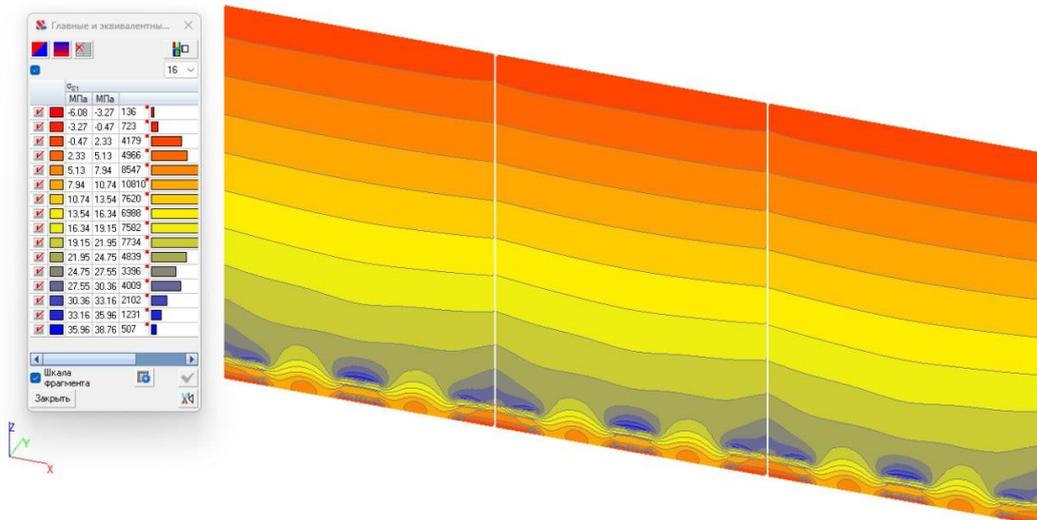


Рис. 58. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

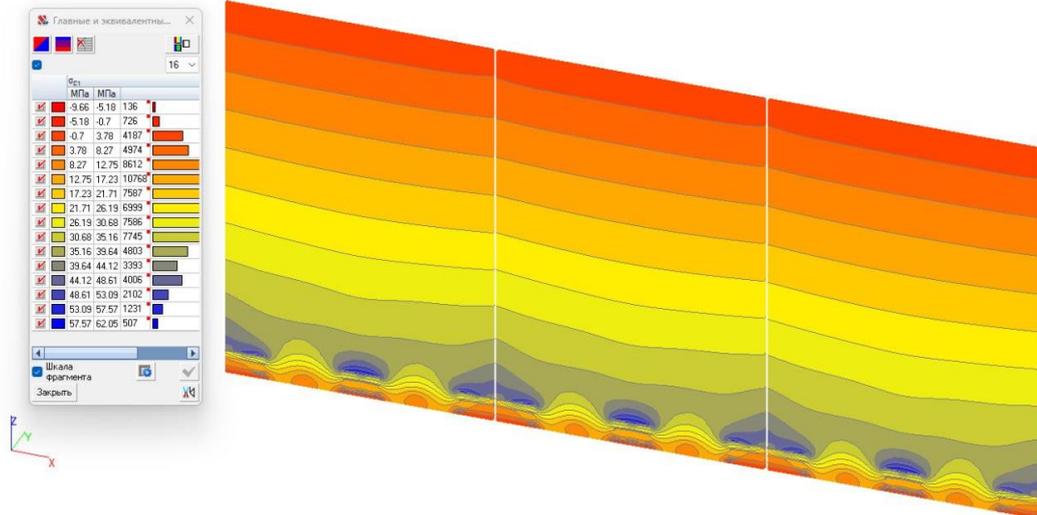


Рис. 59. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №3, МПа

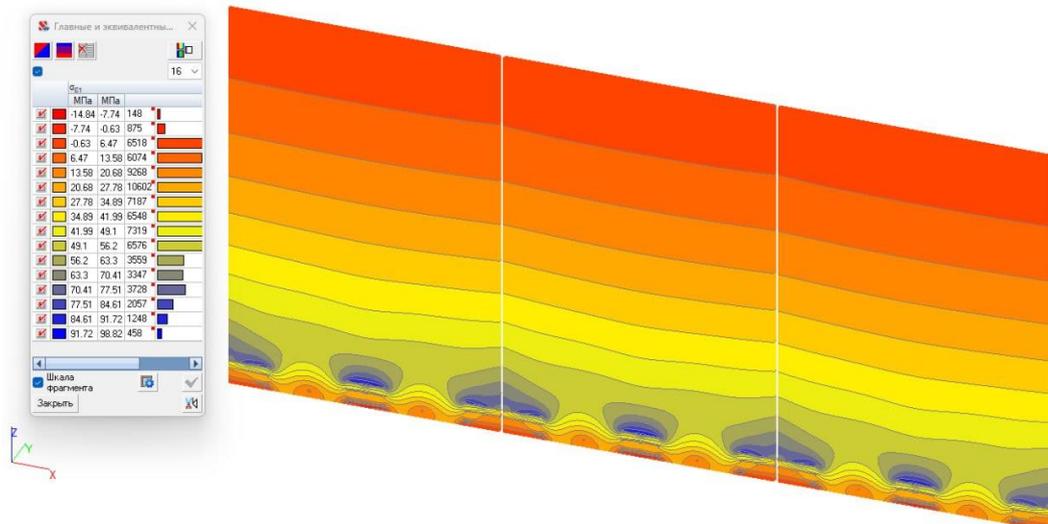


Рис. 60. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №4, МПа

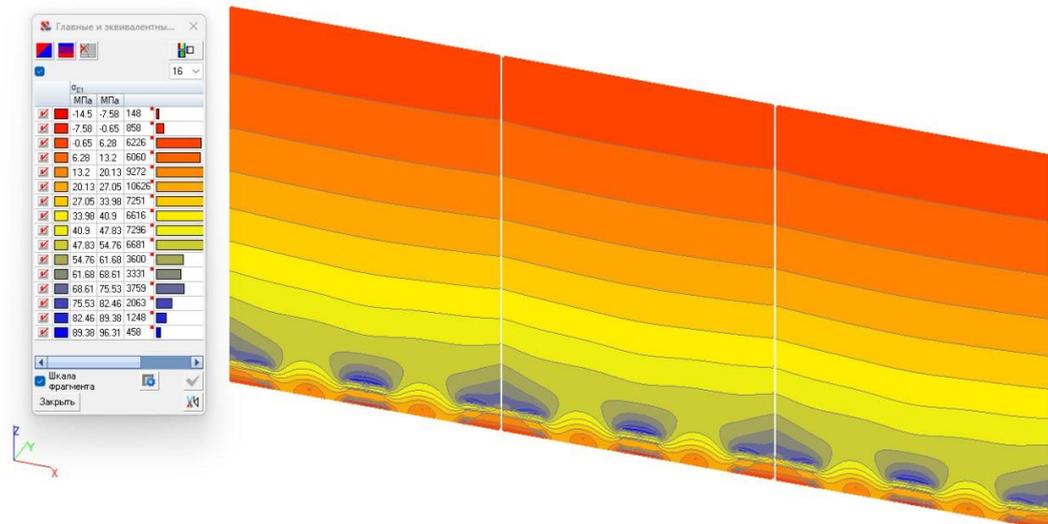


Рис. 61. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №5, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

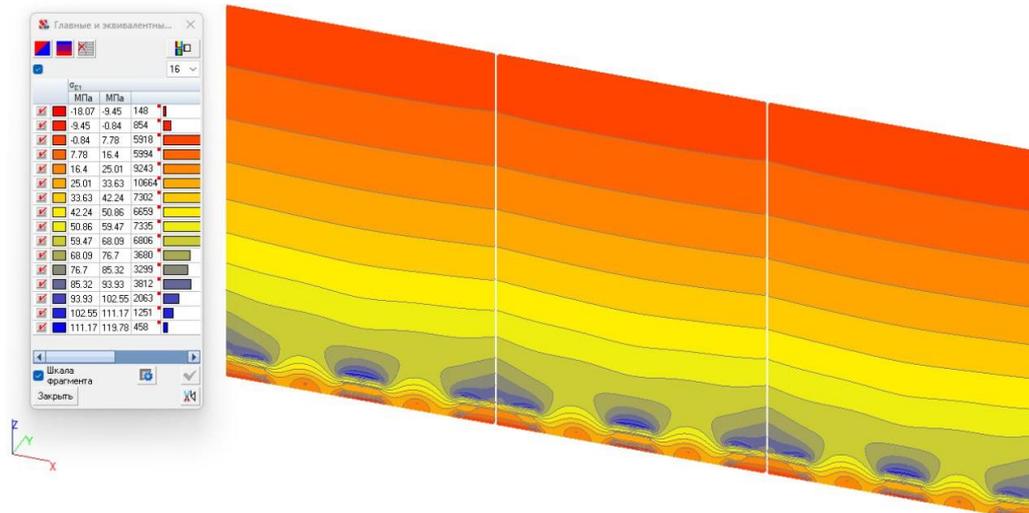


Рис. 62. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №6, МПа

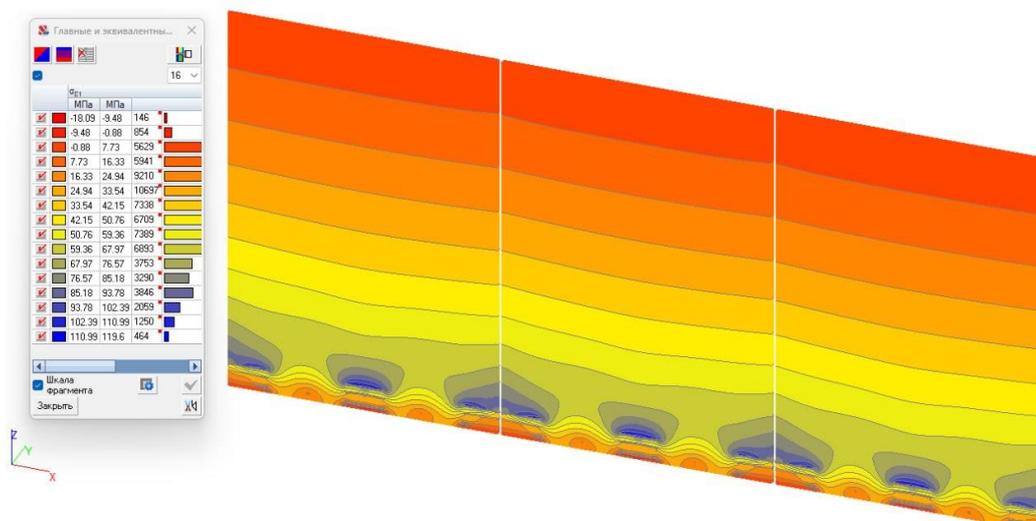


Рис. 63. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №7, МПа



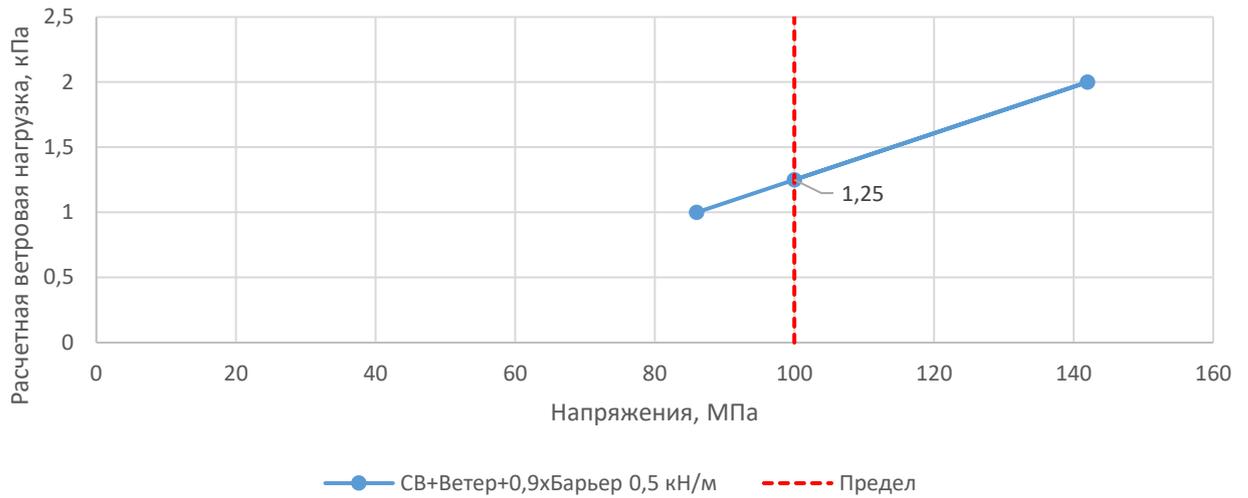
Взам. инв. №

Подпись и дата

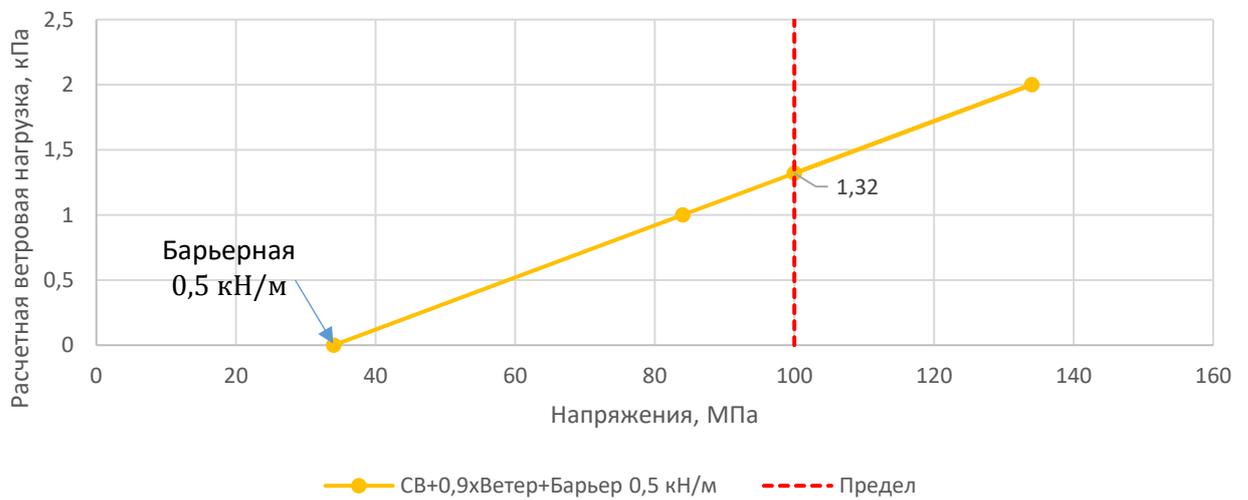
Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

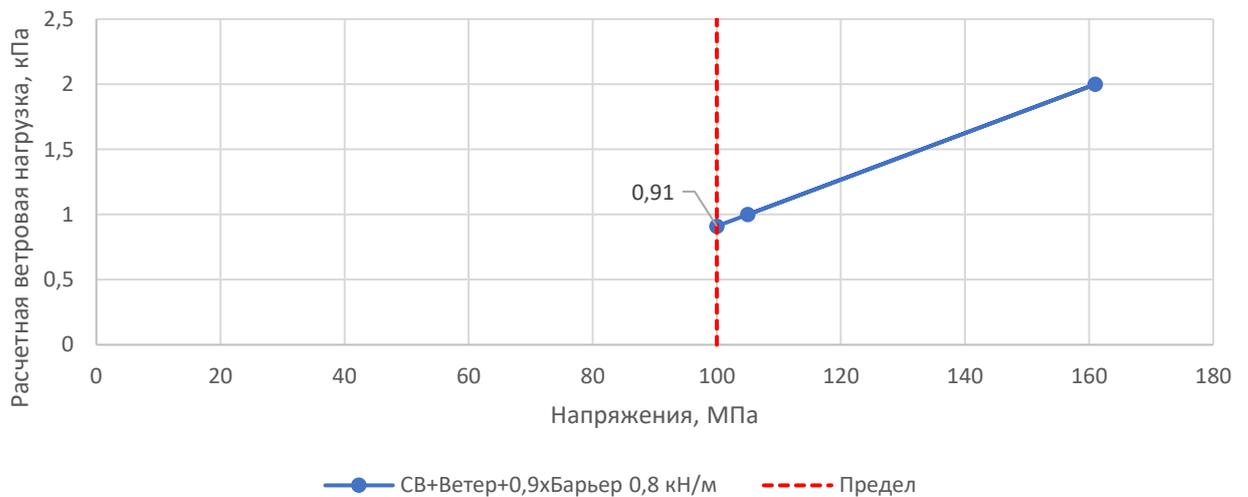
### Напряжения в стекле. Схема тип 2. Комбинация №4



### Напряжения в стекле. Схема тип 2. Комбинация №5



### Напряжения в стекле. Схема тип 2. Комбинация №6

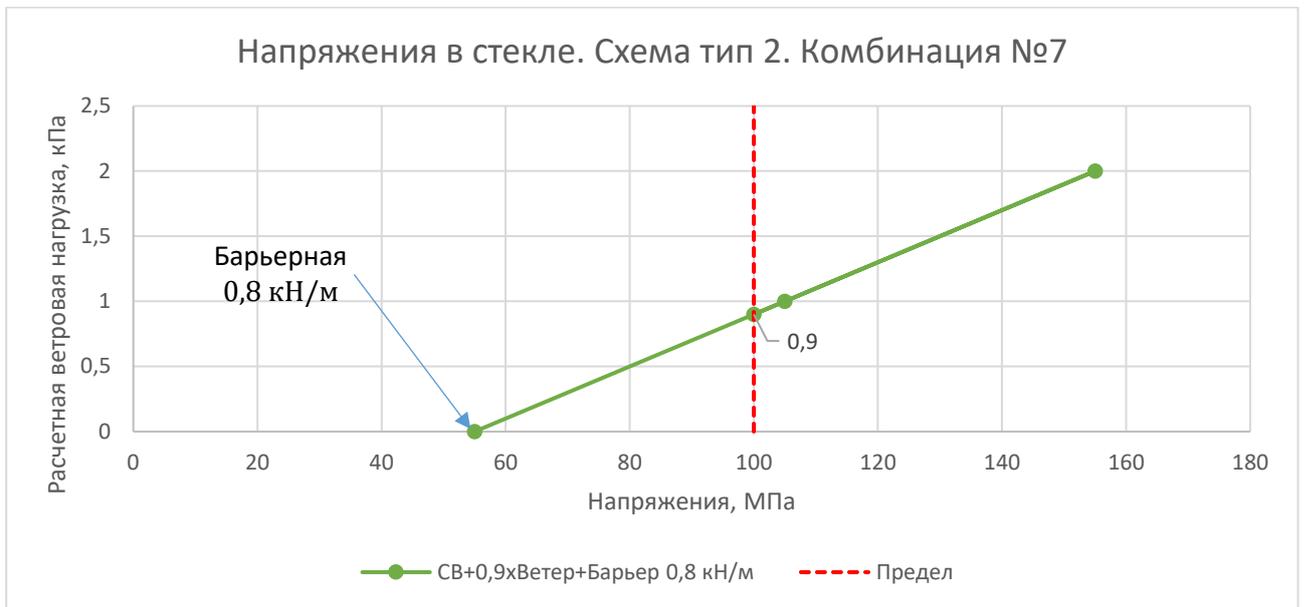


Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от ветрового воздействия для остекления ограждения по комбинациям:

$$S_{p1} = 1,80 \text{ кПа} \text{ – комбинация №1;}$$

$$S_{p4} = 1,25 \text{ кПа} \text{ – комбинация №4;}$$

$$S_{p5} = 1,32 \text{ кПа} \text{ – комбинация №5;}$$

$$S_{p6} = 0,91 \text{ кПа} \text{ – комбинация №6;}$$

$$S_{p7} = 0,90 \text{ кПа} \text{ – комбинация №7.}$$

#### **5.3.4. Разрезное ограждение по 1000 мм шириной (3000 мм). Проверка по II ПС**

Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа.}$$

**Напряжения остекления не превышают предельно допустимое значение.**

Критерием оценки остекления по второй группе предельных состояний является п. 15.2.3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Прогибы остекления представлены на Рис. 64 - Рис. 70.

Инва. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
--------------	----------------	--------------

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата
------	------	------	------	---------	------

Экспертное заключение №1-23/03

Лист

50

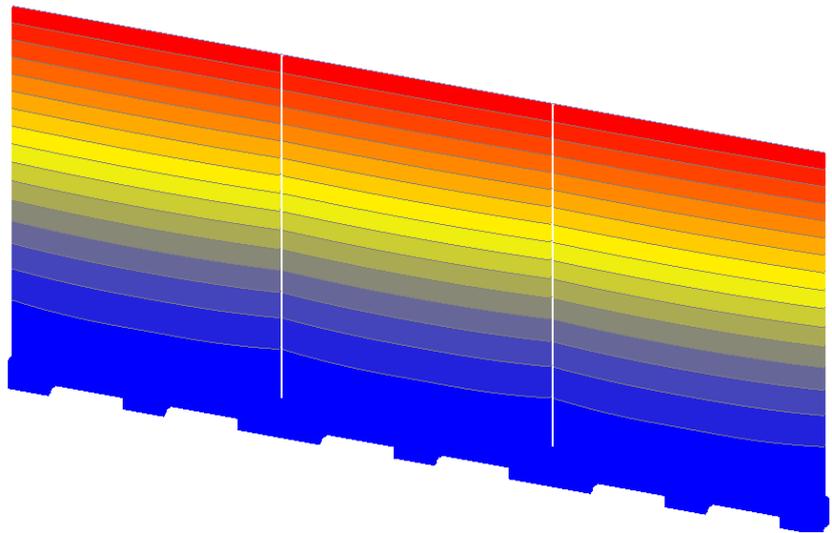
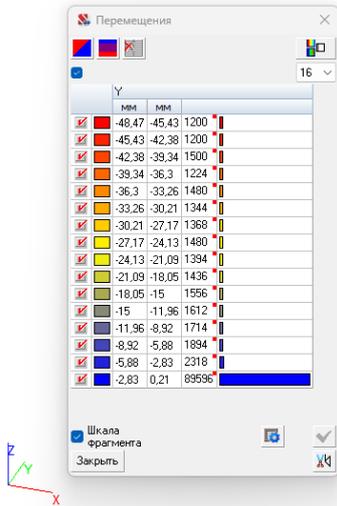


Рис. 64. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №1, мм

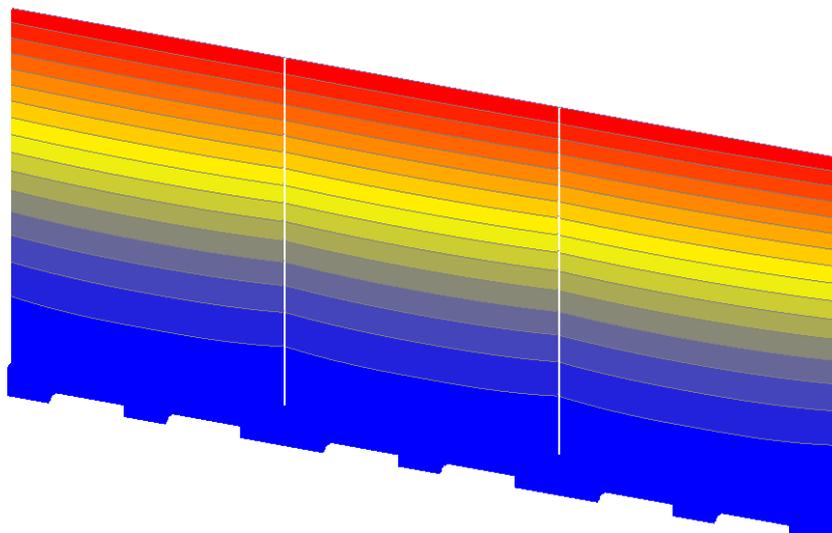
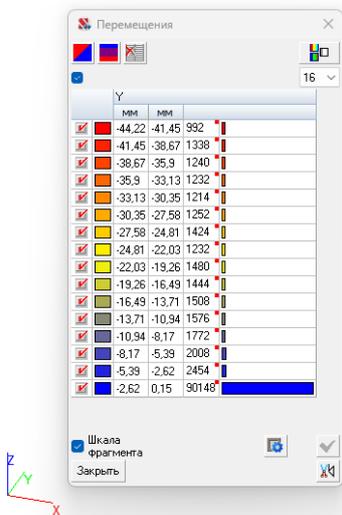


Рис. 65. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №2, мм

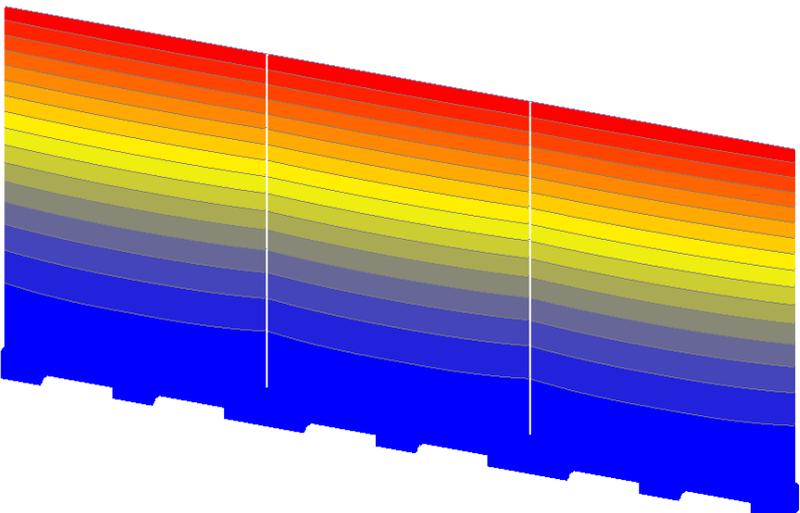
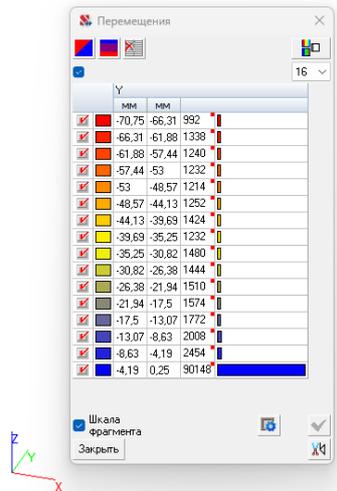


Рис. 66. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №3, мм

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№докум	Подпись	Дата

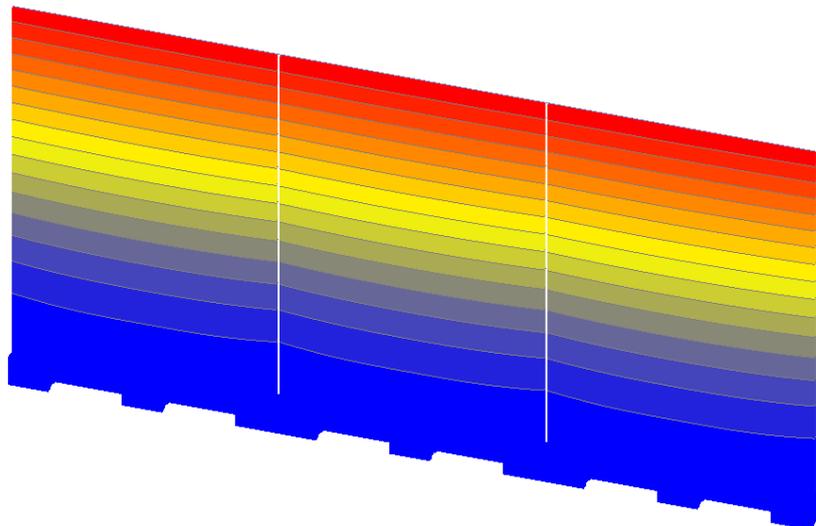
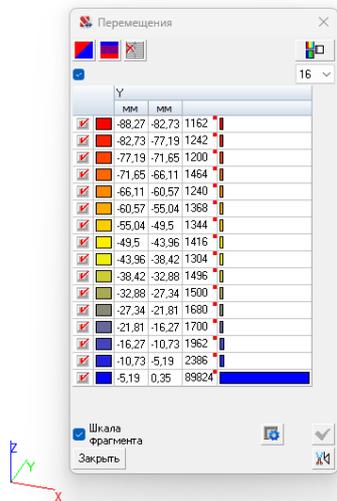


Рис. 67. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №4, мм

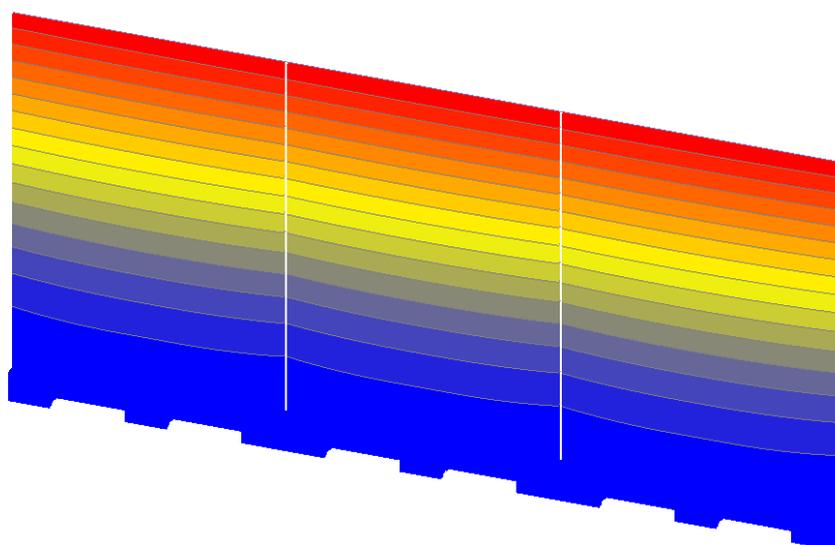
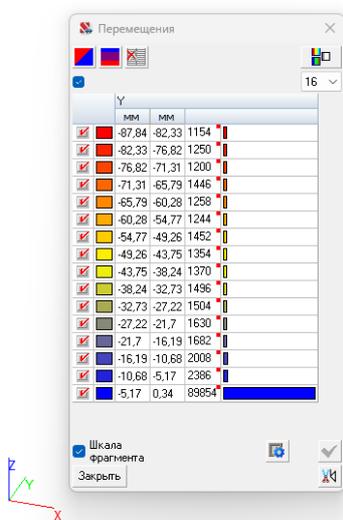


Рис. 68. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №5, мм

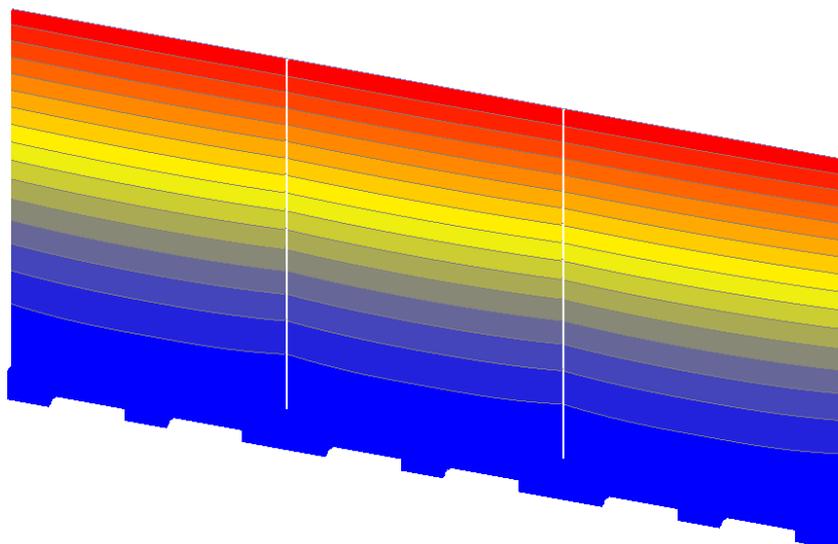
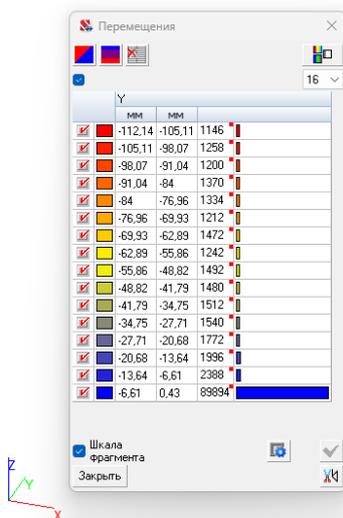


Рис. 69. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №6, мм

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Перемещения			
Y			
	мм	мм	
<input checked="" type="checkbox"/>	-114,37	-107,2	1136
<input checked="" type="checkbox"/>	-107,2	-100,02	1264
<input checked="" type="checkbox"/>	-100,02	-92,85	1206
<input checked="" type="checkbox"/>	-92,85	-85,67	1260
<input checked="" type="checkbox"/>	-85,67	-78,5	1420
<input checked="" type="checkbox"/>	-78,5	-71,32	1228
<input checked="" type="checkbox"/>	-71,32	-64,14	1432
<input checked="" type="checkbox"/>	-64,14	-56,97	1280
<input checked="" type="checkbox"/>	-56,97	-49,79	1484
<input checked="" type="checkbox"/>	-49,79	-42,62	1456
<input checked="" type="checkbox"/>	-42,62	-35,44	1516
<input checked="" type="checkbox"/>	-35,44	-28,27	1564
<input checked="" type="checkbox"/>	-28,27	-21,09	1756
<input checked="" type="checkbox"/>	-21,09	-13,92	1976
<input checked="" type="checkbox"/>	-13,92	-6,74	2376
<input checked="" type="checkbox"/>	-6,74	0,43	89952

Шкала Фрагмента  
Закрывать

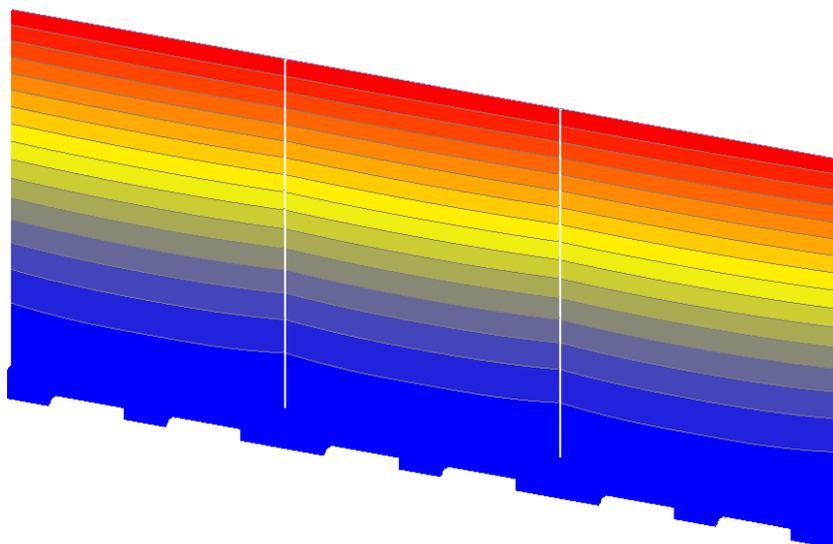


Рис. 70. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №7, мм

Допустимый прогиб остекления составляет:

$$f_{\text{доп.}} = \frac{1200}{75} = 16 \text{ мм.}$$

**Прогибы остекления существенно превышают предельно допустимое значение:**

$$f_{1.\text{max}} = 48,47 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{2.\text{max}} = 44,22 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

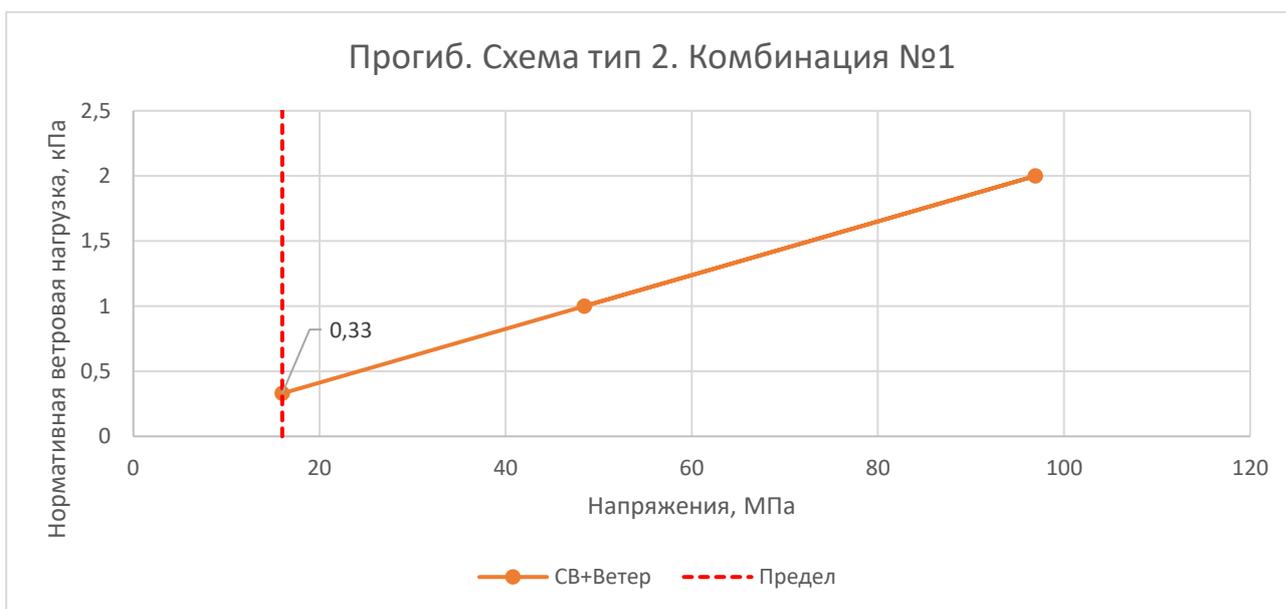
$$f_{3.\text{max}} = 70,75 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{4.\text{max}} = 88,27 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{5.\text{max}} = 87,84 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{6.\text{max}} = 112,14 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{7.\text{max}} = 114,37 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм.}$$



Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

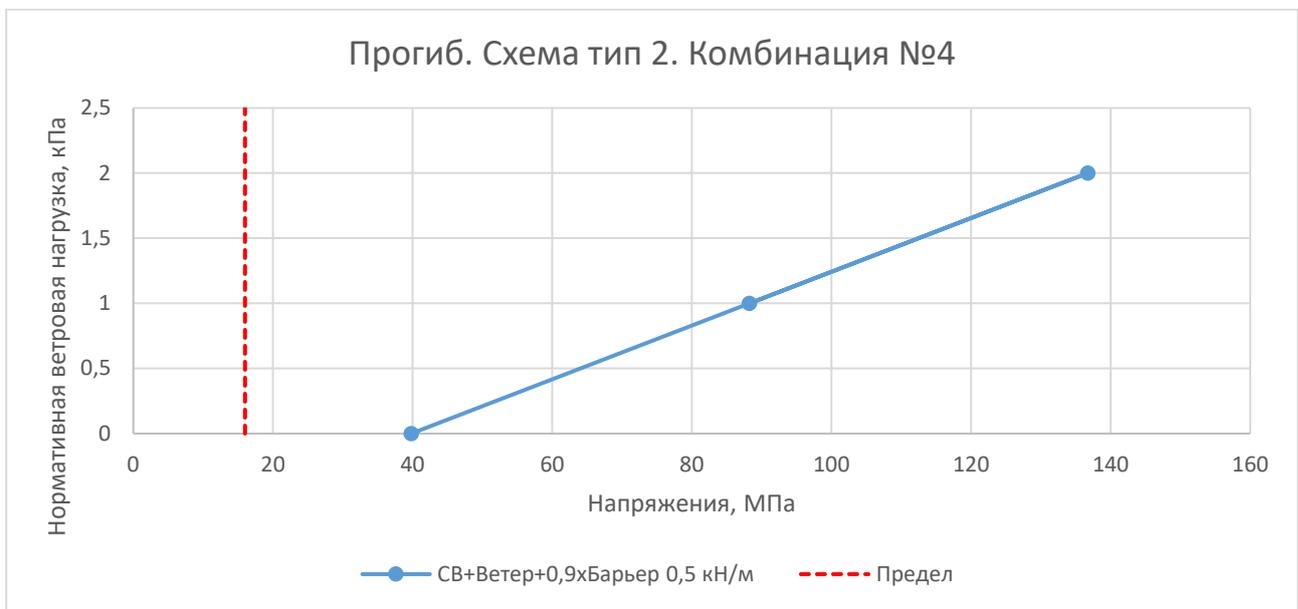
Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Экспертное заключение №1-23/03

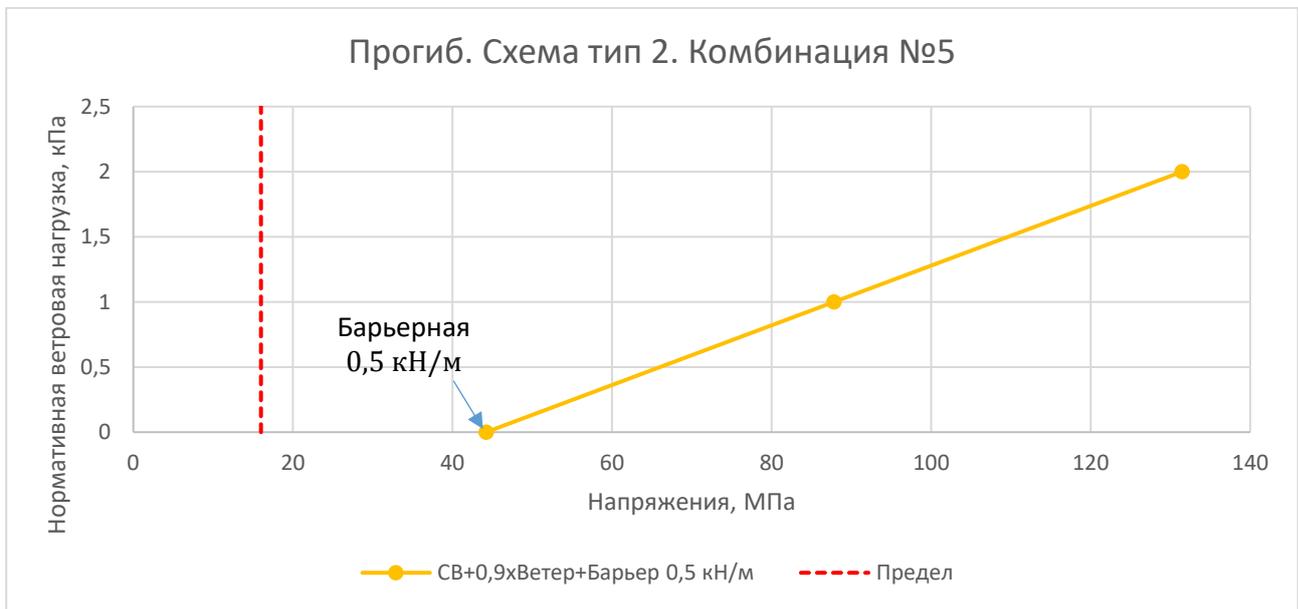
Лист

53

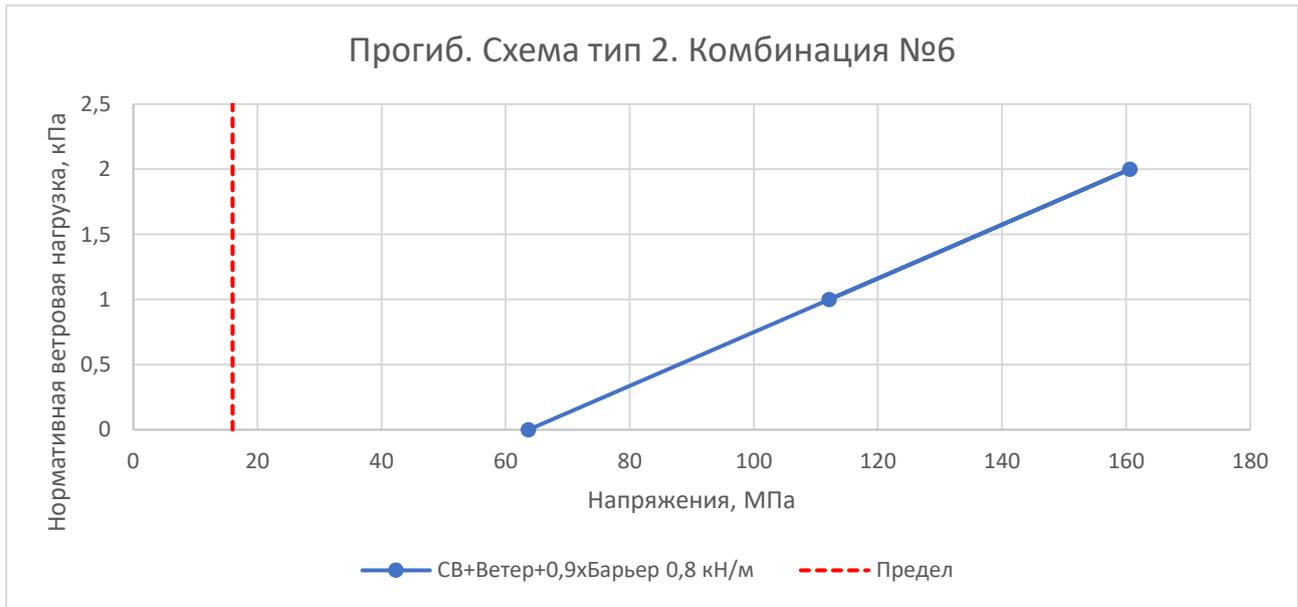
Прогиб. Схема тип 2. Комбинация №4



Прогиб. Схема тип 2. Комбинация №5

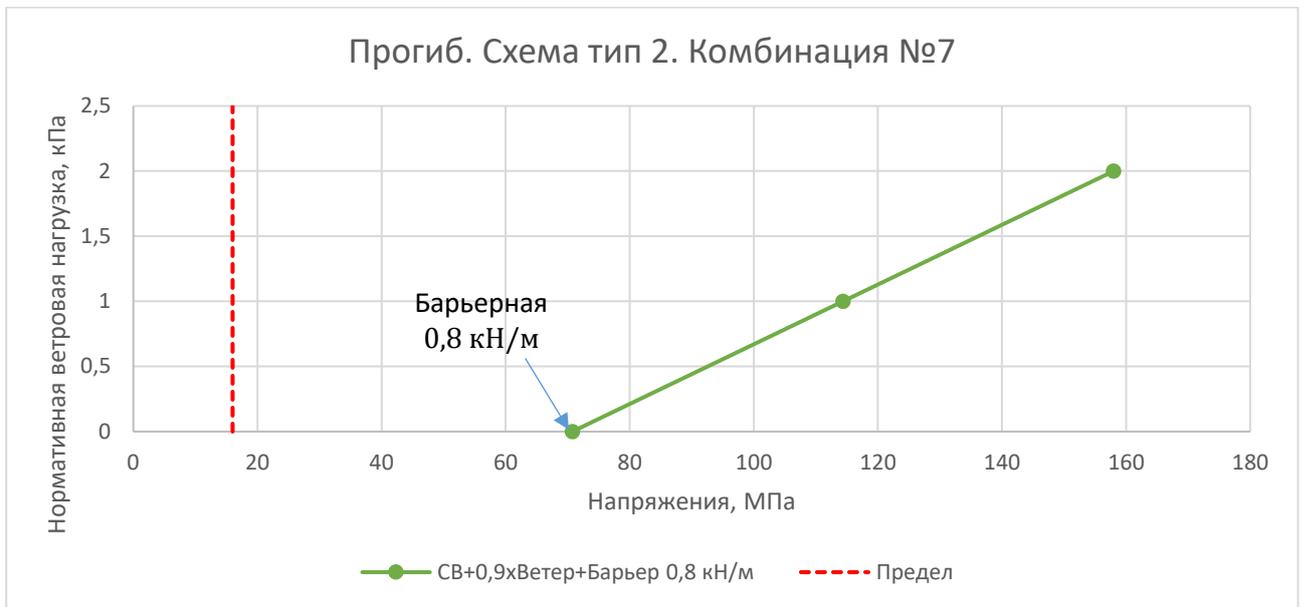


Прогиб. Схема тип 2. Комбинация №6



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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата



Путем линейной интерполяции получена максимальная нормативная нагрузка от ветрового воздействия для остекления ограждения по комбинациям:

$$S_{н1} = 0,33 \text{ кПа} - \text{комбинация №1.}$$

$$S_{р1} = S_{н1} \cdot \gamma_f = 0,33 \cdot 1,4 = 0,462 \text{ кПа} - \text{расчетное значение.}$$

**Вывод:** как показано на Рис. 65, конструкция ограждения не проходит по второй группе предельных состояний при нормативной комбинации, учитывающей только барьерную нагрузку без ветрового давления.

### 5.3.5. Разрезное ограждение по 1000 мм шириной (3000 мм) с учетом закреплению поручня. Проверка по I ПС

- Направляющие профили с прижимом

Напряжения, возникающие в опасном сечении горизонтального профиля, представлены на Рис. 71 - Рис. 77.

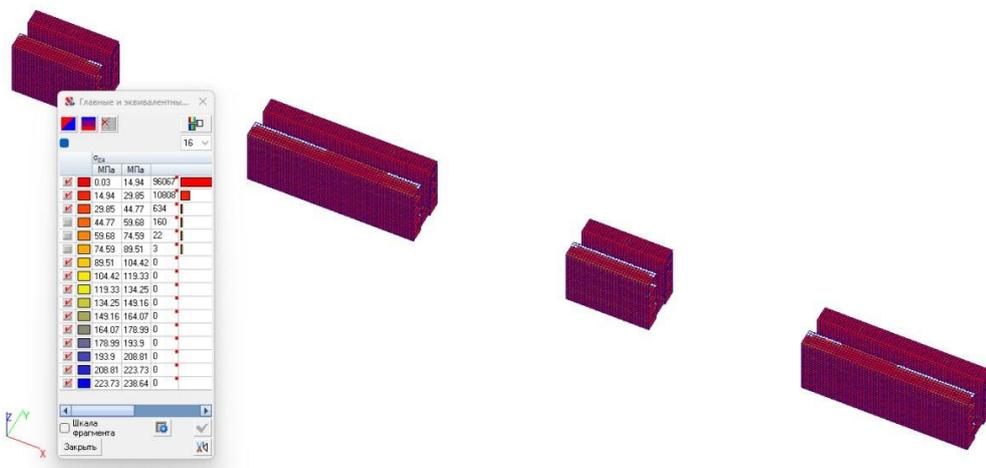


Рис. 71. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №1, МПа

Взам. инв. №

Подпись и дата

Изм. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

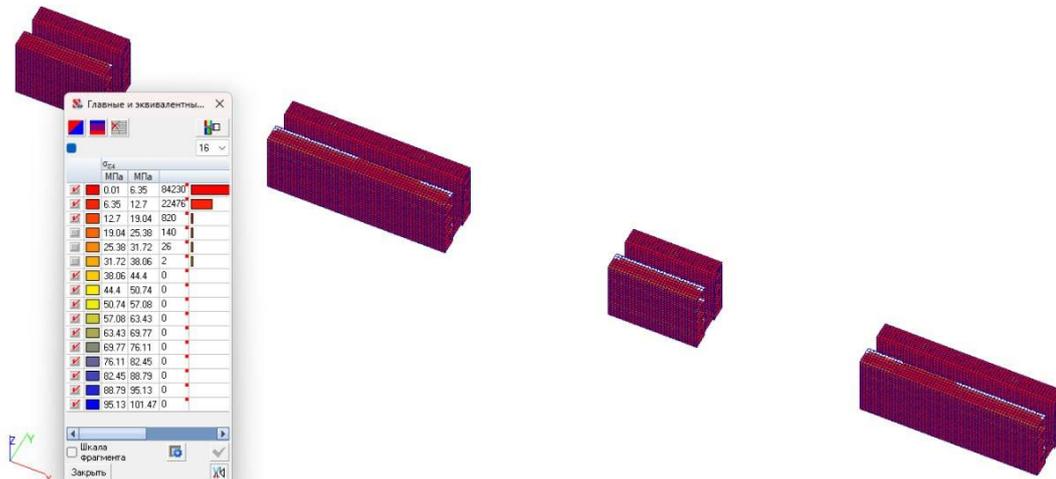


Рис. 72. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

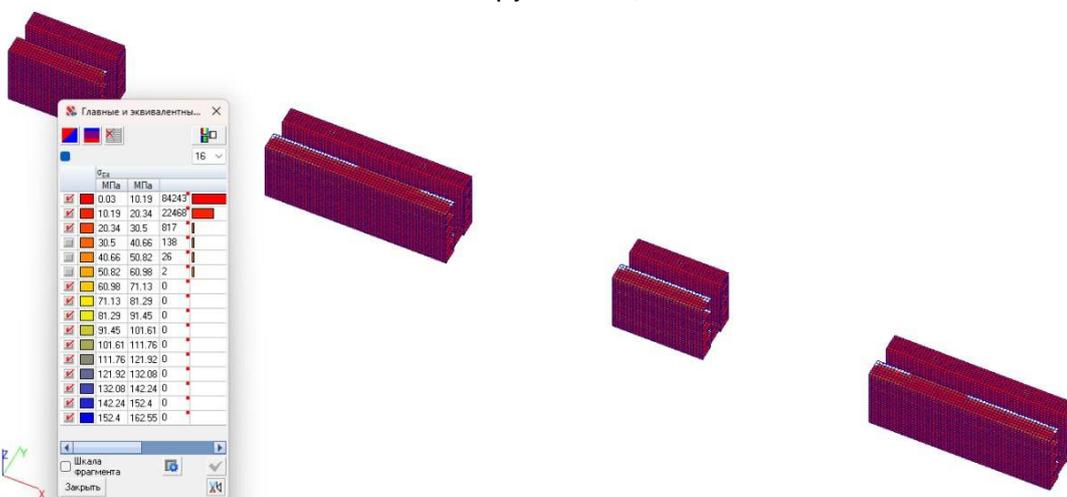


Рис. 73. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №3, МПа

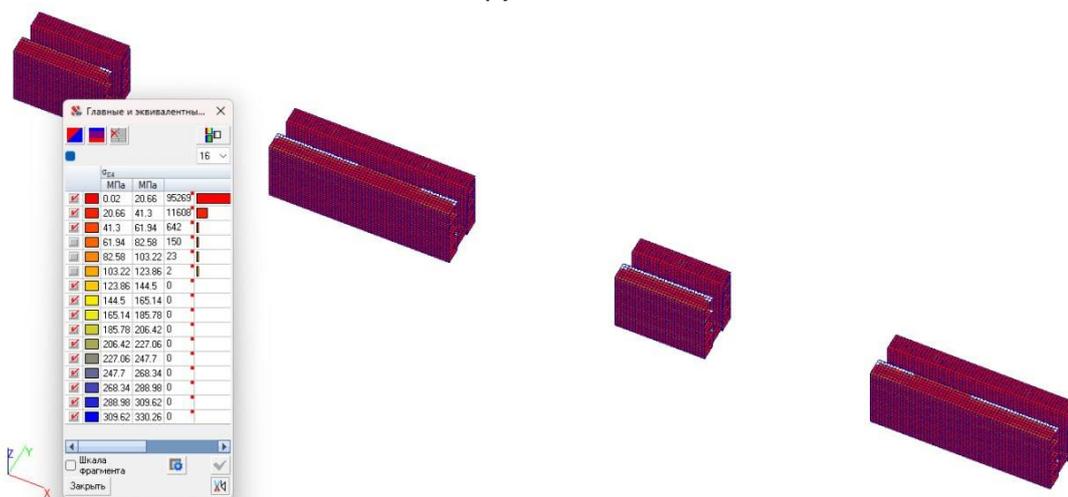


Рис. 74. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №4, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

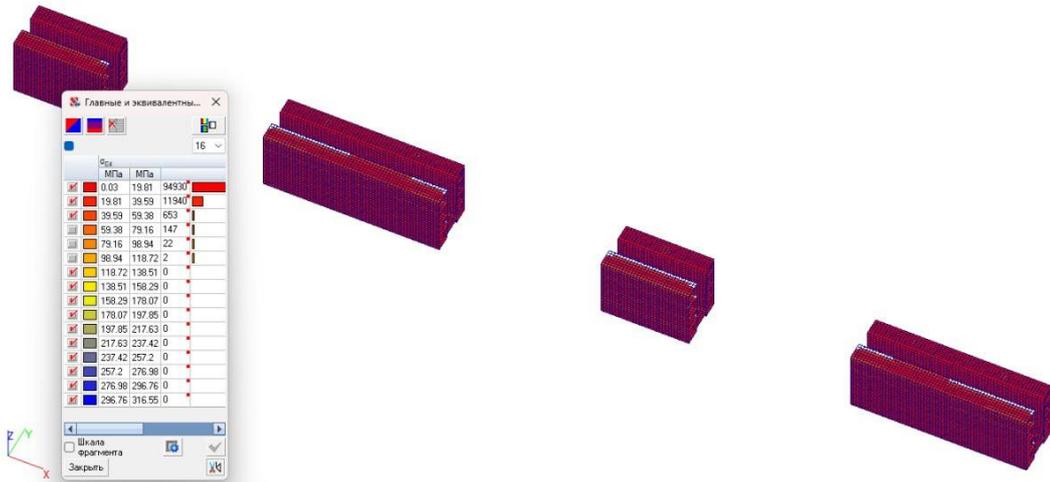


Рис. 75. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №5, МПа

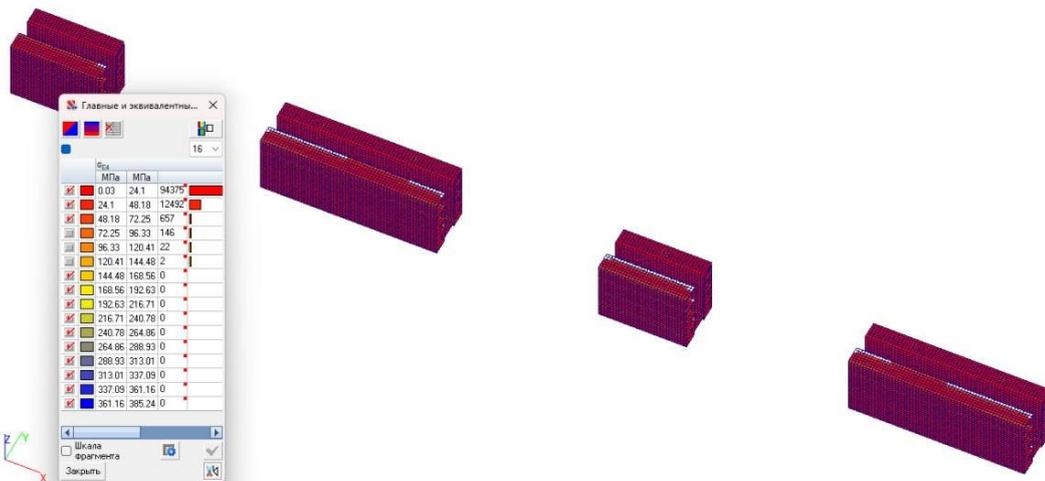


Рис. 76. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №6, МПа

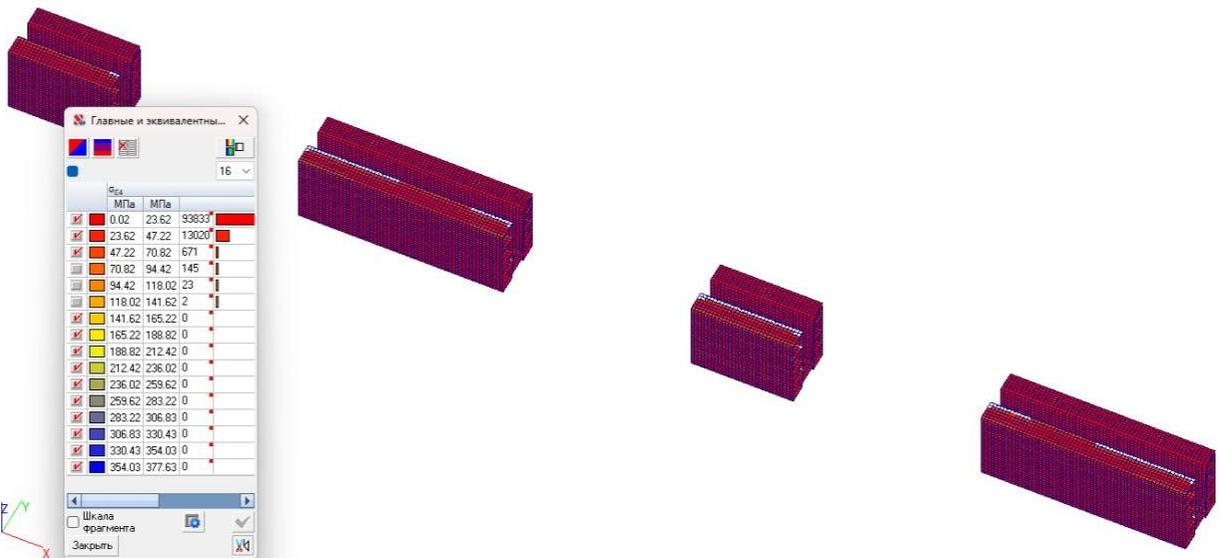


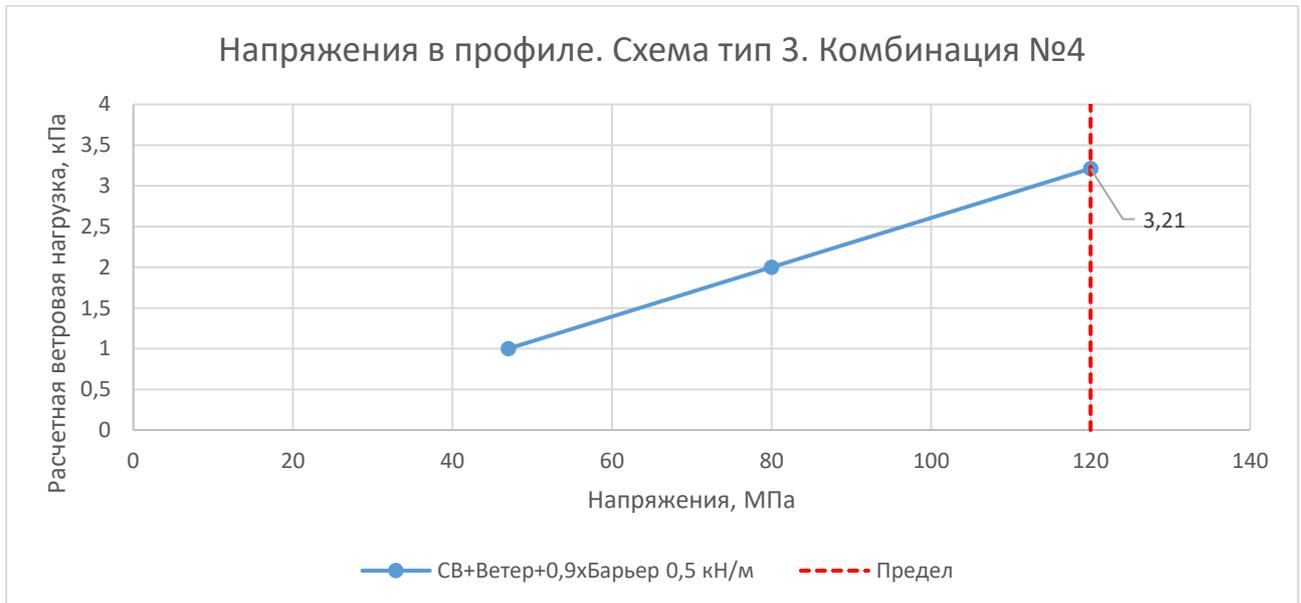
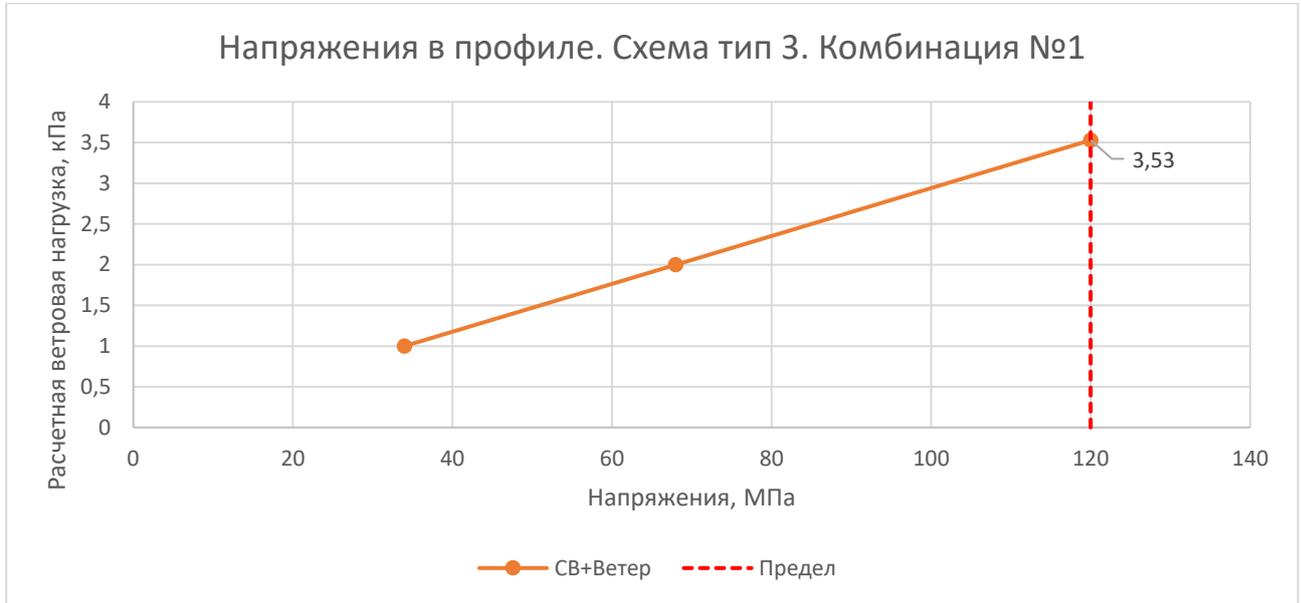
Рис. 77. Напряжения в горизонтальном направляющем профиле от комбинации расчетных нагрузок №7, МПа

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Критерием оценки горизонтального направляющего профиля по первой группе предельных состояний являлось условие, при котором фактические напряжения в профиле не превышают расчётное сопротивление алюминиевого сплава, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

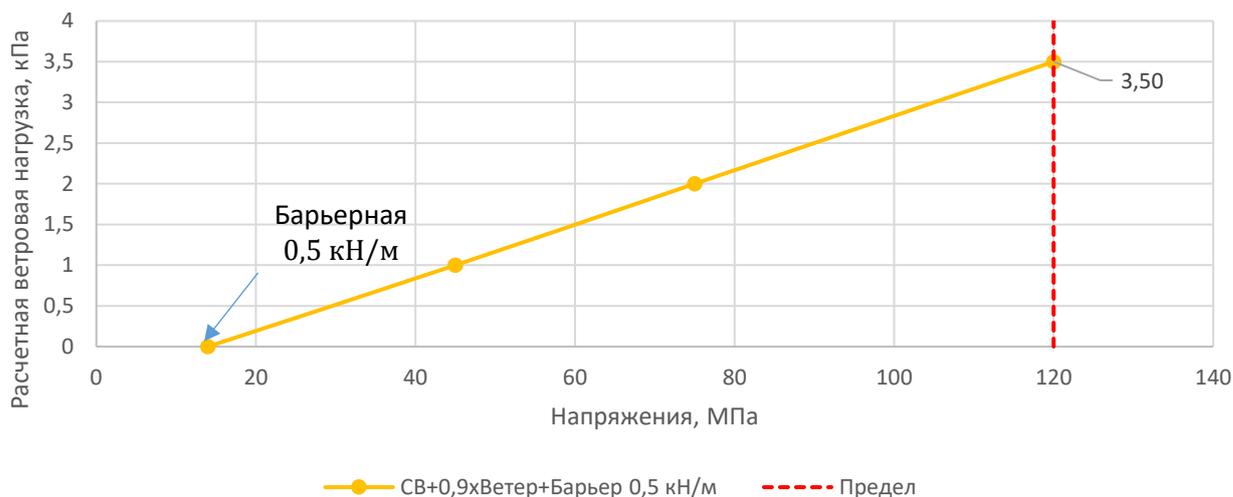
$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = 120 \text{ МПа.}$$



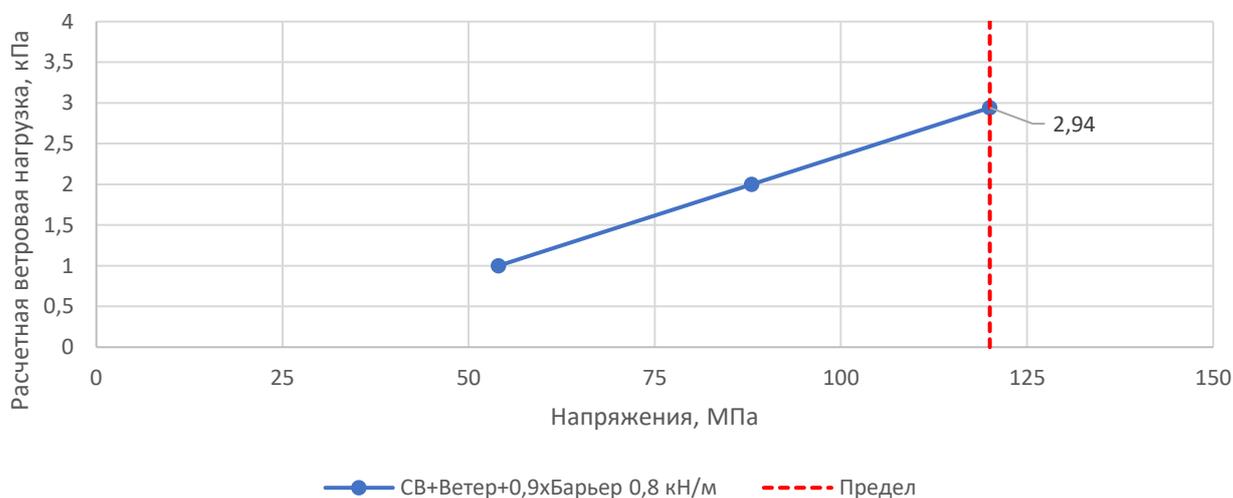
Инв. №подл.    Подпись и дата    Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

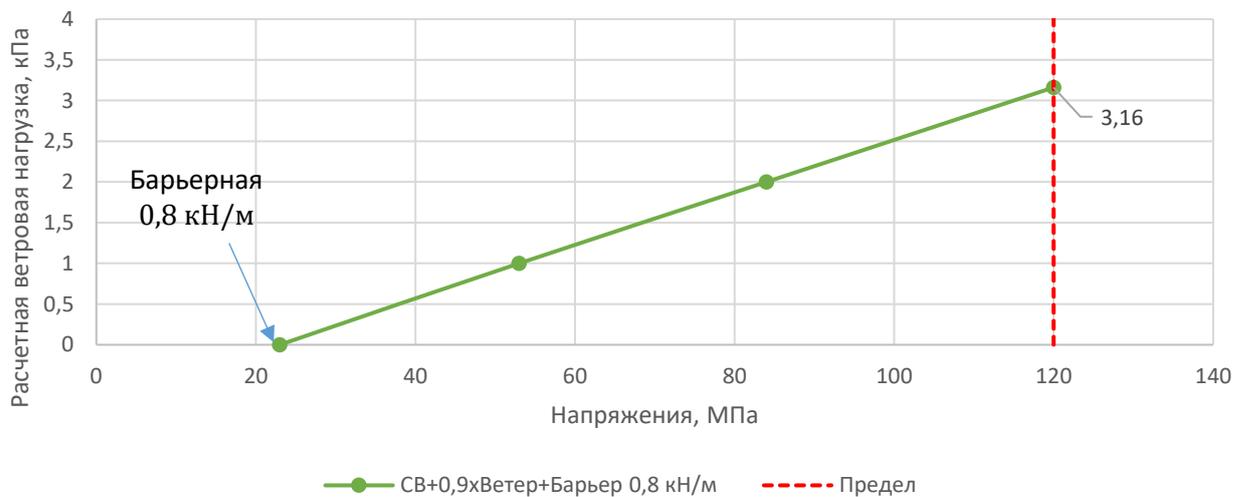
Напряжения в профиле. Схема тип 3. Комбинация №5



Напряжения в профиле. Схема тип 3. Комбинация №6



Напряжения в профиле. Схема тип 3. Комбинация №7



Инва. №подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
Изм.	Кол.	Лист
№док	Подпись	Дата

Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от ветрового воздействия для алюминиевого профиля ограждения по комбинациям:

$$S_{p1} = 3,53 \text{ кПа} \text{ – комбинация №1;}$$

$$S_{p4} = 3,21 \text{ кПа} \text{ – комбинация №4;}$$

$$S_{p5} = 3,50 \text{ кПа} \text{ – комбинация №5;}$$

$$S_{p6} = 2,94 \text{ кПа} \text{ – комбинация №6;}$$

$$S_{p7} = 3,16 \text{ кПа} \text{ – комбинация №7.}$$

• **Стекло ограждения триплекс**

Напряжения, возникающие КЭ остекления, представлены на Рис. 78 - Рис. 84.

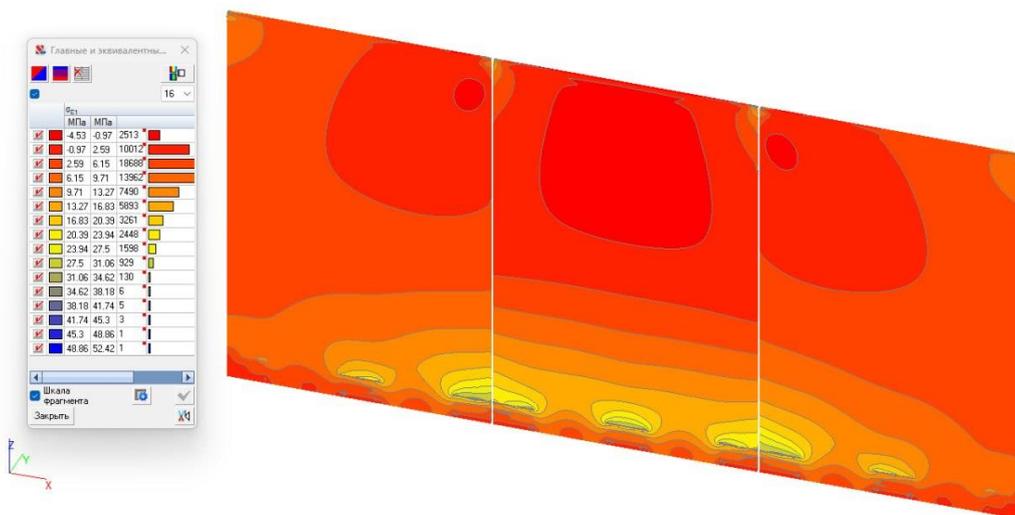


Рис. 78. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №1, МПа

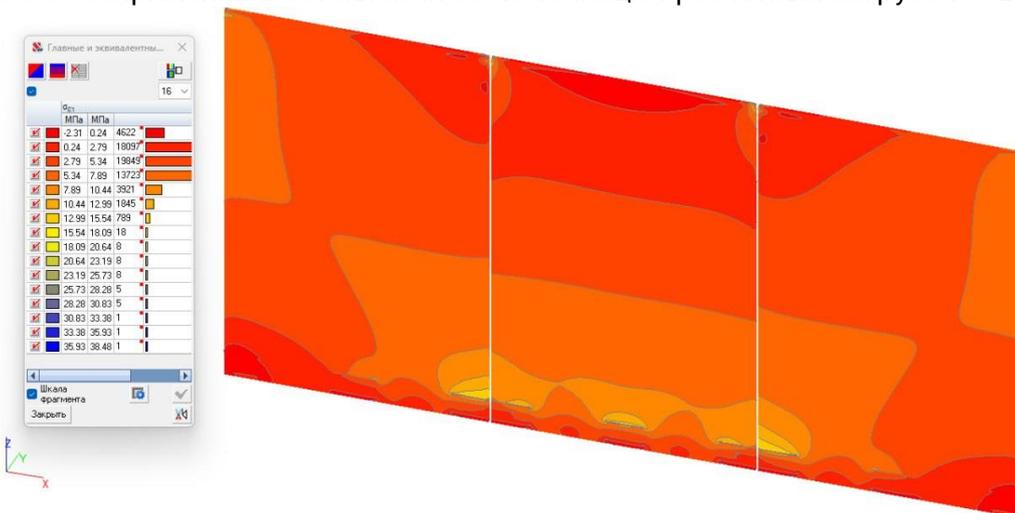


Рис. 79. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №2, МПа

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

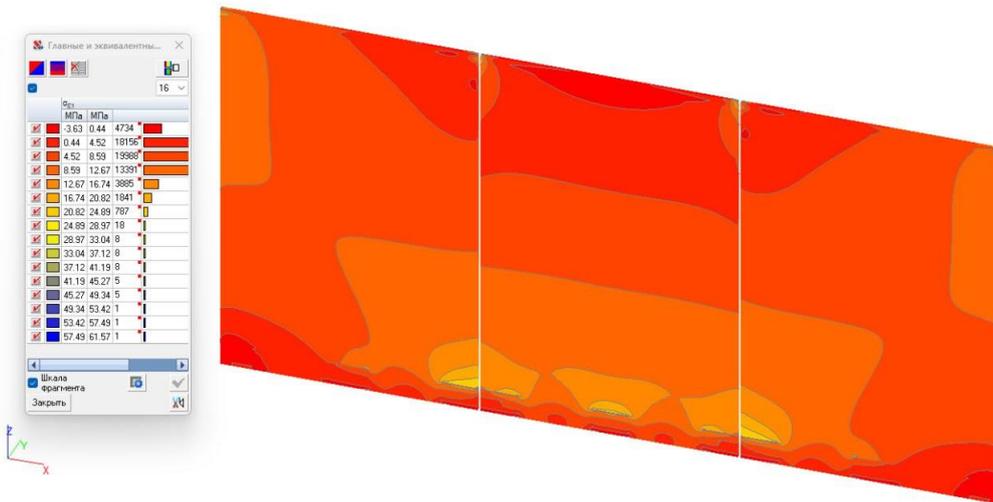


Рис. 80. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №3, МПа

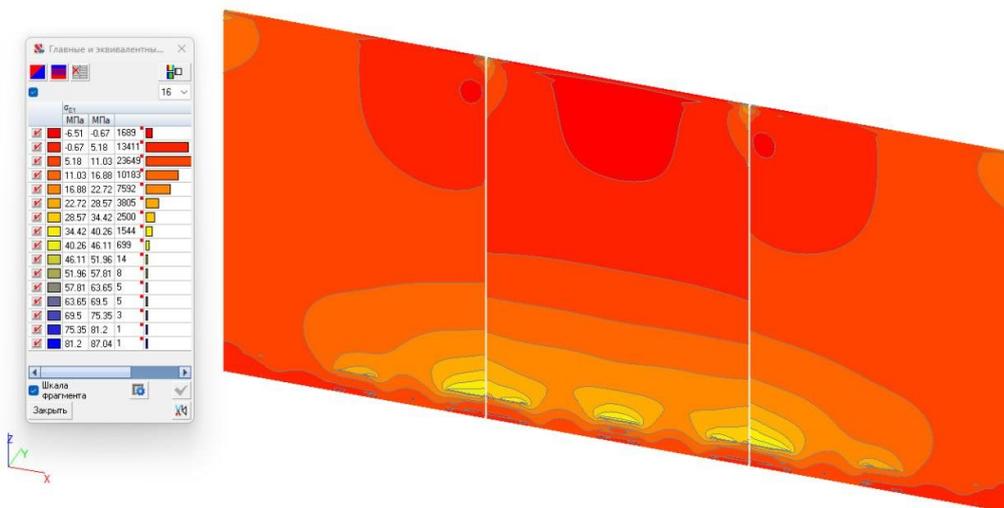


Рис. 81. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №4, МПа

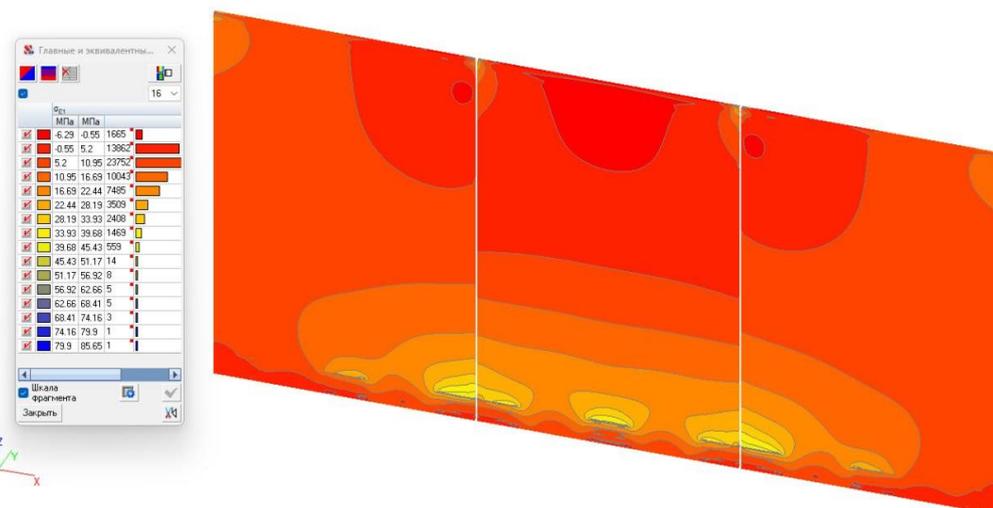


Рис. 82. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №5, МПа

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

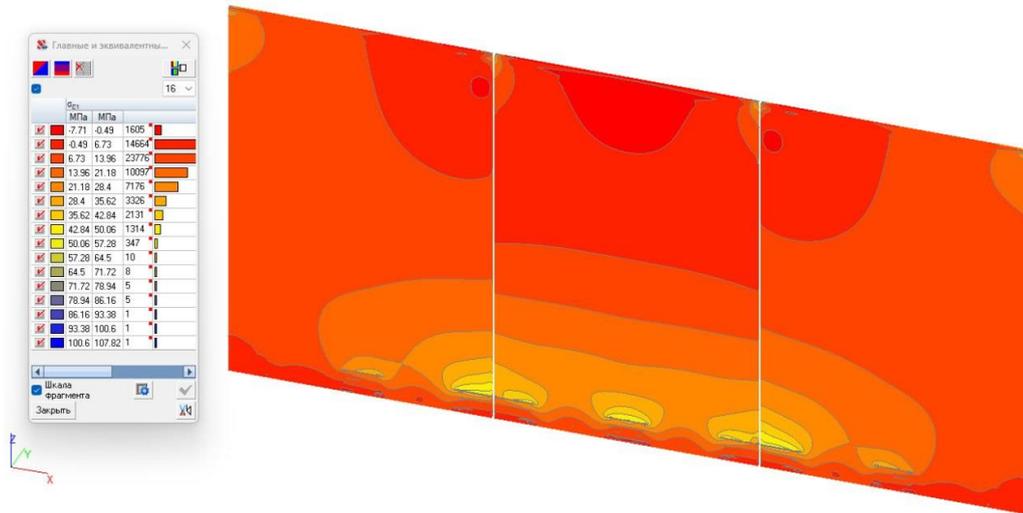


Рис. 83. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №6, МПа

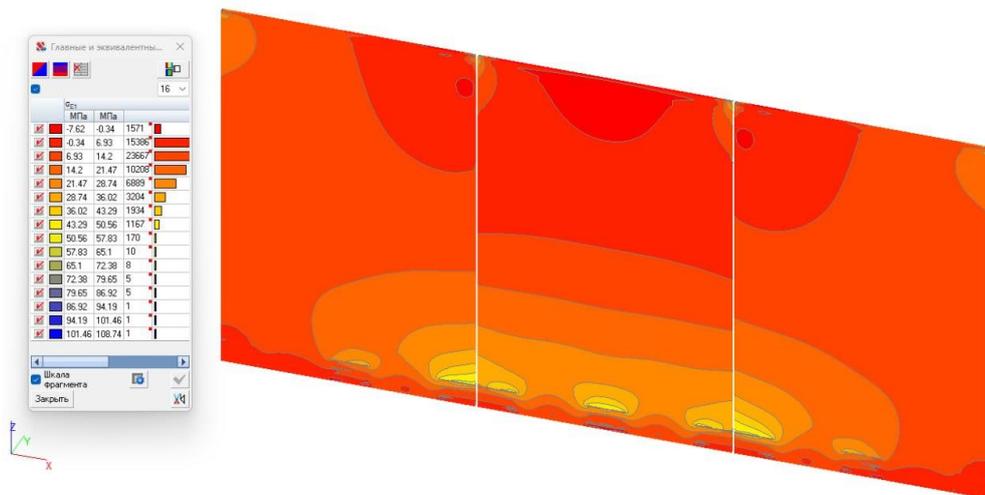
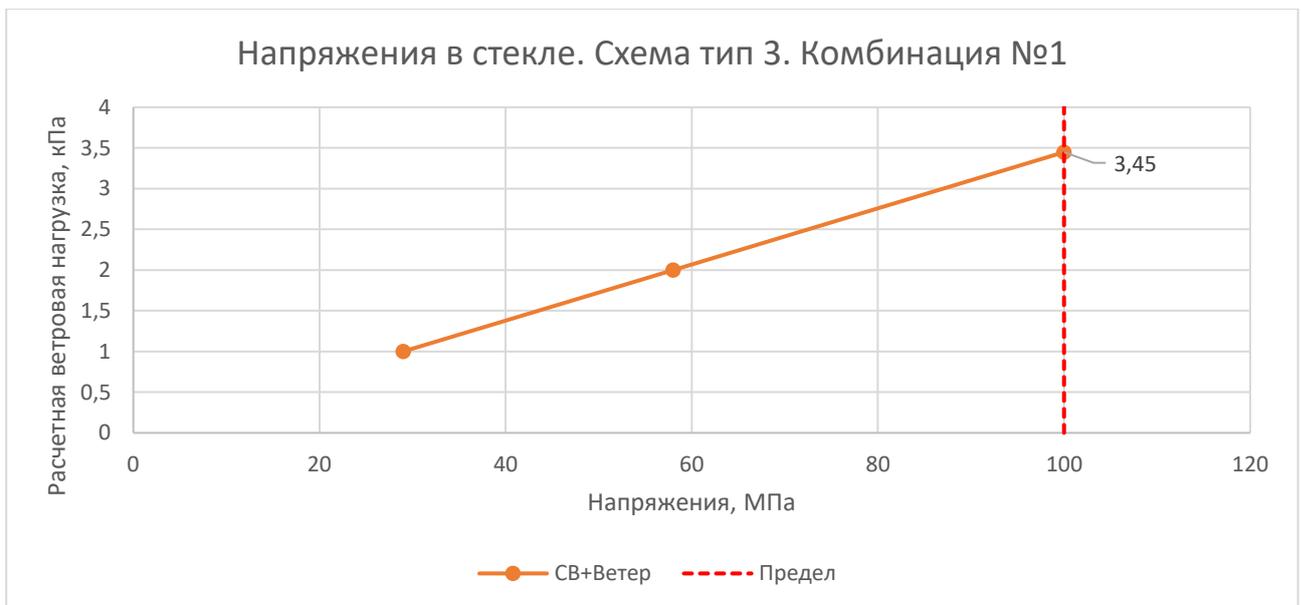


Рис. 84. Напряжения в остеклении от комбинации расчетных нагрузок №7, МПа



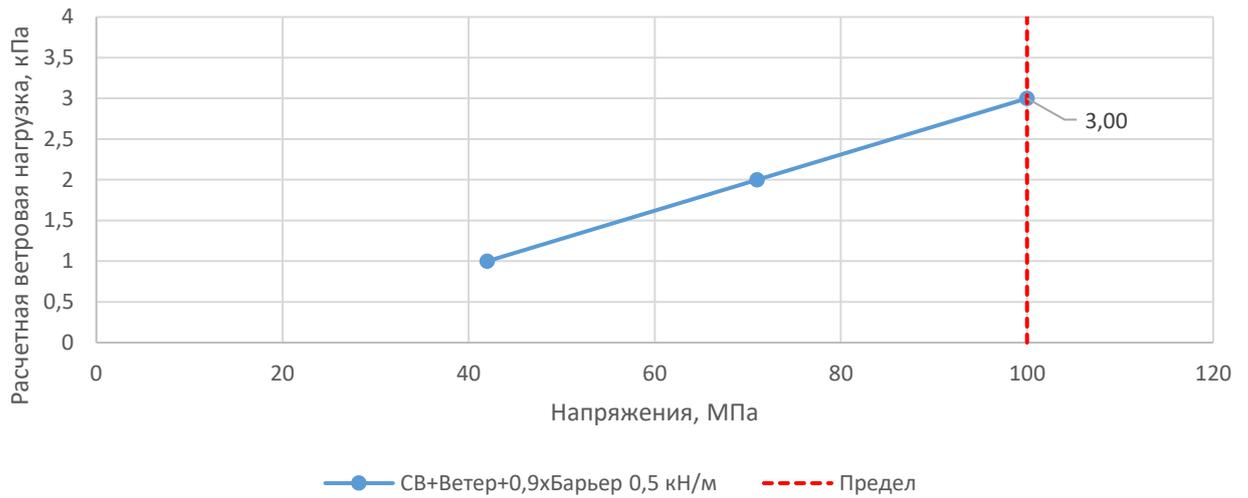
Инв. №подл.

Подпись и дата

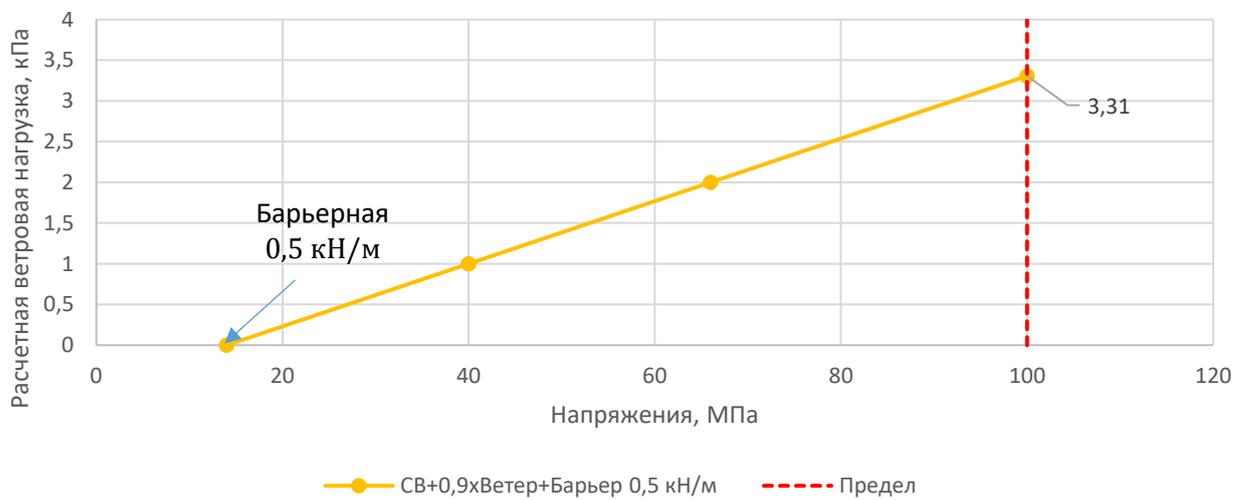
Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

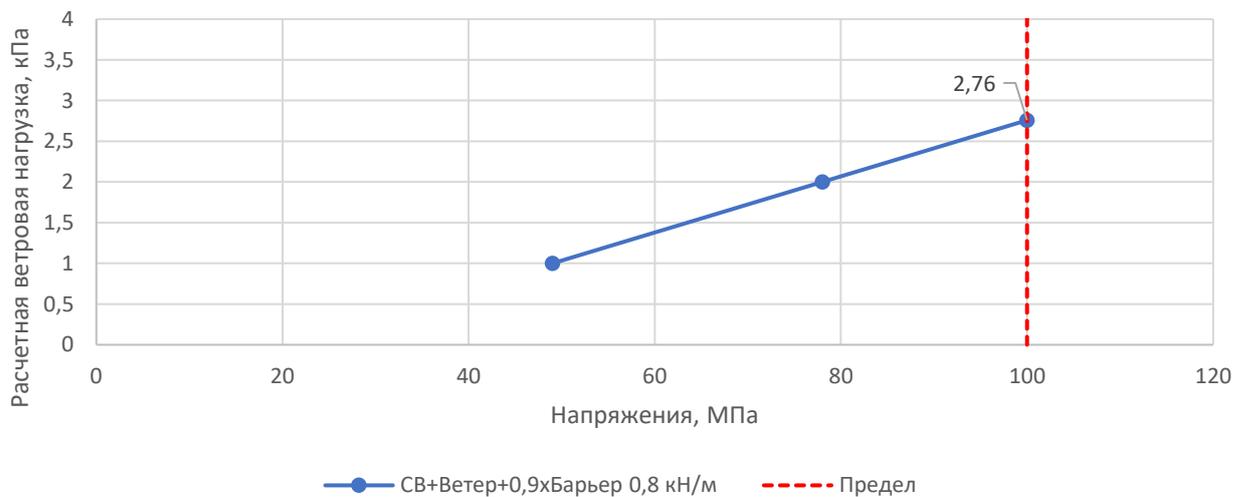
### Напряжения в стекле. Схема тип 3. Комбинация №4



### Напряжения в стекле. Схема тип 3. Комбинация №5



### Напряжения в стекле. Схема тип 3. Комбинация №6

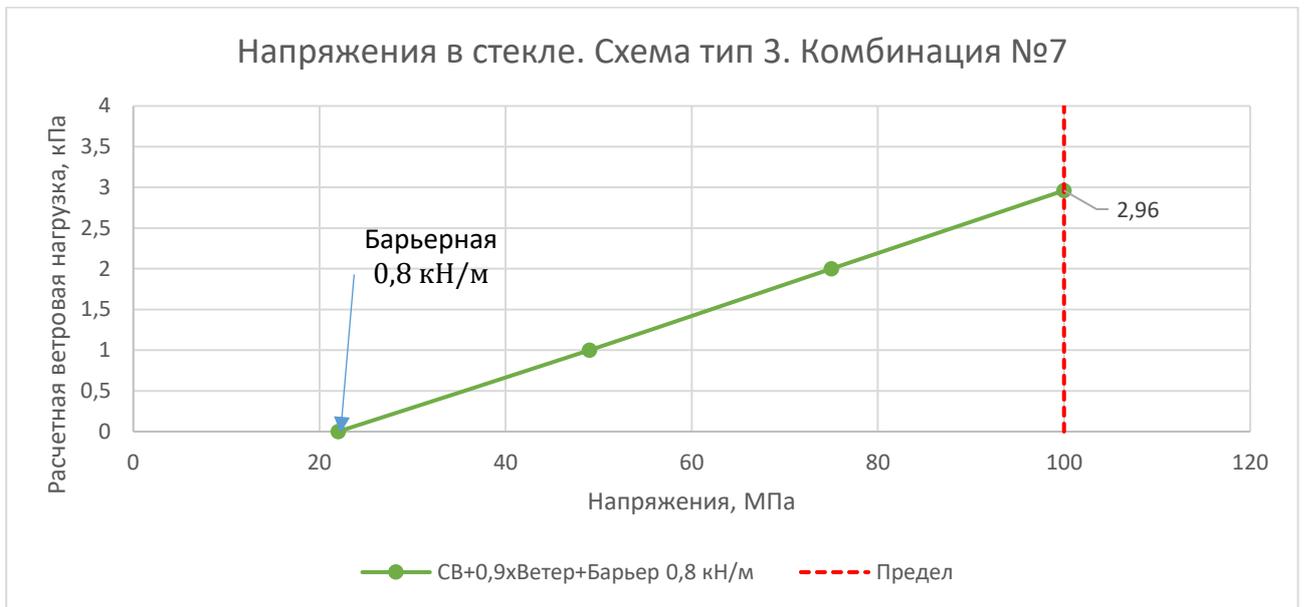


Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата



Путем линейной интерполяции получена максимальная расчетная нагрузка от ветрового воздействия для остекления ограждения по комбинациям:

$$S_{p1} = 3,45 \text{ кПа} - \text{комбинация №1};$$

$$S_{p4} = 3,00 \text{ кПа} - \text{комбинация №4};$$

$$S_{p5} = 3,31 \text{ кПа} - \text{комбинация №5};$$

$$S_{p6} = 2,76 \text{ кПа} - \text{комбинация №6};$$

$$S_{p7} = 2,96 \text{ кПа} - \text{комбинация №7}.$$

### **5.3.6. Разрезное ограждение по 1000 мм шириной (3000 мм) с учетом закреплении поручня. Проверка по II ПС**

Критерием оценки остекления по первой группе предельных состояний согласно ГОСТ 30698-2014 являлось условие, при котором фактические напряжения не превышают расчётное сопротивление стекла, с учетом коэффициента надежности по ответственности здания:

$$\sigma < \frac{R}{\gamma_n} = \frac{120}{1,2} = 100 \text{ МПа}.$$

**Напряжения остекления не превышают предельно допустимое значение.**

Критерием оценки остекления по второй группе предельных состояний является п. 15.2.3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Прогибы остекления представлены на Рис. 85 - Рис. 91.

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Экспертное заключение №1-23/03

Лист

64

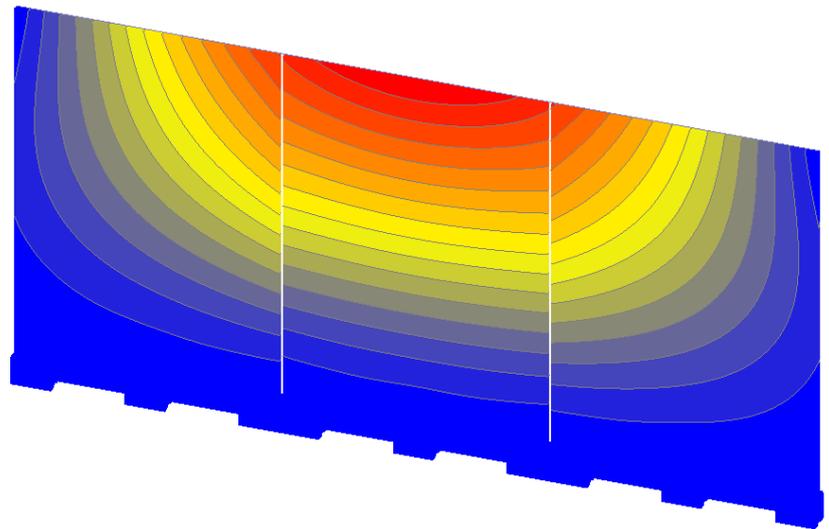
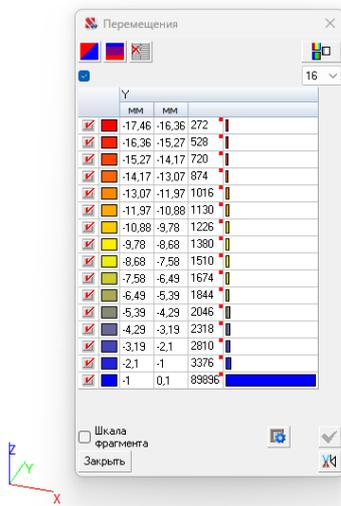


Рис. 85. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №1, мм

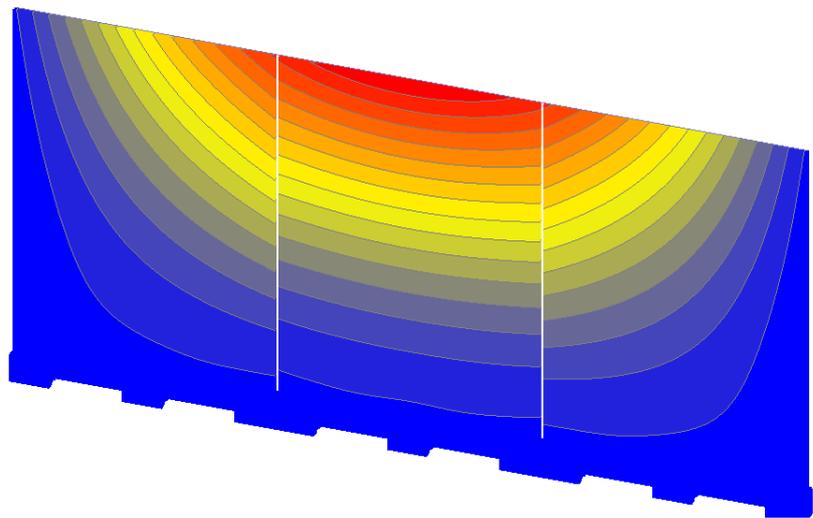
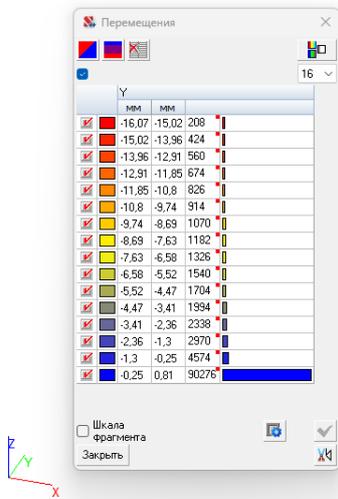


Рис. 86. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №2, мм

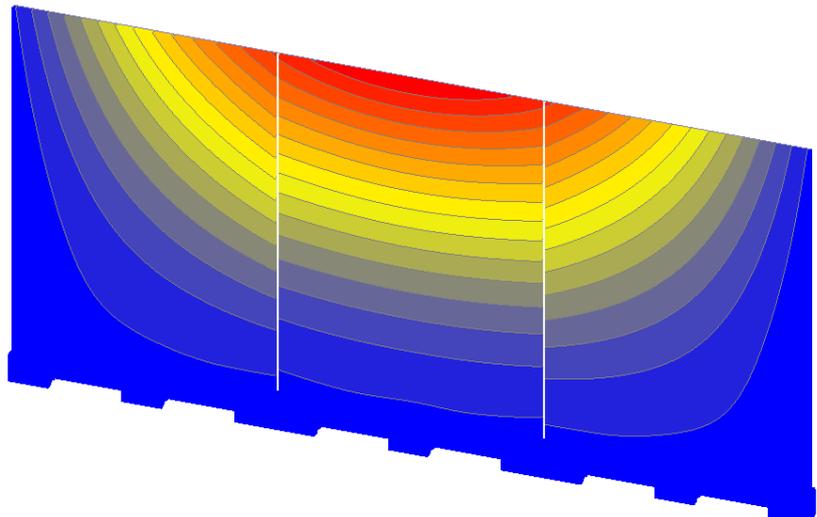
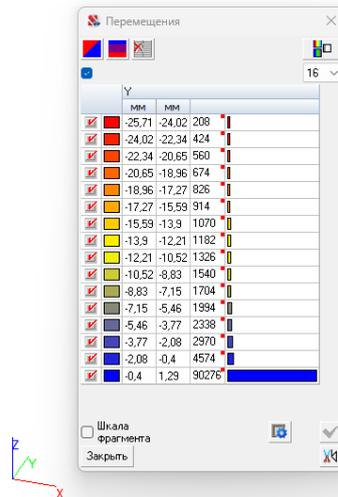


Рис. 87. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №3, мм

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

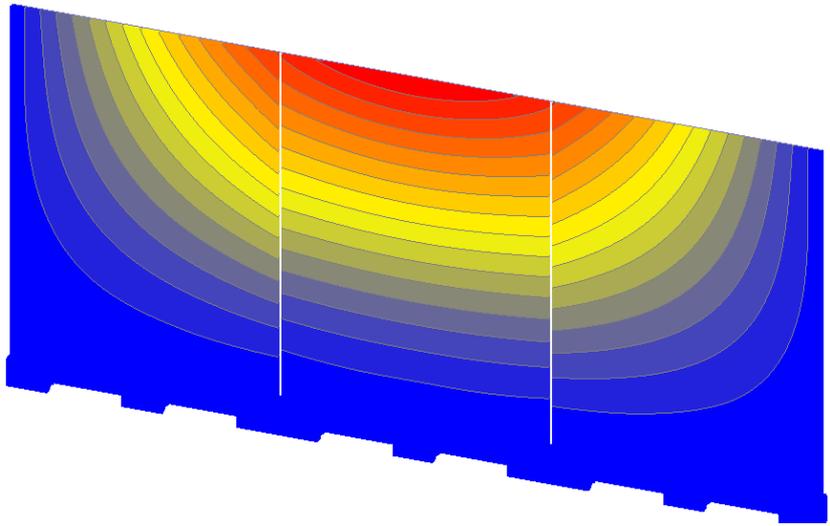
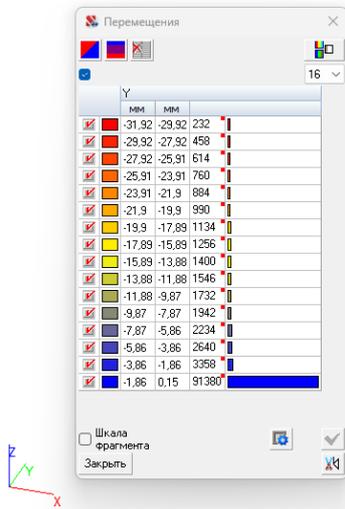


Рис. 88. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №4, мм

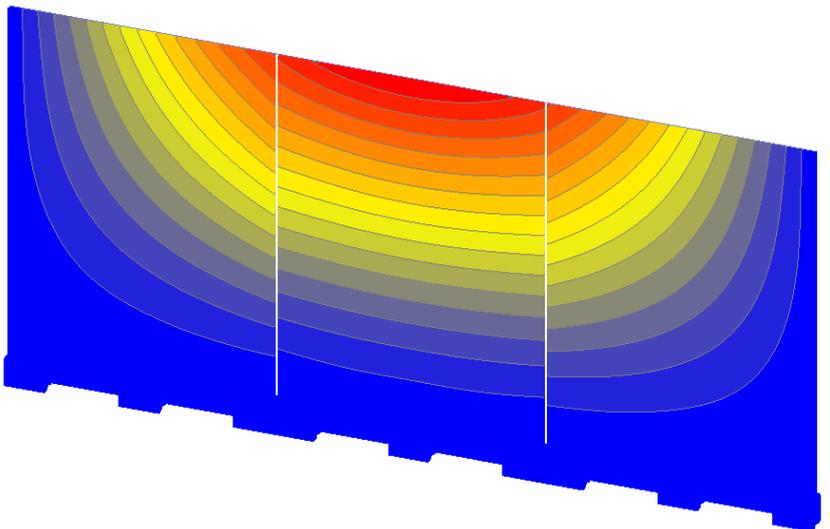
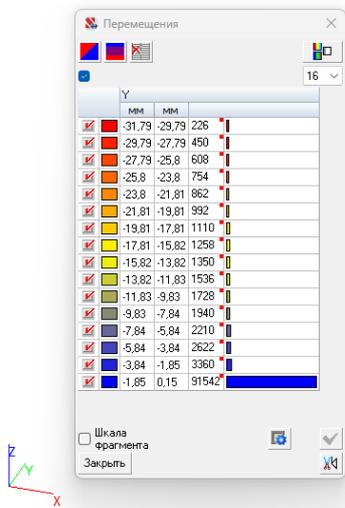


Рис. 89. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №5, мм

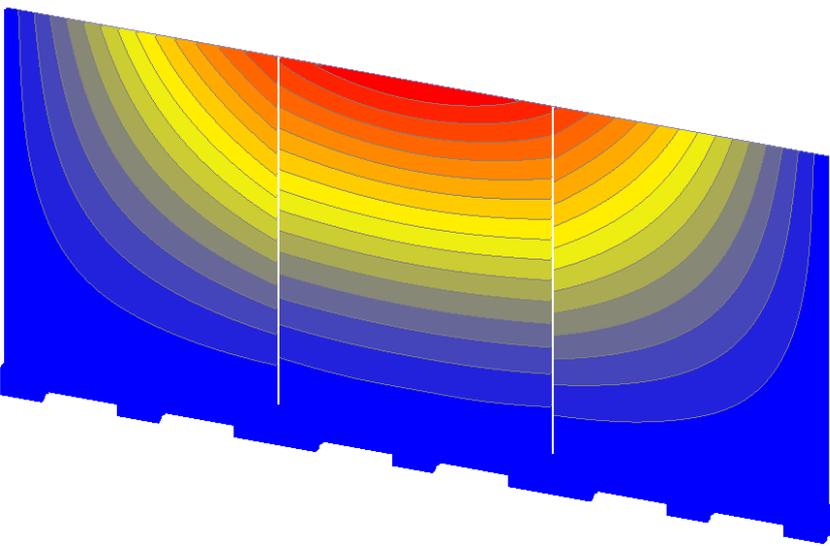
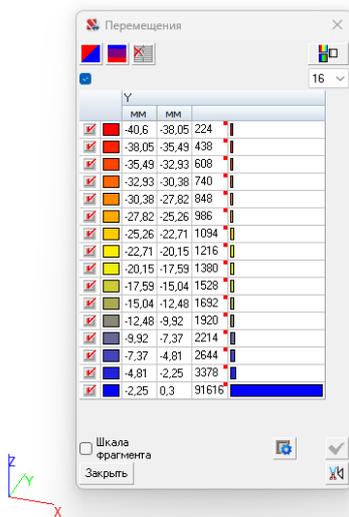


Рис. 90. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №6, мм

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

Y	мм	мм	мм
✓	-41,43	-38,81	224
✓	-38,81	-36,19	426
✓	-36,19	-33,58	602
✓	-33,58	-30,96	718
✓	-30,96	-28,35	856
✓	-28,35	-25,73	970
✓	-25,73	-23,11	1088
✓	-23,11	-20,5	1224
✓	-20,5	-17,88	1364
✓	-17,88	-15,27	1522
✓	-15,27	-12,65	1694
✓	-12,65	-10,03	1910
✓	-10,03	-7,42	2214
✓	-7,42	-4,8	2644
✓	-4,8	-2,18	3403
✓	-2,18	0,43	91652

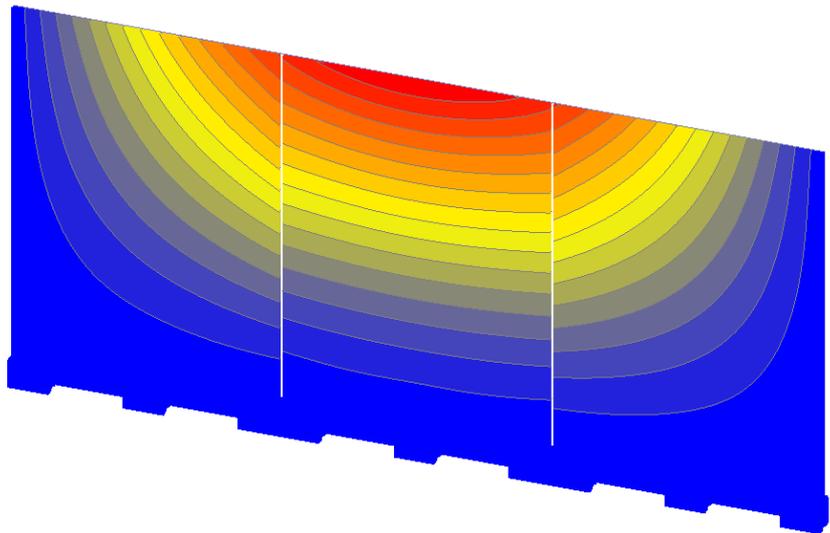


Рис. 91. Перемещения остекления (Y) от комбинации нормативных нагрузок №7, мм

Допустимый прогиб остекления составляет:

$$f_{\text{доп.}} = \frac{1200}{75} = 16 \text{ мм.}$$

**Прогибы остекления существенно превышают предельно допустимое значение:**

$$f_{1.\text{max}} = 17,46 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{2.\text{max}} = 16,07 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

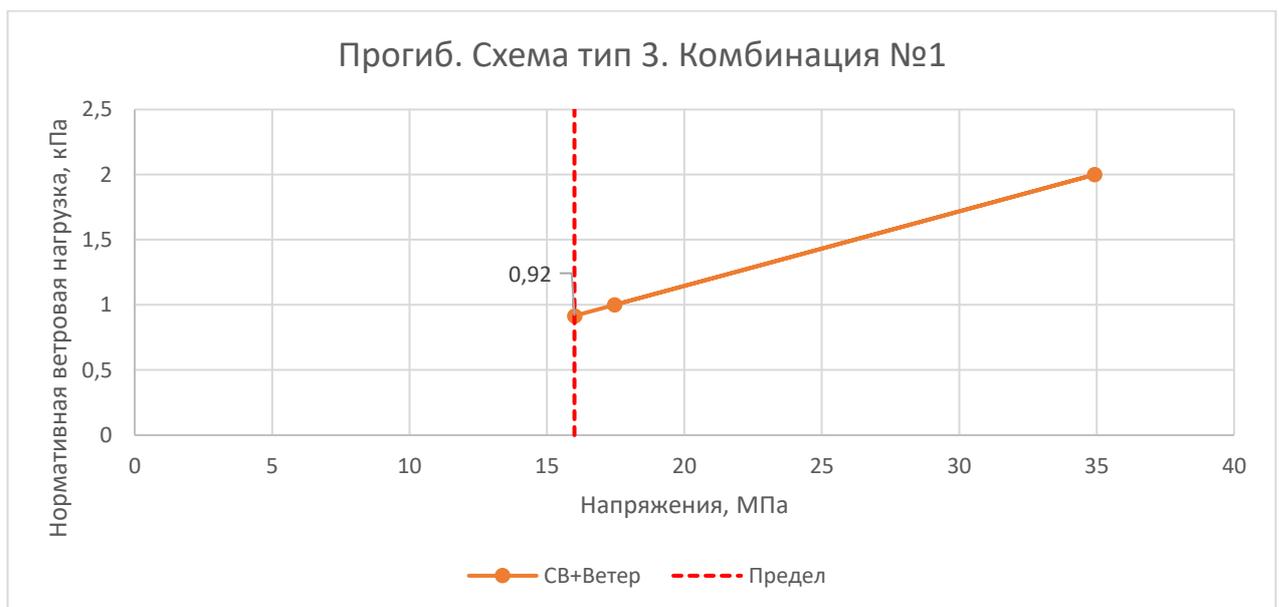
$$f_{3.\text{max}} = 25,71 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{4.\text{max}} = 31,92 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{5.\text{max}} = 31,79 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{6.\text{max}} = 40,6 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм};$$

$$f_{7.\text{max}} = 41,43 \text{ мм} > f_{\text{доп.}} = 16 \text{ мм.}$$



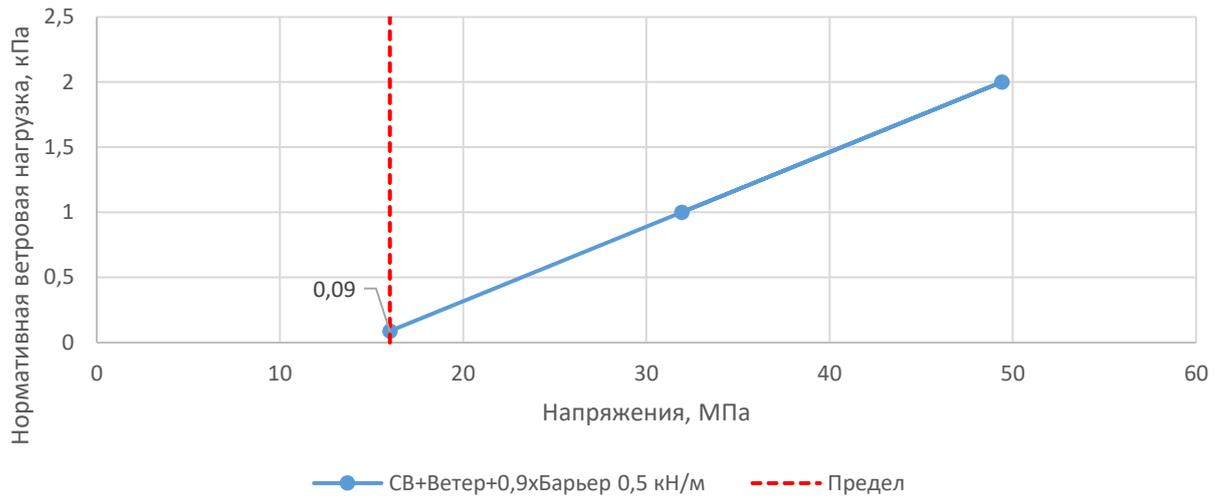
Взам. инв. №

Подпись и дата

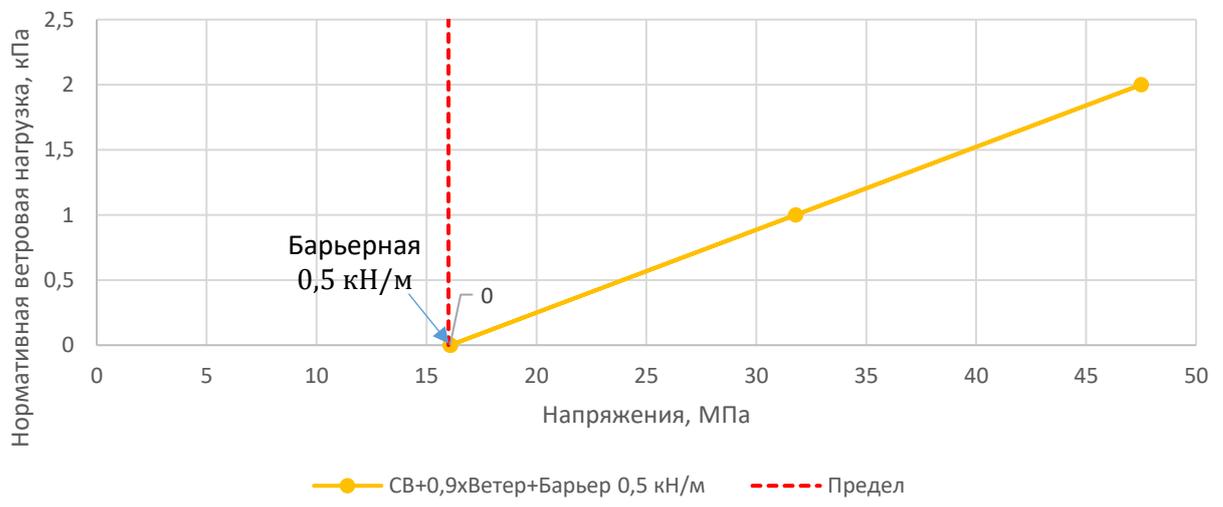
Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№докум	Подпись	Дата

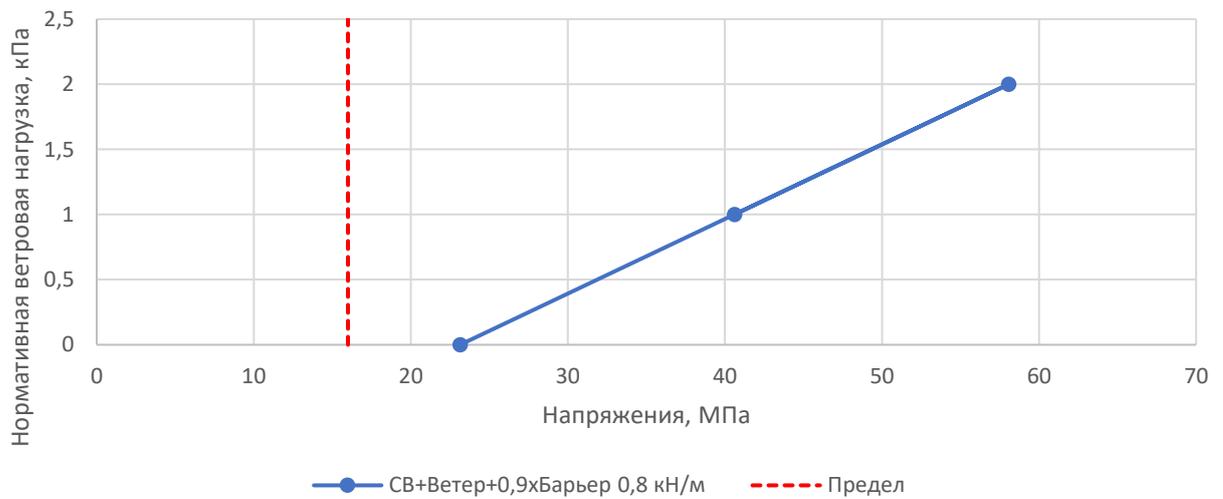
Прогиб. Схема тип 3. Комбинация №4



Прогиб. Схема тип 3. Комбинация №5



Прогиб. Схема тип 3. Комбинация №6

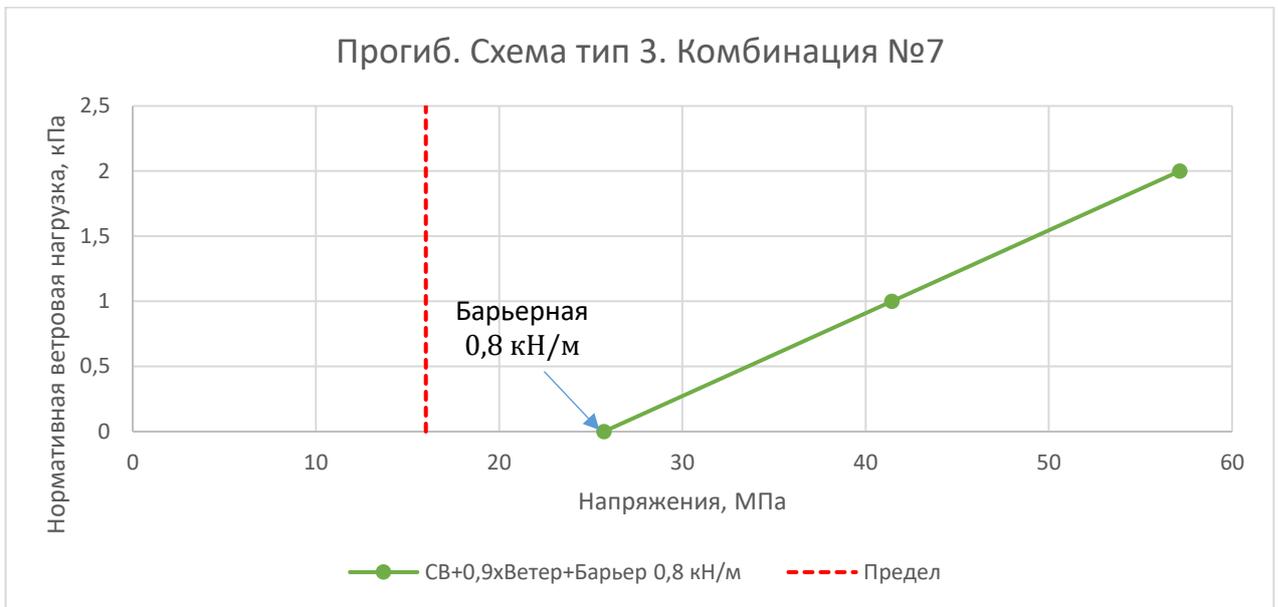


Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата



Путем линейной интерполяции получена максимальная нормативная нагрузка от ветрового воздействия для остекления ограждения по комбинациям:

$$S_{н1} = 0,92 \text{ кПа} - \text{комбинация №1};$$

$$S_{н4} = 0,09 \text{ кПа} - \text{комбинация №4};$$

$$S_{p1} = S_{н1} \cdot \gamma_f = 0,92 \cdot 1,4 = 1,29 \text{ кПа} - \text{расчетное значение};$$

$$S_{p4} = S_{н4} \cdot \gamma_f = 0,09 \cdot 1,4 = 0,13 \text{ кПа} - \text{расчетное значение};$$

**Вывод:** как показано на Рис. 86, конструкция ограждения не проходит по второй группе предельных состояний при нормативной комбинации, учитывающей только барьерную нагрузку без ветрового давления.

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

## 5.4. Заключение

В результате поверочного расчета конструкции ограждения по предельным состояниям можно сделать следующие выводы:

1. Определяющей является вторая группа предельных состояний.
2. Конструкция ограждения удовлетворяет критериям проверки по первой группе предельных состояний.
3. Учет разрезности остекления не влияет на проверку статической работы конструкции.
4. Конструкция ограждения не удовлетворяет требованиям II группы предельных состояний при барьером воздействии.
5. Для уточнения полученных результатов рекомендуется проведение экспериментального исследования.
6. Рекомендуется установка вертикальных несущих профилей-стоек для снижения горизонтальных перемещений.
7. Получены предельные расчетные нагрузки для каждого типа расчетной схемы конструкции ограждения, результаты приведены в Таблица 4 – Таблица 6.

**Таблица 4. Предельные расчетные ветровые нагрузки на конструкцию ограждения (без учета барьерной нагрузки)**

№ типа схемы	Рассматриваемый конструктивный элемент	Значение $S_p$ для I ПС, кПа	Значение $S_p$ для II ПС, кПа
Комбинация 1. СВ+Ветер			
1 (сплошное)	Алюминиевый профиль	1,85	-
	Остекление	1,87	0,46
2 (разрезное)	Алюминиевый профиль	1,76	-
	Остекление	1,8	0,46
3 (разрезное с креплением поручня)	Алюминиевый профиль	3,53	-
	Остекление	3,44	1,27

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

**Таблица 5. Предельные расчетные ветровые нагрузки на конструкцию ограждения (с учетом барьерной нагрузки 0,5 кН/м при наиболее неблагоприятной комбинации)**

№ типа схемы	Рассматриваемый конструктивный элемент	Значение $S_p$ для I ПС, кПа (№ комбинации)	Значение $S_p$ для II ПС, кПа
Комбинация 5. СВ+Ветер+0,9хБарьер 0,5 кН/м Комбинация 6. СВ+0,9хВетер+Барьер 0,5 кН/м			
1 (сплошное)	Алюминиевый профиль	1,29 (4)	-
	Остекление	1,32 (4)	Не проходит от барьерной нагрузки
2 (разрезное)	Алюминиевый профиль	1,22 (4)	-
	Остекление	1,25 (4)	Не проходит от барьерной нагрузки
3 (разрезное с креплением поручня)	Алюминиевый профиль	3,21 (4)	-
	Остекление	3 (7)	Не проходит от барьерной нагрузки

**Таблица 6. Предельные расчетные ветровые нагрузки на конструкцию ограждения (с учетом барьерной нагрузки 0,8 кН/м при наиболее неблагоприятной комбинации)**

№ типа схемы	Рассматриваемый конструктивный элемент	Значение $S_p$ для I ПС, кПа (№ комбинации)	Значение $S_p$ для II ПС, кПа
Комбинация 6. СВ+Ветер+0,9хБарьер 0,8 кН/м Комбинация 7. СВ+0,9хВетер+Барьер 0,8 кН/м			
1 (сплошное)	Алюминиевый профиль	0,97 (6)	-
	Остекление	0,98 (7)	Не проходит от барьерной нагрузки
2 (разрезное)	Алюминиевый профиль	0,90 (6)	-
	Остекление	0,9 (7)	Не проходит от барьерной нагрузки
3 (разрезное с креплением поручня)	Алюминиевый профиль	2,94 (6)	-
	Остекление	2,76 (7)	Не проходит от собственного веса

Руководитель договора, старший преподаватель  
ВШПГидС ИСИ ФГАОУ ВО СПбПУ

Контактный телефон: +7 (911) 811-07-19

А.В. Галямичев

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

Экспертное заключение №1-23/03

Лист

71