

Технический отчет

Расчет несущей конструкции зданий FINHA серии 100

Рычков С.П.

Самара 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Исходные данные для расчёта	3
1.1 Общее описание	3
1.2 Единицы измерения	13
1.3 Применяемые материалы и ссылочные данные.....	13
1.4 Статические нагрузки.....	15
1.5 Сейсмические нагрузки	16
1.6 Расчетные сочетания нагрузок	17
Основные сочетания.....	17
Особые сочетания.....	17
1.7 Задание нагрузок и закреплений	17
2. анализ прочности.....	18
2.1 Расчетные модели рам.....	18
2.2 Рама А100, пролет 4.3 м.....	18
2.3 Рама Р100, пролет 2.0 м.....	21
2.4 Рама V100, пролет 3.0 м.....	24
2.5 Рама W100, пролет 2.4 м.....	26
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	27
Список использованных источников	28

ВВЕДЕНИЕ

Данный расчет выполнен для подтверждения соответствия характеристик прочности и устойчивости серии зданий FINHA-A100 с коннекторами требованиям строительных норм СП 64.13330.2017 “СНИП II-25-80. Деревянные конструкции”. Расчет проводится для нагрузок, соответствующих экстремальным условиям эксплуатации:

- ❑ снеговой район VIII ;
- ❑ ветровой район VII, тип местности С;
- ❑ сейсмичность площадки строительства 9 баллов при категории грунта I - IV;

Цель работы:

- Создание нагрузок в соответствии с нормами СНиП;
- Построение конечно-элементных моделей проектируемых зданий;
- Выполнение расчетов устойчивости и напряженно-деформированного состояния на заданные нагрузки;
- Формирование расчетных сочетаний усилий в соответствии с нормами СНиП;
- Определение запасов прочности

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА

1.1 Общее описание

Общий вид рам и зданий FINHA серии 100 на их основе приведен на рис. 1 - 12.

Каркас здания собирается из поперечных рам, выполненных из деревянных балок, которые соединяются друг с другом через коннекторы, и продольных балок. Каркас устанавливается на балки ростверка. Балки ростверка также изготавливаются из дерева.

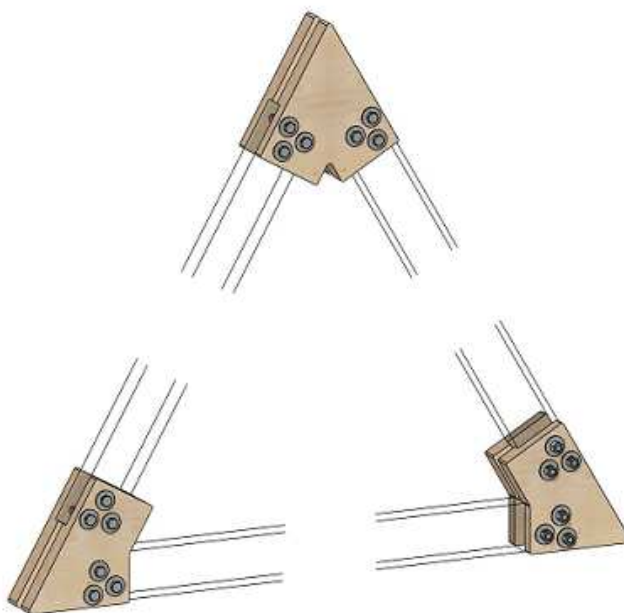


Рисунок 1. Коннекторы здания FINHA-A100

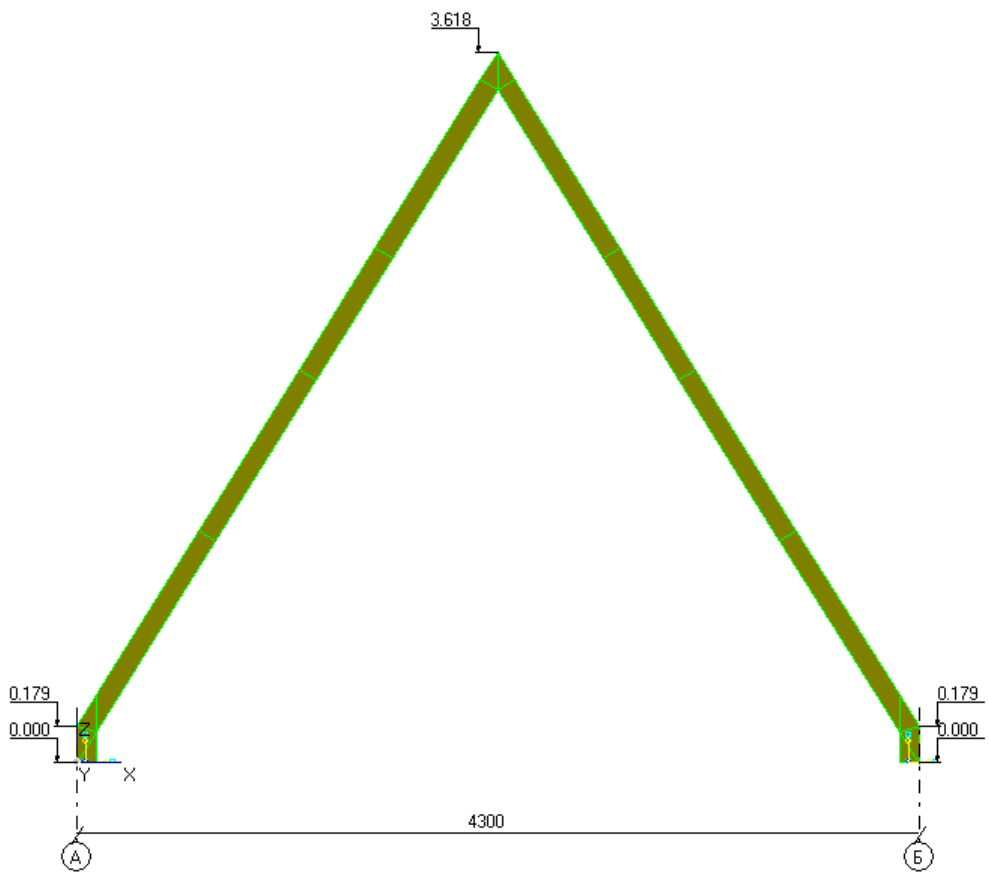


Рисунок 2. Рама здания FINHA-A100

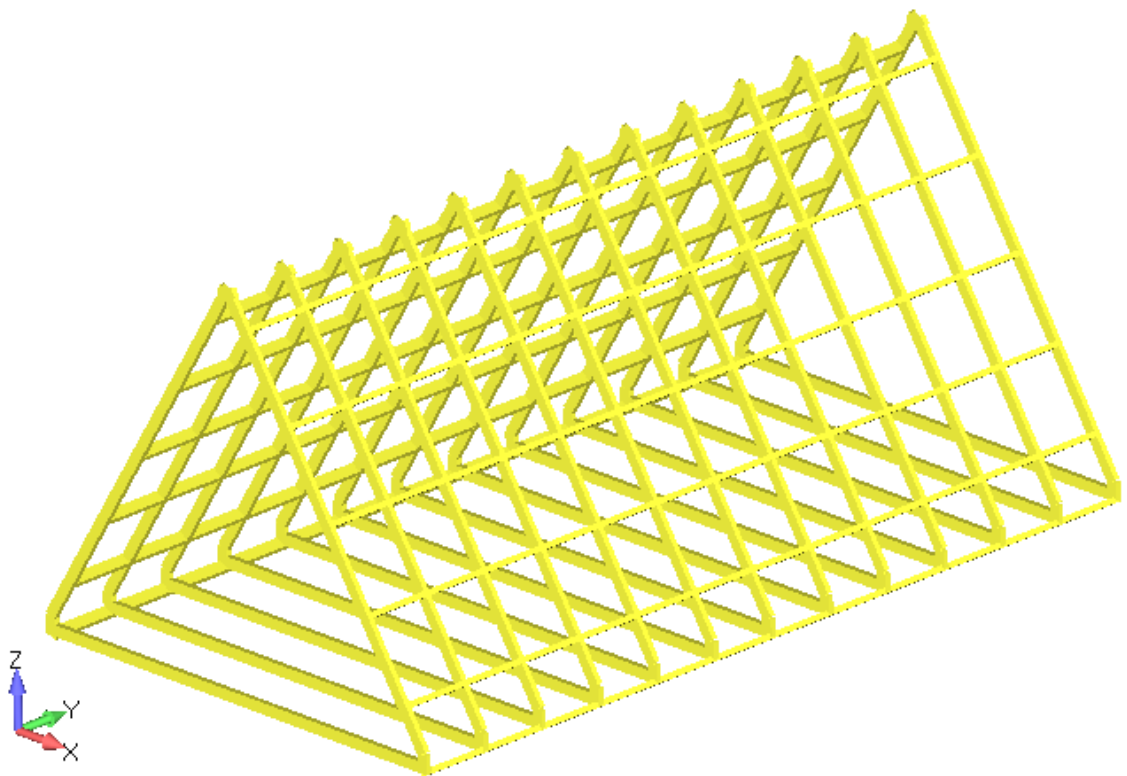


Рисунок 3. Общий вид каркаса здания FINHA-A100, ширина 4.3 м

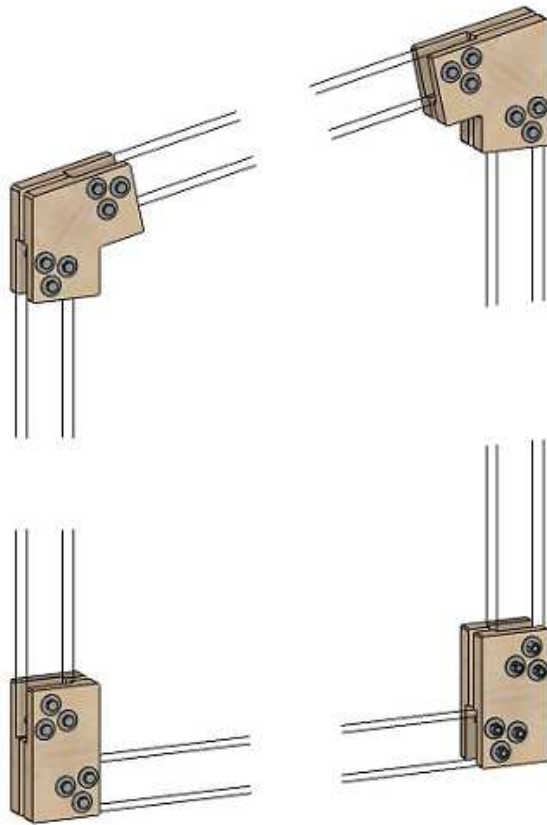


Рисунок 4. Коннекторы здания FINHA-P100

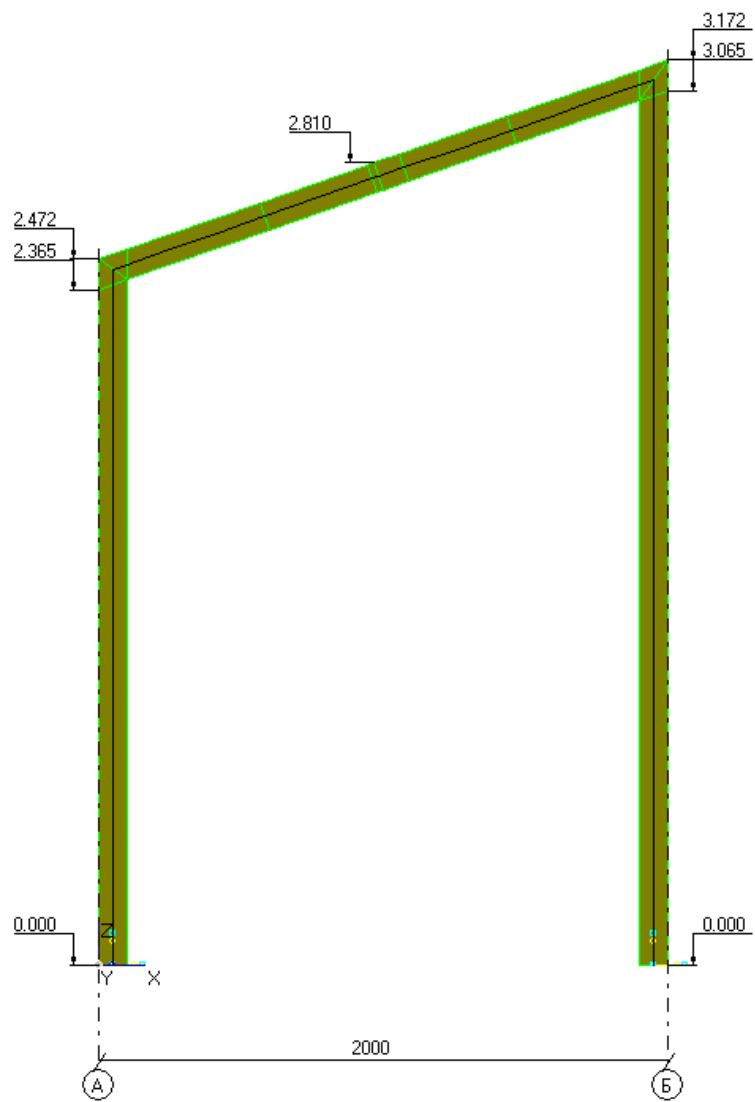


Рисунок 5. Рама здания FINHA-P100

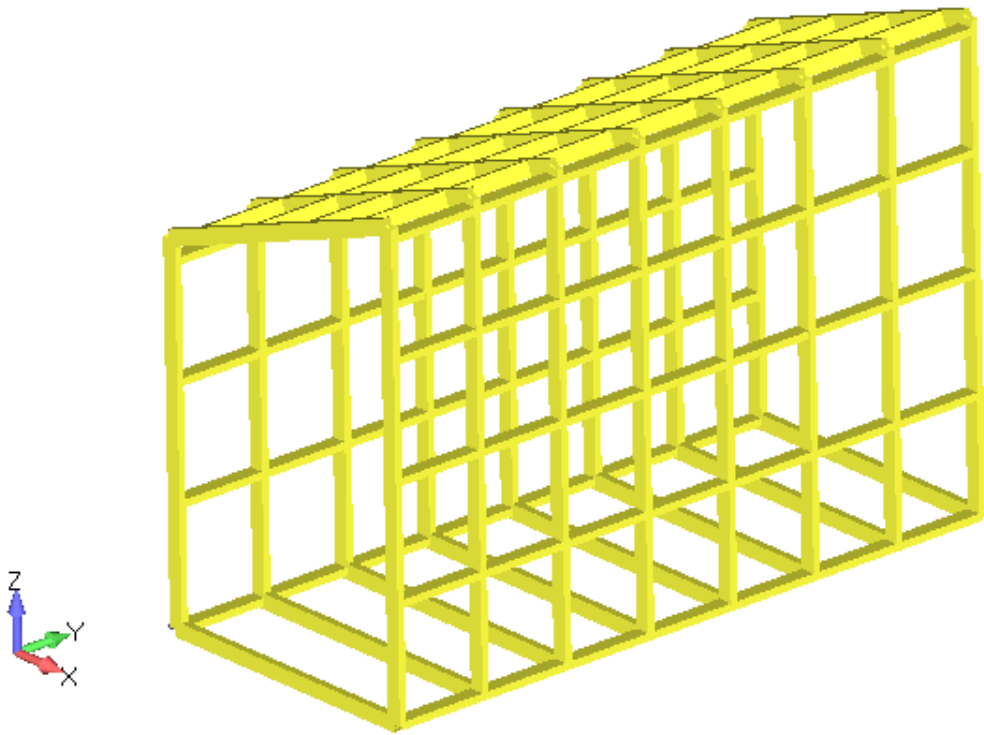


Рисунок 6. Общий вид каркаса односкатного здания FINHA-P100, ширина 2 м

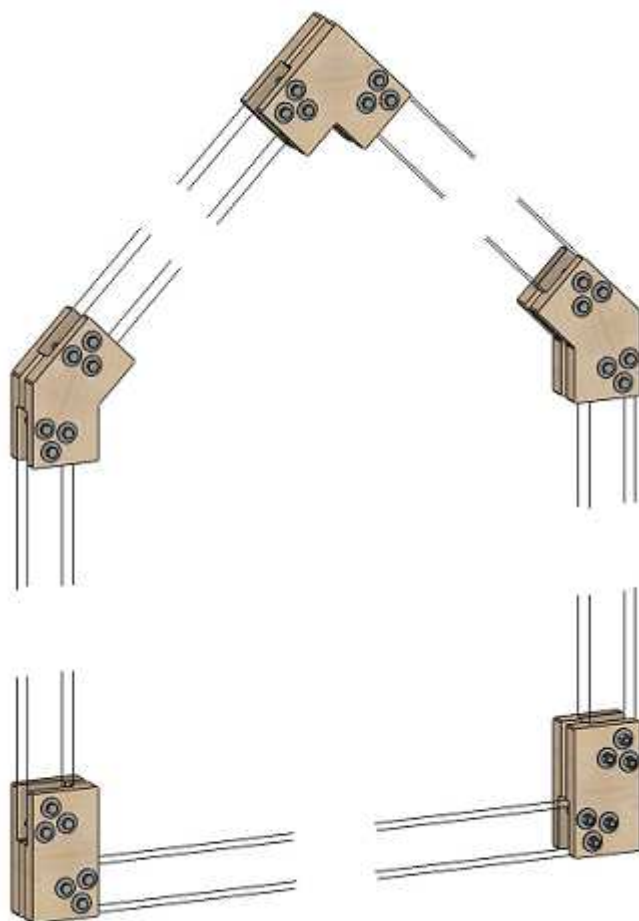


Рисунок 7. Коннекторы здания FINHA-V100

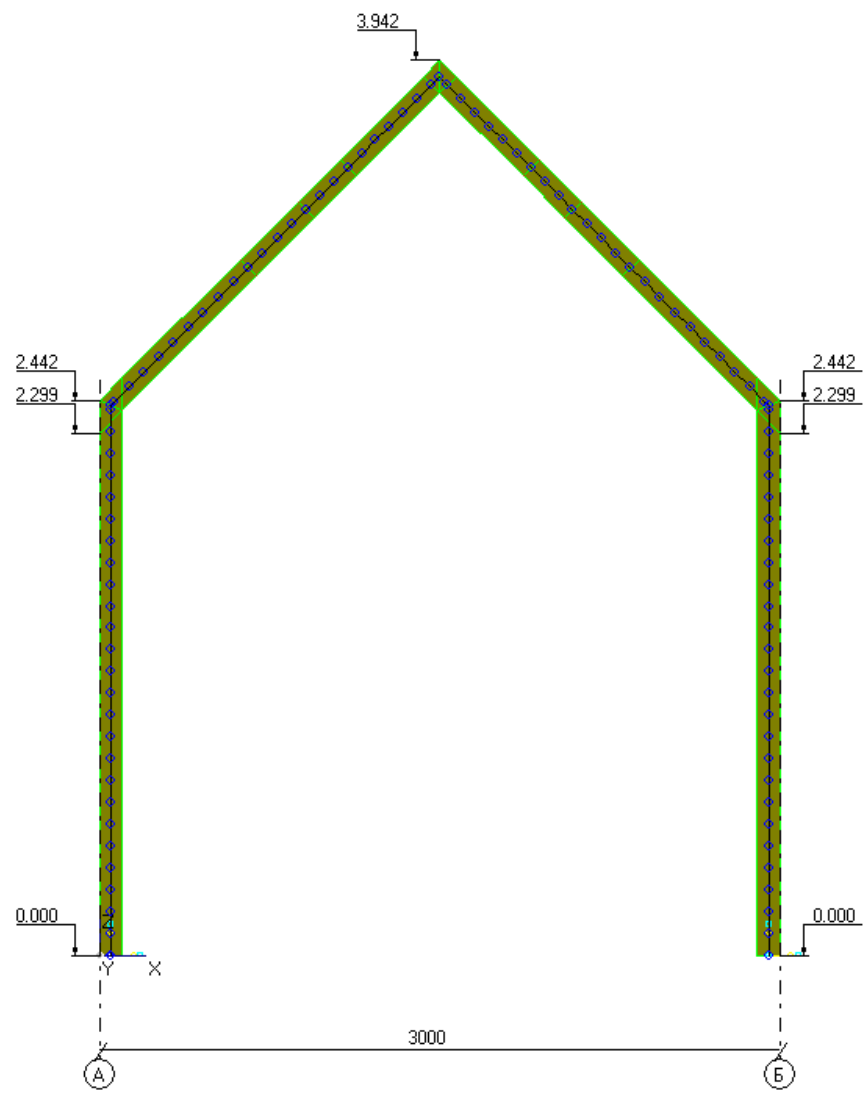


Рисунок 8. Рама здания FINHA-V100

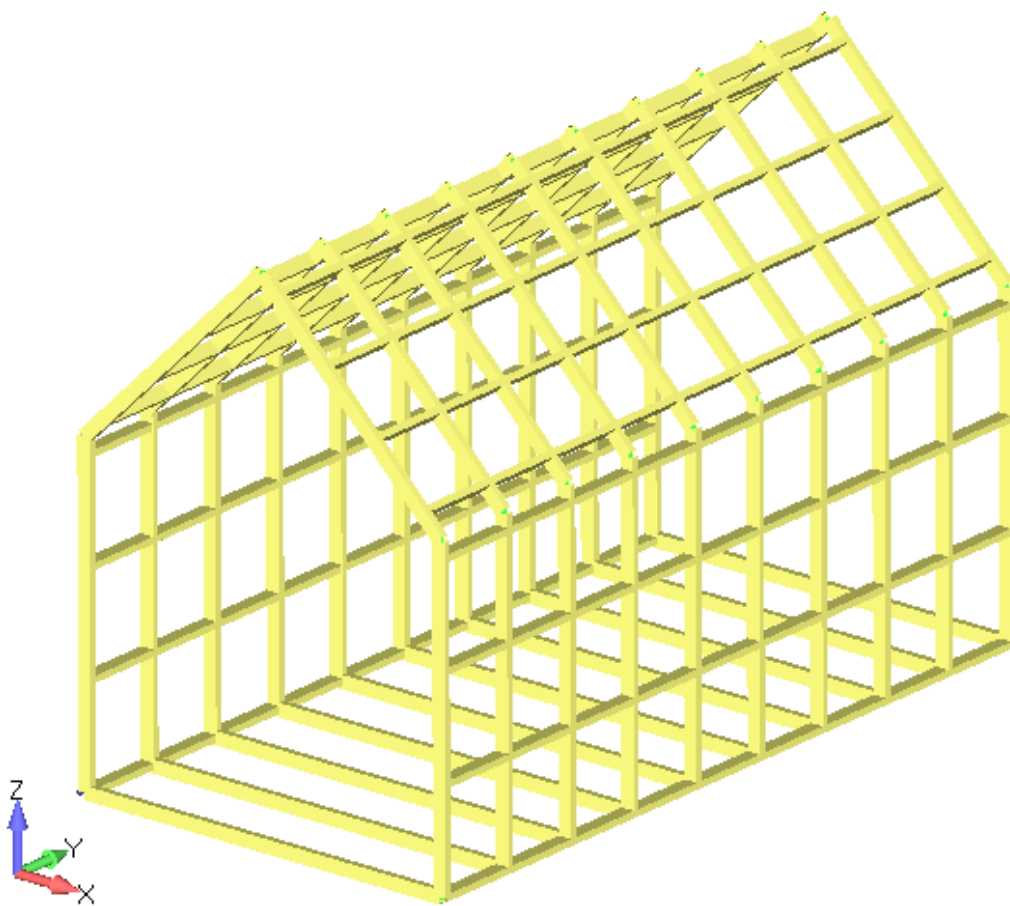


Рисунок 9. Общий вид каркаса двускатного здания FINHA-V100, ширина рамы 3 м, уклон 45 град.

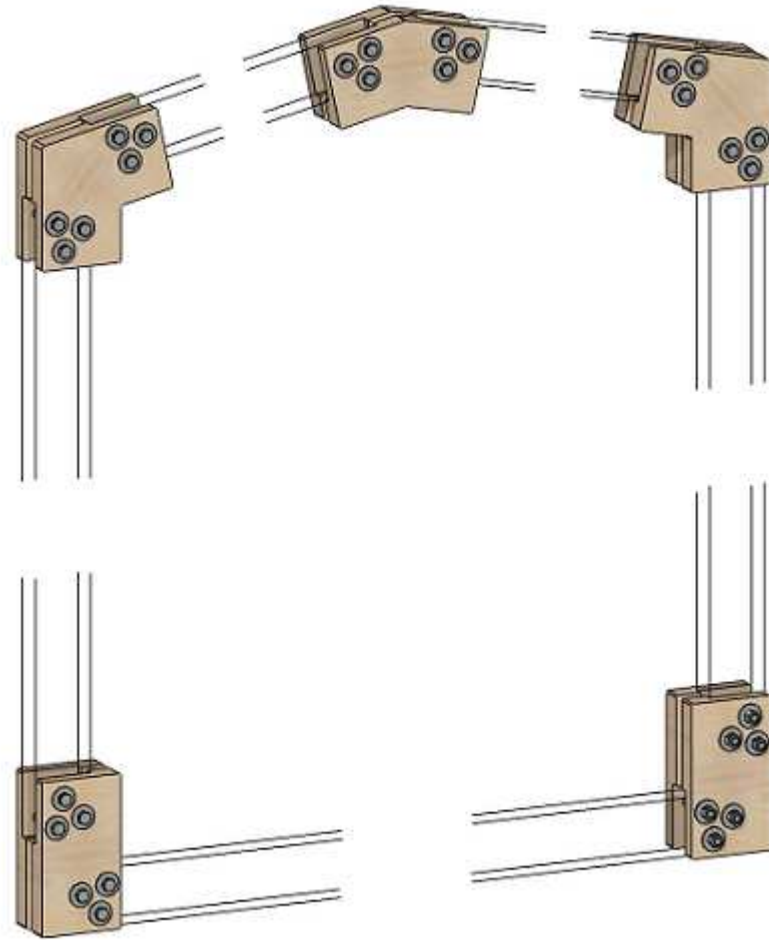


Рисунок 10. Коннекторы здания FINHA-W100

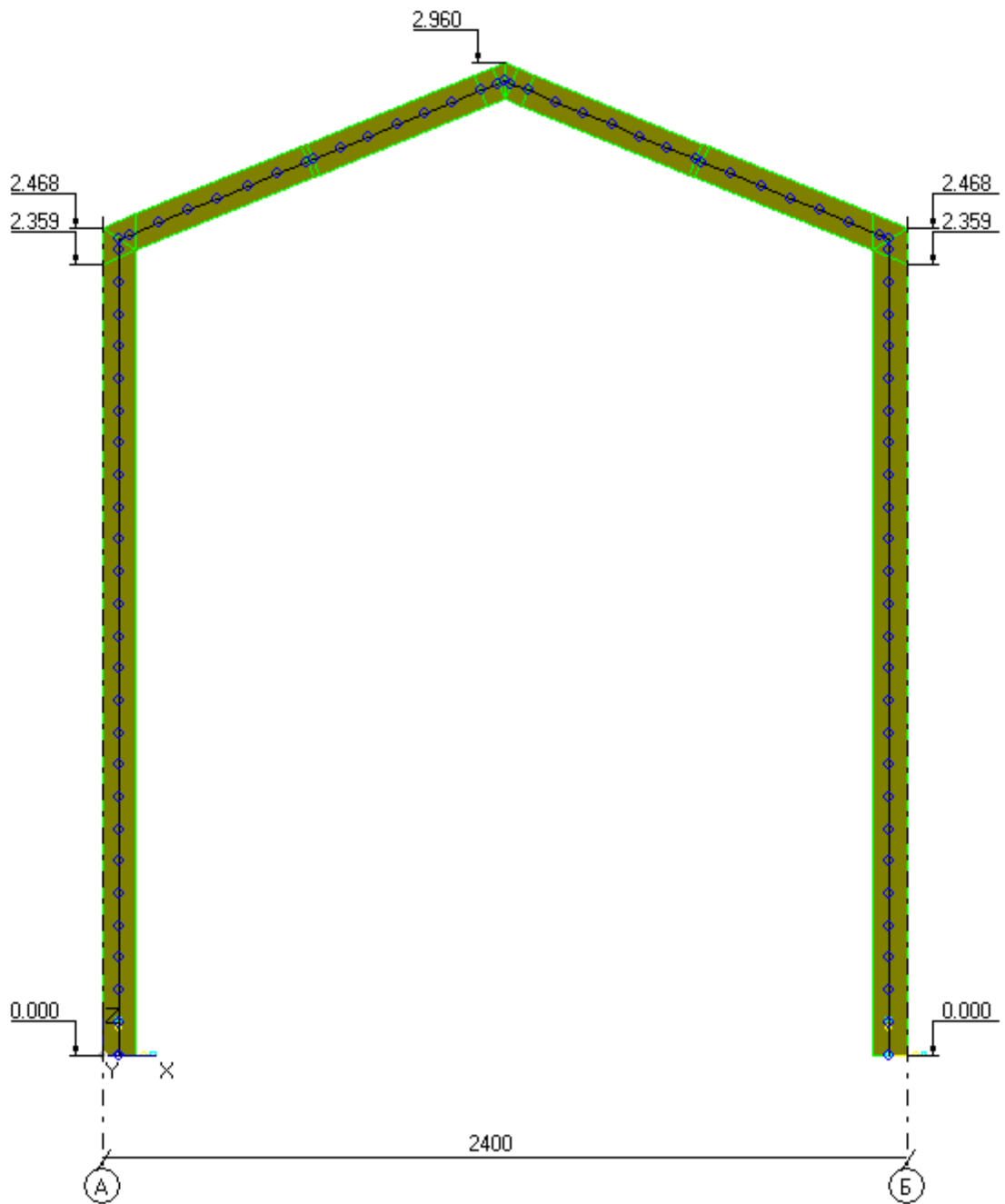


Рисунок 11. Рама здания FINHA-W100

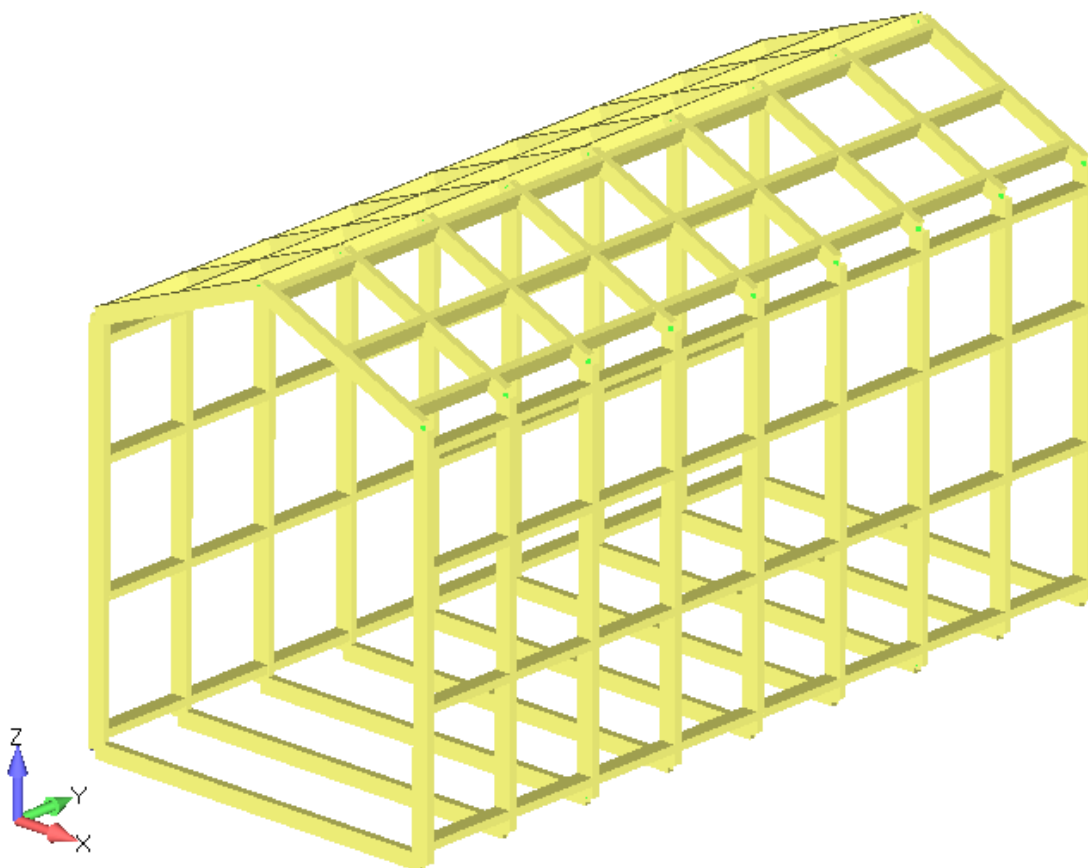


Рисунок 12. Общий вид каркаса двускатного здания FINHA-W100, ширина рамы 2.4 м, уклон 22.3 град.

1.2 Единицы измерения

В данном расчете применяются следующие единицы измерения:

- Сила – Н;
- Длина – мм;
- Напряжение – МПа;

1.3 Применяемые материалы и ссылочные данные

Древесина, сорт 1, табл. 3 [1] :

- $R_u^A = R_{сж}^A = 24$ МПа;
- $R_p^A = 15$ МПа;

Расчетное сопротивление определяется по формуле 1 [1]

$$R^p = R^A \cdot m_{дл} \cdot \Pi m_i$$

Коэффициент длительной прочности $m_{дл}$ принимается по табл 4 [1]

- $m_{дл} = 0.66$ - при совместном действии постоянной и кратковременной снеговой нагрузки;

- $m_{dl} = 0.92$ - при совместном действии постоянной и сейсмической нагрузки.

Коэффициенты условий работы п.6.9 [1]:

- $m_b = 0.9$ по табл. 9;
- $m_t = 1.0$;
- $m_{cl} = 1.0$ по табл. 11;
- $m_{cc} = 1.0$ по табл. 13 ;

$$\Pi m_i = m_b \cdot m_t \cdot m \cdot m_{cc} = 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.9$$

Расчетные сопротивления при изгибе и сжатии:

- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 24 \cdot 0.66 \cdot 0.9 = 14$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки;
- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 24 \cdot 0.92 \cdot 0.9 = 20$ МПа - при совместном действии постоянной и сейсмической нагрузки.

Расчетные сопротивления при растяжении:

- $R_p^A = 15 \cdot 0.66 \cdot 0.9 = 8.9$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки
- $R_p^A = 15 \cdot 0.92 \cdot 0.9 = 12.4$ МПа - при совместном действии постоянной и сейсмической нагрузки

Расчетные сопротивления смятию:

- вдоль волокон $R_{см0}^A = R_{изг}^A = 14$ МПа;
- поперек волокон $R_{см90}^A = 4.5$ МПа.
- при нагружении под углом 45 град ., ф.6[1]:

$$R_{см45}^A = R_{см0}^A / (1 + (R_{см0}^A / R_{см90}^A - 1) \cdot \sin^3 45) = 8.0 \text{ МПа}$$

Фанера:

Расчетные сопротивления:

- $R^A = 14$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки;
- $R^A = 20$ МПа - при совместном действии постоянной и сейсмической нагрузки.

Расчетные сопротивления смятию:

- $R_{см}^A = R_{изг}^A = 14$ МПа;

Расчет выполняется для группы статических нагружений и группы сейсмических нагружений, на основе которых формируются расчетные сочетания усилий.

1.4 Статические нагрузки

1. Собственный вес здания (**weight**), постоянное нагружение.

Нагрузки от собственного веса задаются ускорением вдоль вертикальной оси

$$a = g \cdot \gamma_{Gf}.$$

где

$$g = 9810 \text{ мм/сек}^2, \gamma_{Gf} = 1.2 \text{ – коэффициент надежности по нагрузке.}$$

2. Вес нагрузки на балки пола (**load**), временное нагружение;

Величина нагрузки принимается в соответствии с п. 8.2.2 и табл. 8.3 [2]:

$$q = P_1 \cdot \gamma_f = 0.0015 \cdot 1.3 = 0.00195 \text{ МПа,}$$

Здесь $P_1 = 0.0015 \text{ МПа}$ – нормативное значение равномерно распределенной нагрузки;

$$\gamma_f = 1.3 \text{ – коэффициент надежности по нагрузке.}$$

3. Снеговые нагрузки Снег слева (**snow_left**) и Снег справа (**snow_right**), кратковременные нагружения;

Нормативное значение снеговой нагрузки, п.10 [2]

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g$$

Здесь

$$c_e = 1.0 \text{ – коэффициент сноса снега, принимается в соответствии с 10.6 [2];}$$

$$c_t = 1.0 \text{ – термический коэффициент;}$$

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4 [2];

$$\mu = 1.0 \text{ – для угла наклона кровли до 30 град;}$$

$$\mu = 0.5 \text{ – для угла наклона кровли 45 град;}$$

Для углов больше 45 град. принимается в запас $\mu = 0.5$;

$S_g = 4.0 \text{ кН/м}^2$ – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 для снегового района VIII.

Расчетное значение снеговой нагрузки:

$$S = S_0 \cdot \gamma_{Sf},$$

$$\gamma_{Sf} = 1.4 \text{ – коэффициент надежности по снеговой нагрузке}$$

4. Ветровые нагрузки, кратковременные загрузки:

Нормативное значение ветрового давления принимается по п.11.1.4 [2] для ветрового района VII:

$$w_0 = 0.85 \text{ кН/м}^2;$$

$\gamma_{wf} = 1.4$ – коэффициент надежности по ветровой нагрузке.

1.5 Сейсмические нагрузки

- Горизонтальное воздействие в направлении поперечной оси (**Quake X**)
- Горизонтальное воздействие в направлении продольной оси (**Quake Y**)
- Вертикальное воздействие (**Quake Z**)

Параметры сейсмической нагрузки принимаются при расчетной сейсмичности района 9 баллов, категория грунта II.

Расчетная сейсмическая нагрузка по направлению обобщенной координаты с номером j , приложенная к узлу k расчетной модели и соответствующая i -й форме собственных колебаний зданий или сооружений, определяется по формуле:

$$S_{ik}^j = K_0 \cdot K_1 \cdot S_{0ik}^j$$

- $K_0 = 0.8$ - коэффициент, учитывающий назначение сооружения и его ответственность, принимаемый по таблице 3 [3];
- $K_1 = 0.15$ - коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по таблице 4 [3];

S_{0ik}^j - значение сейсмической нагрузки для i -й формы собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций по формуле:

$$S_{0ik}^j = m_k^j \cdot A \cdot K_\psi \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik}^j.$$

Здесь

m_k^j - масса здания или момент инерции соответствующей массы здания, отнесенные к узлу k по обобщенной координате j ;

- $K_\psi = 1.3$ - коэффициент, учитывающий способность здания к рассеиванию энергии колебаний при горизонтальном воздействии, принимаемый по таблице 5.
- $A = 4 \text{ м/сек}^2$ - значение ускорения в уровне основания при расчетной сейсмичности района 9 баллов, категория грунта II;

η_{ik}^j - коэффициент, зависящий от формы деформации здания при его собственных колебаниях по i -й форме;

β_i - коэффициент динамичности, соответствующий периоду колебаний по i -й собственной форме, принимаемый в соответствии с п. 5.6 [3], для грунта категории III (принимается в запас), рисунок 6.

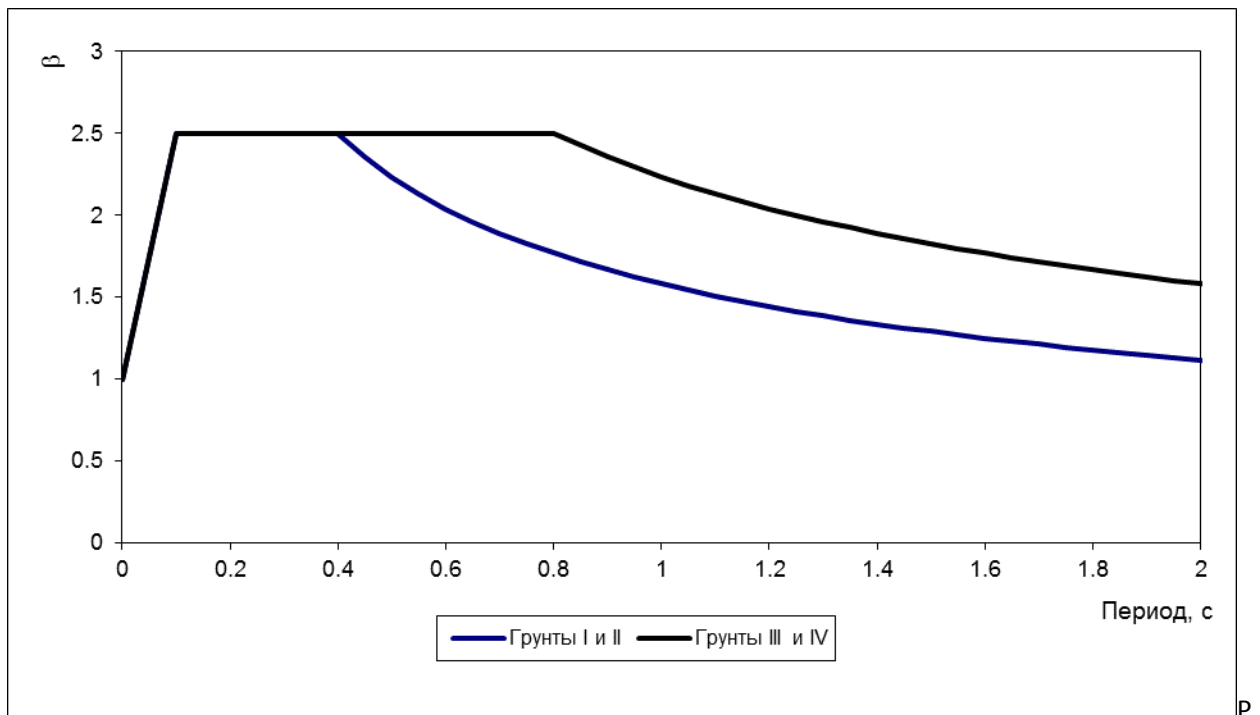


Рисунок 13. Спектрограмма коэффициентов динамичности

1.6 Расчетные сочетания нагрузок

Коэффициенты в сочетаниях нагрузок принимаются в соответствии с п. 6.2, 6.3, 6.4 [2] и п. 5.1 [3]

Основные сочетания

1. weight + load + snow_left + snow_right
2. weight + load + snow_left + snow_right + 0.9*wind_left
3. weight + load + snow_left + snow_right + 0.9*wind_tor

Особые сочетания

1. Quake X + 0.9*Weight + 0.8*load + 0.5*snow_left + 0.5*snow_right
2. Quake Y + 0.9*Weight + 0.8*load + 0.5*snow_left + 0.5*snow_right
3. Quake Z + 0.9*Weight + 0.8*load + 0.5*snow_left + 0.5*snow_right
4. Quake X + 0.75*Quake Z + 0.9*Weight + 0.8*load + 0.5*snow_left + 0.5*snow_right
5. Quake Y + 0.75*Quake Z + 0.9*Weight + 0.8*load + 0.5*snow_left + 0.5*snow_right

1.7 Задание нагрузок и закреплений

Статические нагрузки от веса (**Weight**) задаются в виде ускорения $g = -9810 \cdot 1.2 = -11770$ мм/сек², (с учетом $\gamma_{Gf} = 1.2$) по оси координат Z.

Снеговые и ветровые нагрузки задаются в виде распределенных нагрузок, приложенных к ригелям и стойкам.

Сейсмические нагрузки задаются спектрограммой коэффициентов динамичности, см. рис. 6, амплитудой A и коэффициентами K_0, K_1, K_ψ .

Здания шарнирно закрепляются в точках опирания на сваи.

2. АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ

2.1 Расчетные модели рам

Рамы моделируются элементами типа *Beam* сечения 100*50 мм. Коннекторы не моделируются. Их прочность, как было показано в расчете [4], выше чем прочность досок.

2.2 Рама А100, пролет 4.3 м

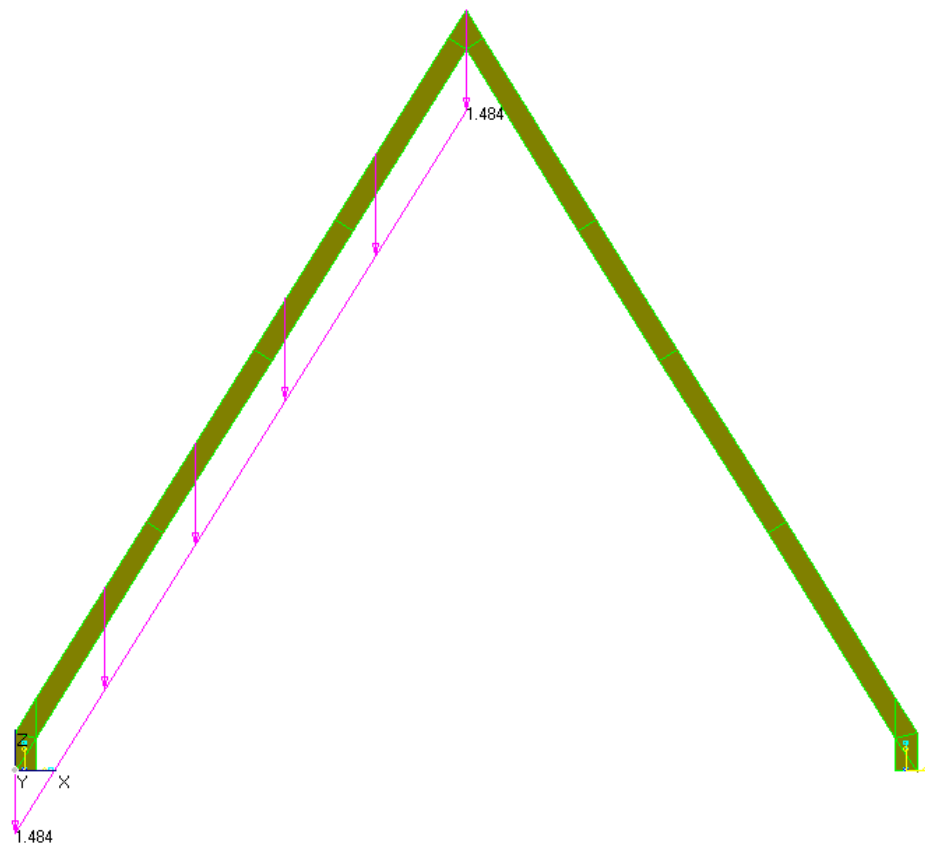


Рисунок 14. Рама А100, снеговая нагрузка слева, кН/м²

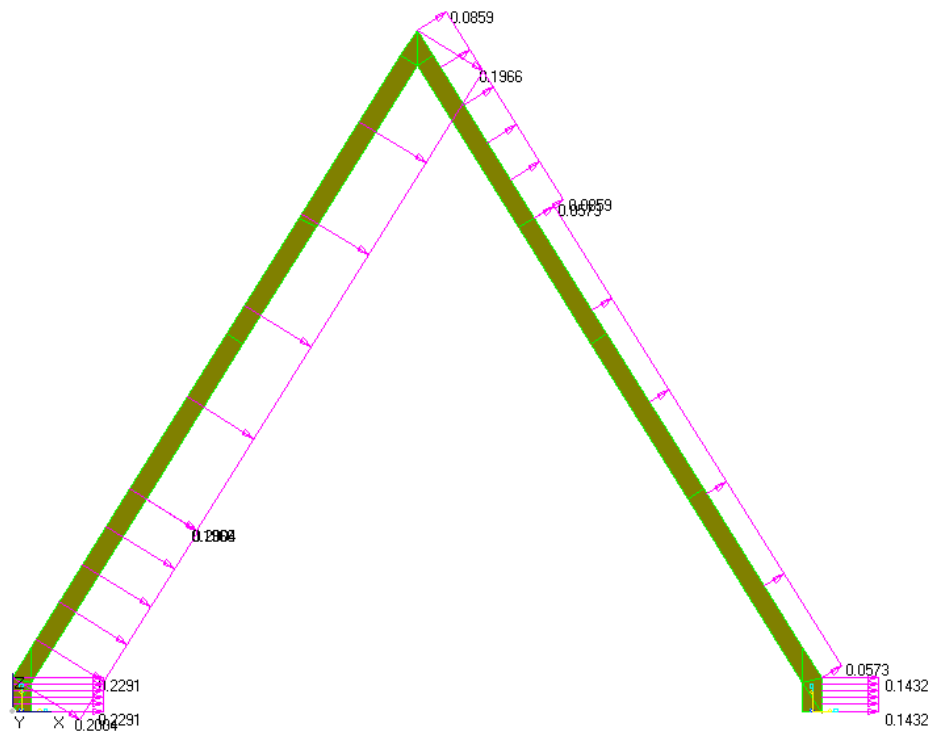


Рисунок 15. Рама А100, ветровая нагрузка слева, кН/м²

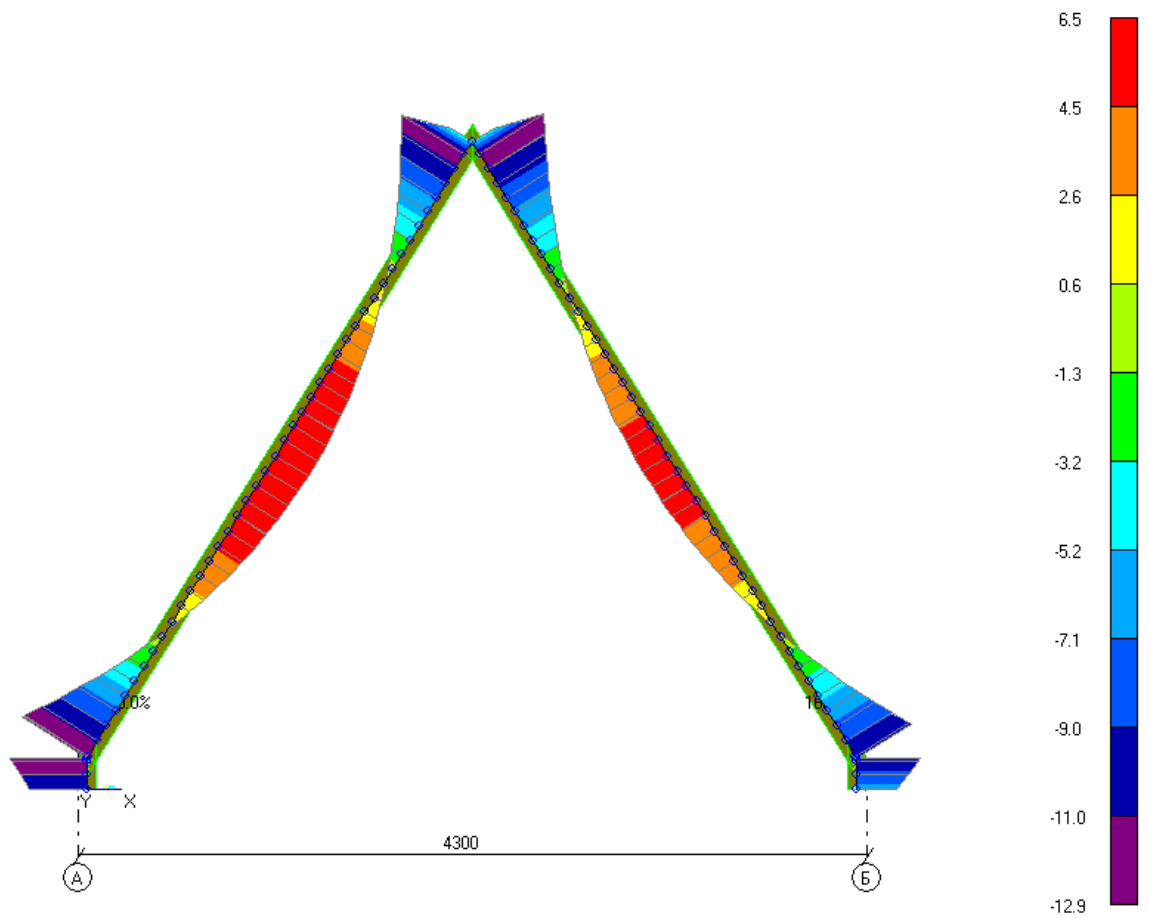


Рисунок 16. Рама А100, максимальные напряжения в основных сочетаниях нагрузок, МПа

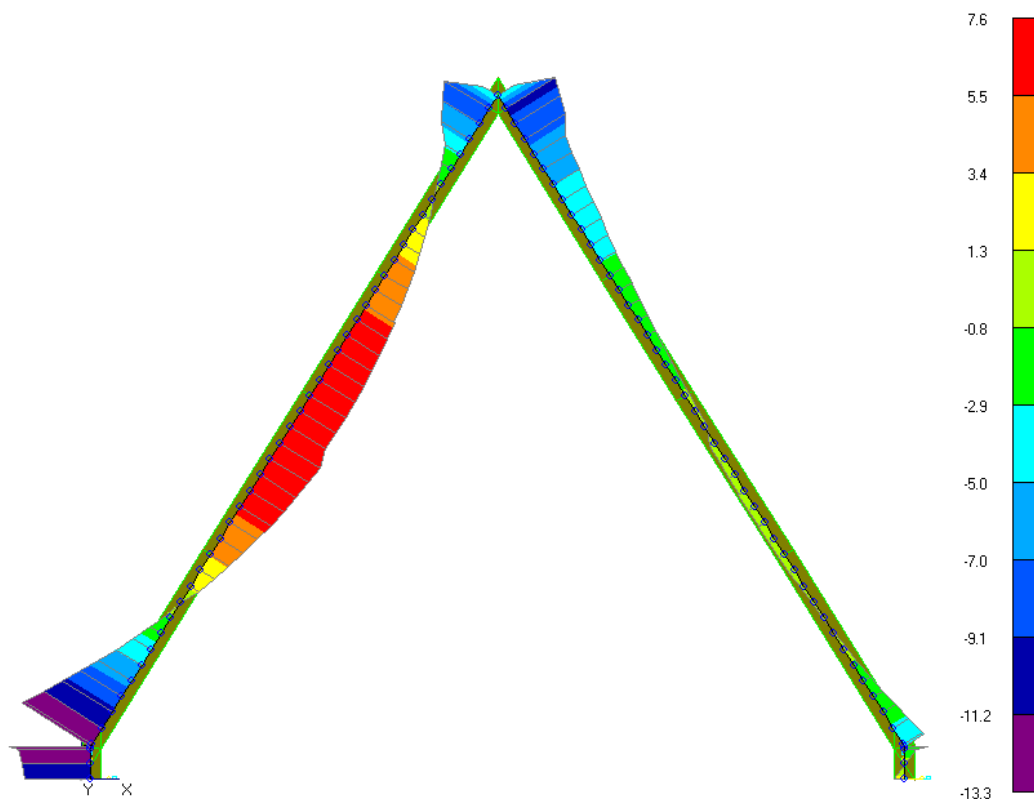


Рисунок 17. Рама А100, максимальные напряжения в особых сочетаниях нагрузок, МПа

Основные сочетания нагрузок

Расчетные сопротивления при изгибе и сжатии:

- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 14$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки

Наибольшие изгибные напряжения в элементах рам: $\sigma_{max} = 12.9$ МПа, рис. 16,

- Коэффициент запаса $\eta = R_p^A / \sigma_{max} = 14/12.9 = 1.09$
- Коэффициент использования материала $f = 1/\eta = 0.92$

Особые сочетания

Расчетные сопротивления при изгибе и сжатии:

- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 20$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки

Наибольшие изгибные напряжения в элементах рам: $\sigma_{max} = 13.3$ МПа, рис. 17,

- Коэффициент запаса $\eta = R_p^A / \sigma_{max} = 20/13.3 = 1.5$
- Коэффициент использования материала $f = 1/\eta = 0.67$

2.3 Рама P100, пролет 2.0 м

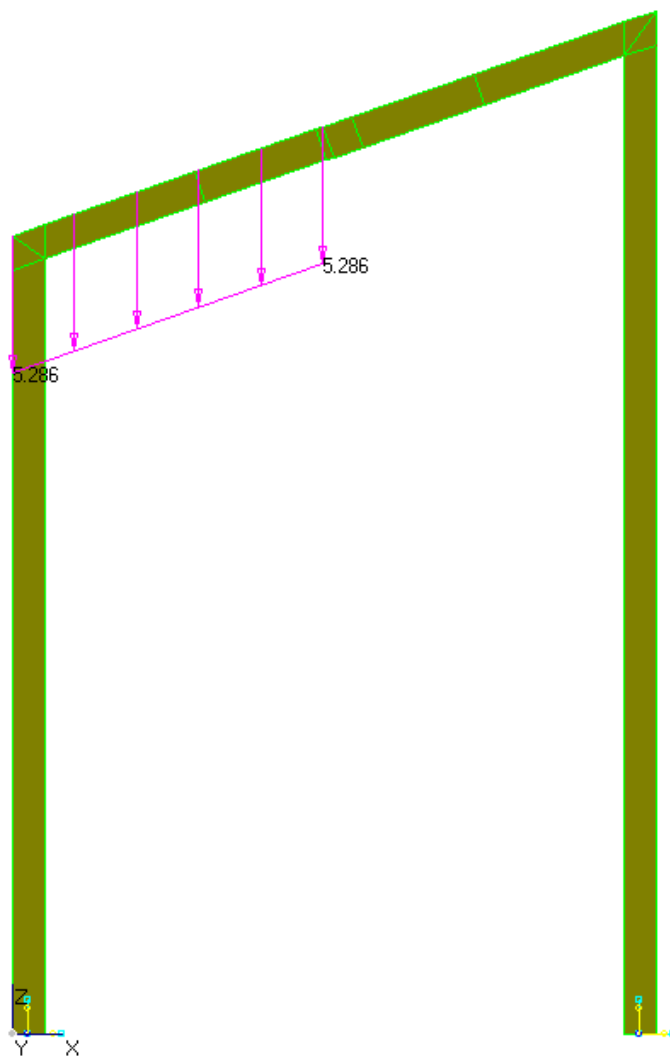


Рисунок 18. Рама P100, снеговая нагрузка слева, кН/м²

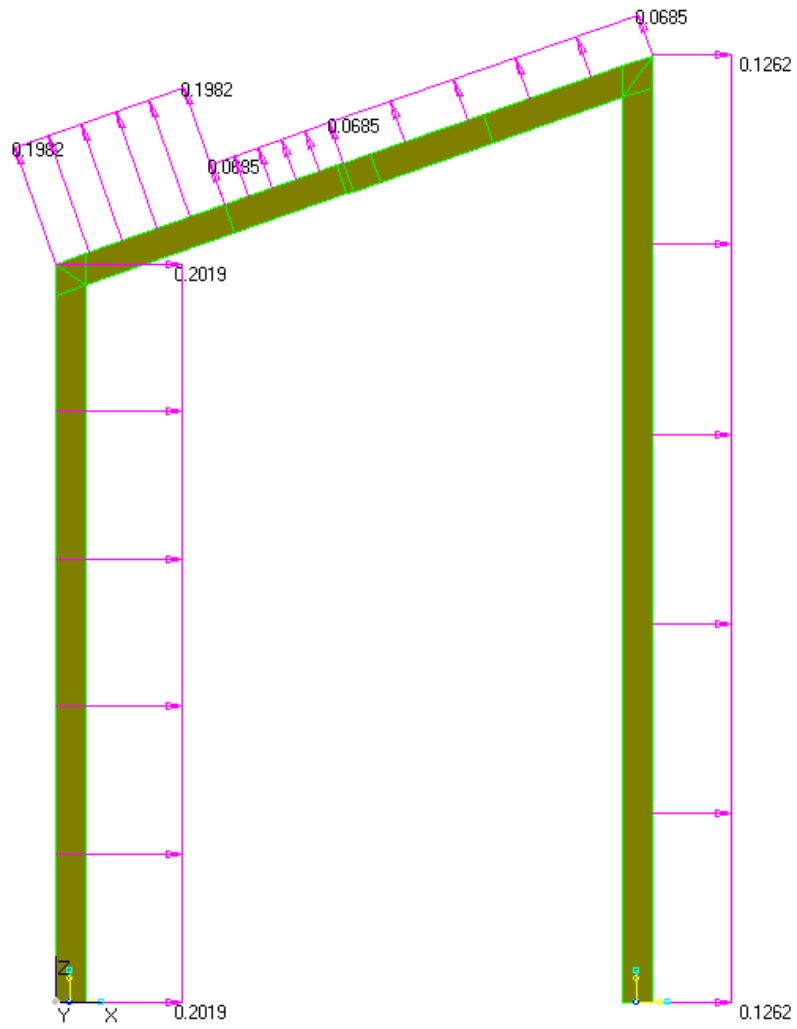


Рисунок 19. Рама P100, ветровая нагрузка слева, кН/м²

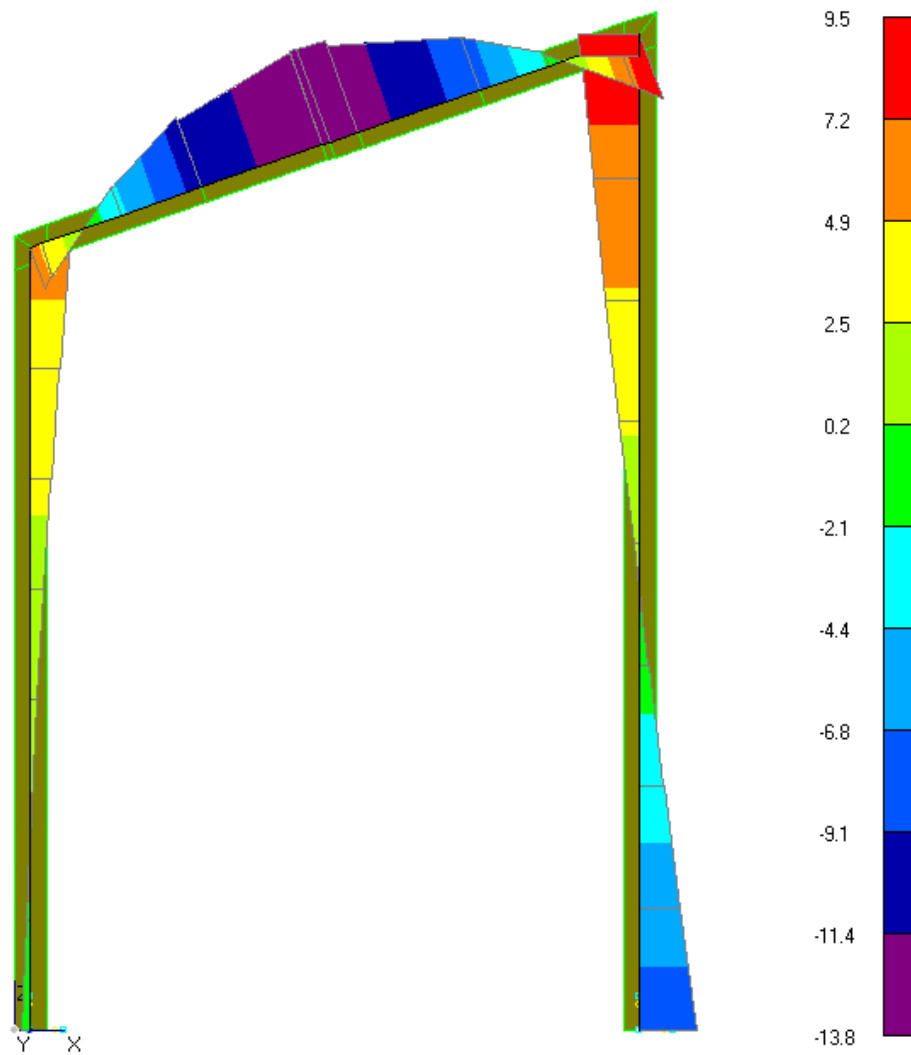


Рисунок 20. Рама P100, максимальные напряжения в основных сочетаниях нагрузок, МПа

Основные сочетания нагрузок

Расчетные сопротивления при изгибе и сжатии:

- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 14$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки

Наибольшие изгибные напряжения в элементах рам: $\sigma_{max} = 13.8$ МПа, рис. 20,

- Коэффициент запаса $\eta = R_p^A / \sigma_{max} = 14/13.8 = 1.01$
- Коэффициент использования материала $f = 1/\eta = 0.99$

2.4 Рама V100, пролет 3.0 м

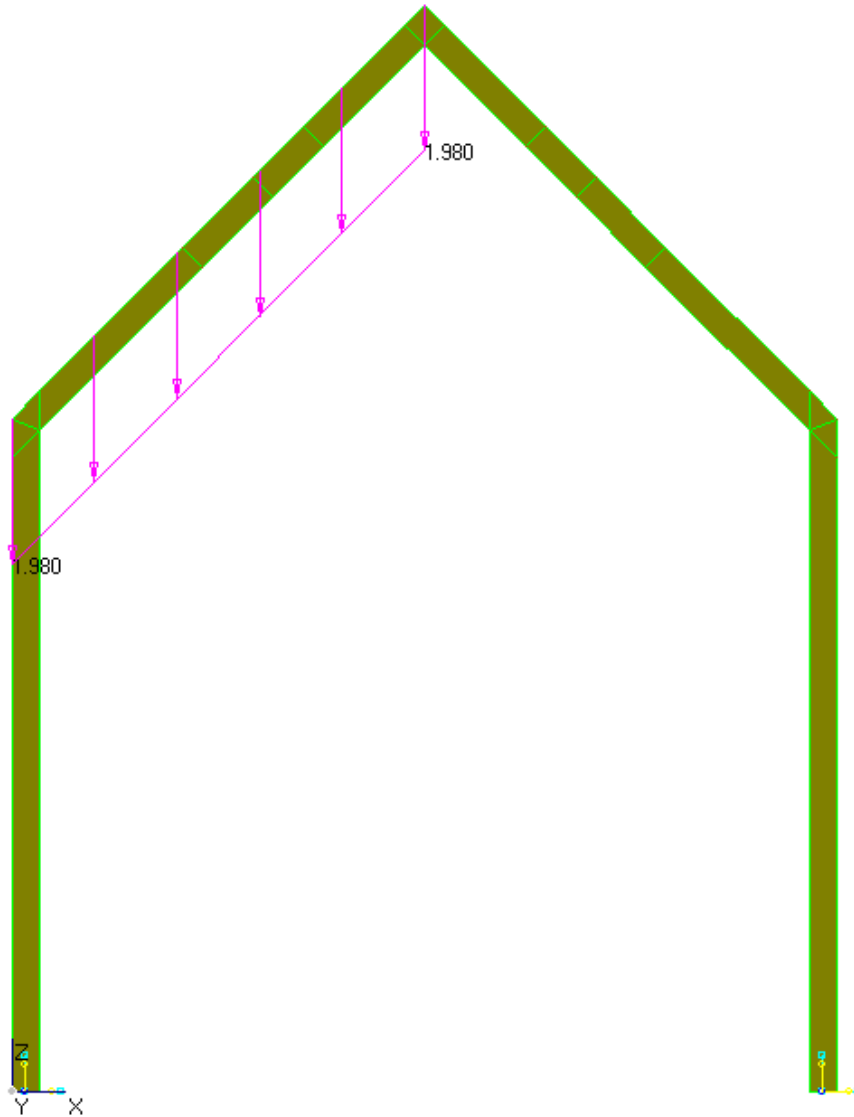


Рисунок 21. Рама V100, снеговая нагрузка слева, кН/м²

Расчетные сопротивления при изгибе и сжатии:

- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 14$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки

Наибольшие изгибные напряжения в элементах рам: $\sigma_{max} = 13.7$ МПа, рис. 22,

- Коэффициент запаса $\eta = R_p^A / \sigma_{max} = 14/13.7 = 1.02$
- Коэффициент использования материала $f = 1/\eta = 0.98$

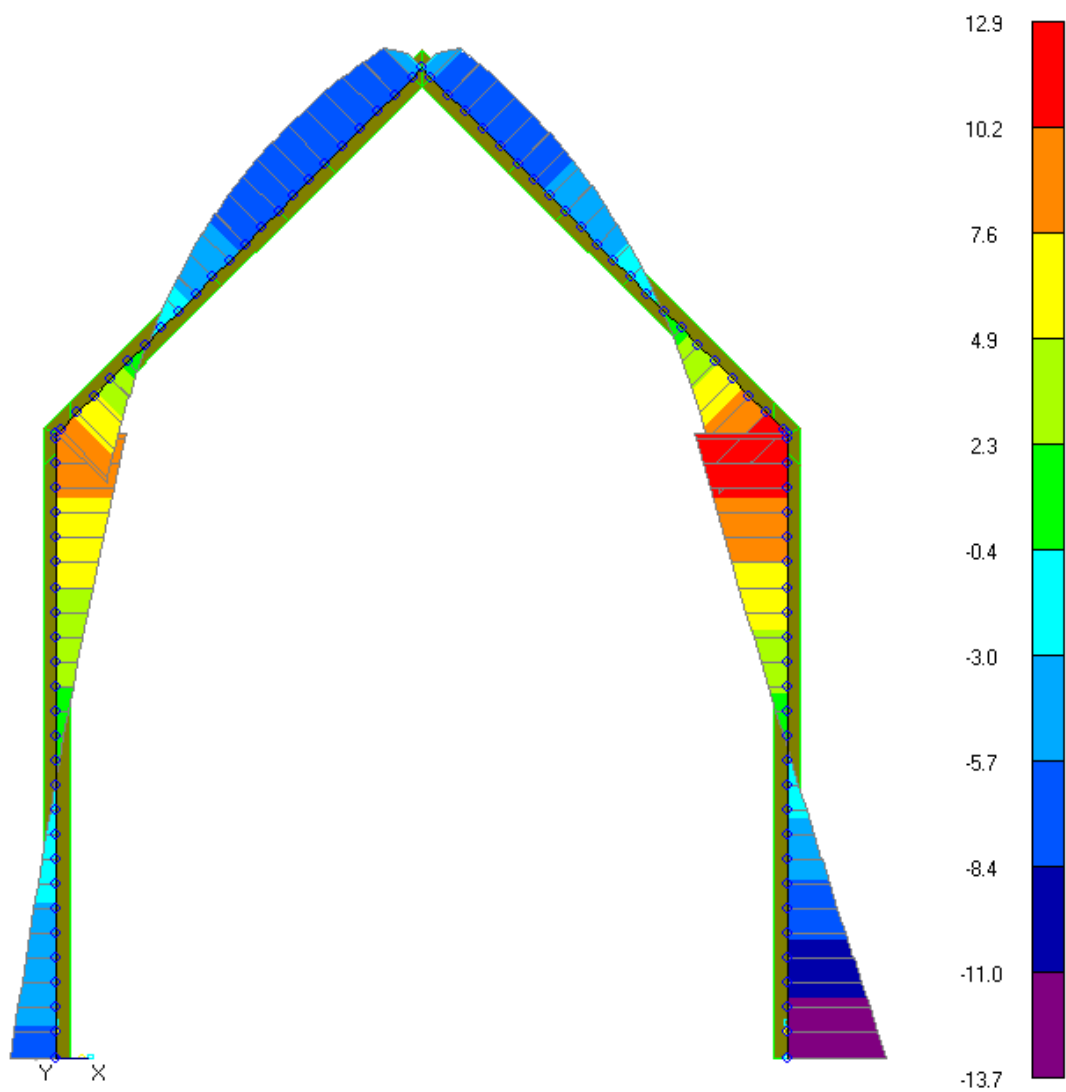


Рисунок 22. Рама V100, максимальные напряжения в основных сочетаниях нагрузок, МПа

2.5 Рама W100, пролет 2.4 м

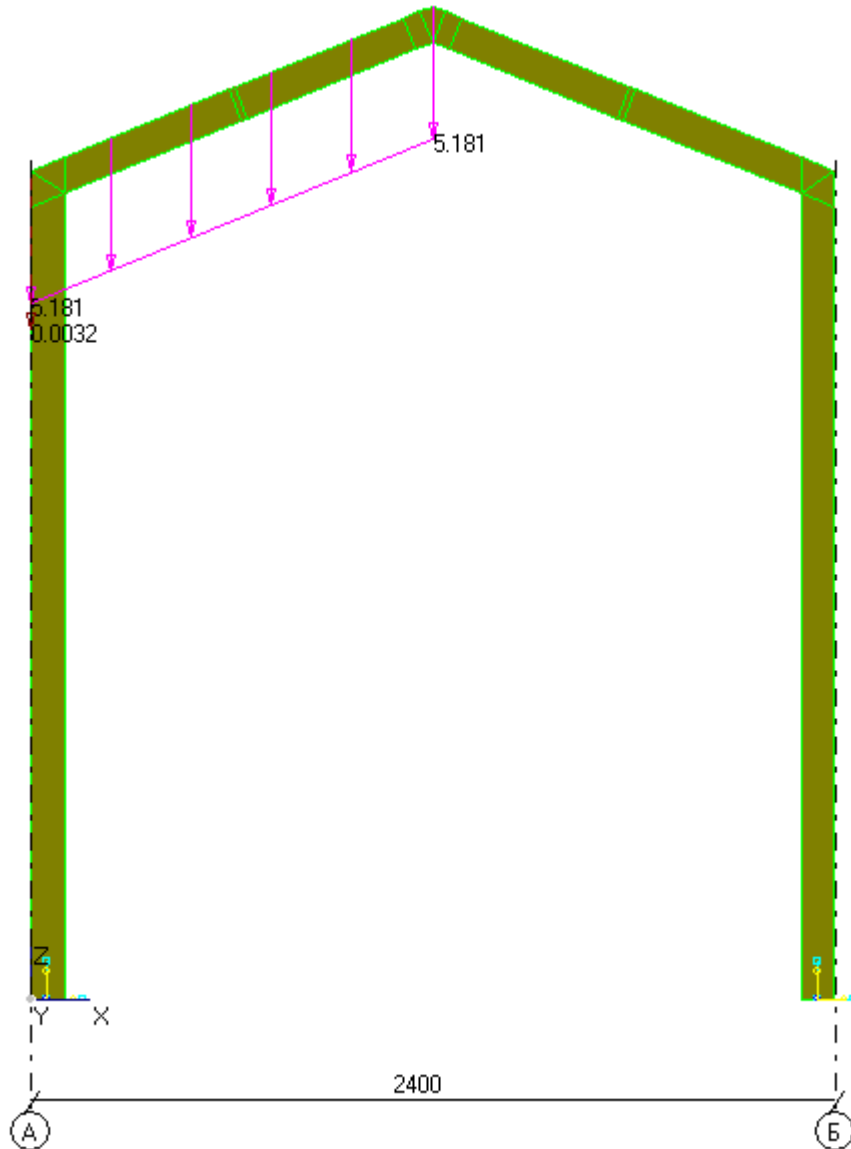


Рисунок 23. Рама V100, снеговая нагрузка слева, кН/м²

Расчетные сопротивления при изгибе и сжатии:

- $R_{изг}^A = R_{сж}^A = 14$ МПа - при совместном действии постоянной и кратковременной нагрузки

Наибольшие изгибные напряжения в элементах рам: $\sigma_{max} = 14$ МПа, рис. 22,

- Коэффициент запаса $\eta = R_p^A / \sigma_{max} = 14/14 = 1.0$
- Коэффициент использования материала $f = 1/\eta = 1.0$

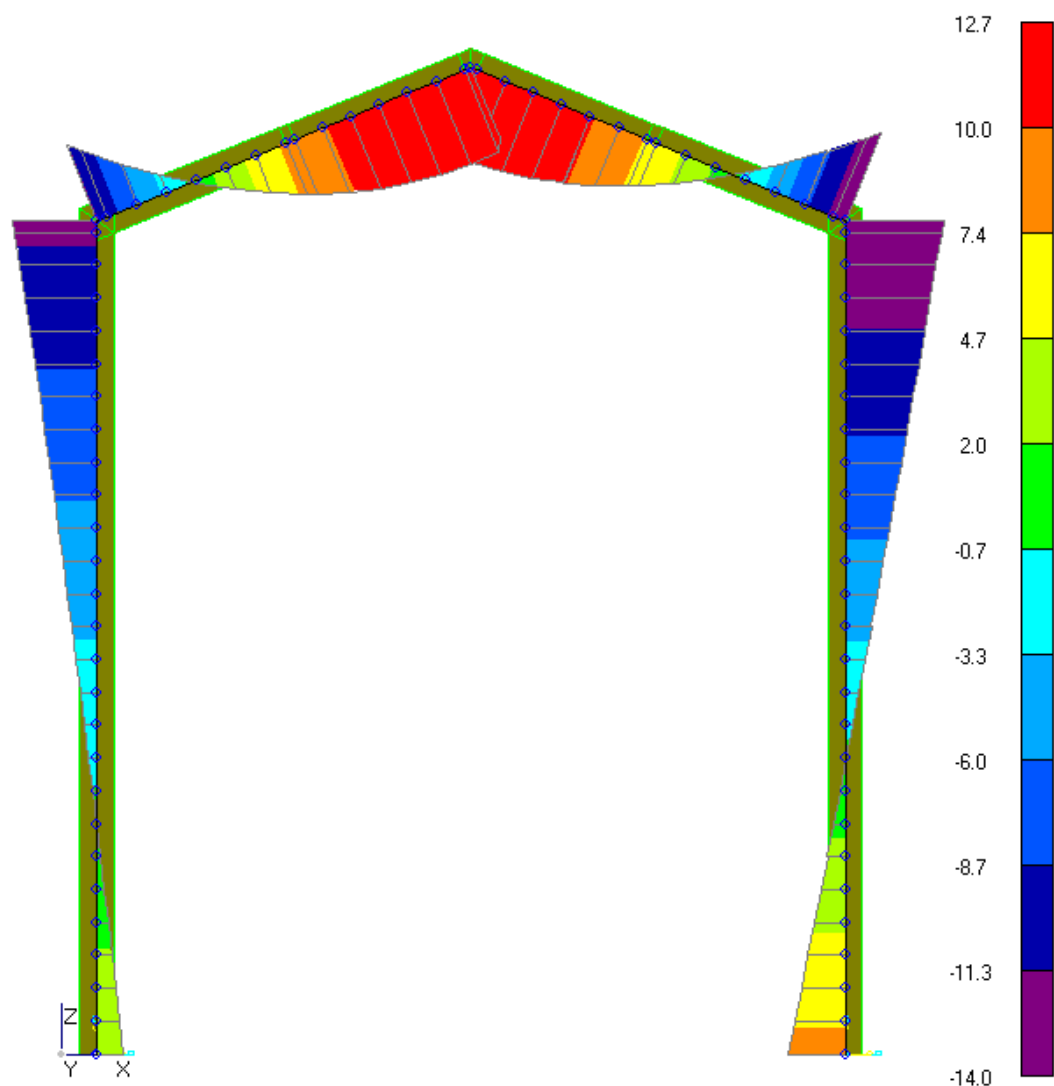


Рисунок 24. Рама V100, максимальные напряжения в основных сочетаниях нагрузок, МПа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчет на экстремальные условия эксплуатации показал, что конструкция зданий FINHA серии 100 удовлетворяет требованиям строительных норм СП 64.13330.2017 “СНиП II-25-80. Деревянные конструкции”.

Требуемый запас прочности зданий обеспечен при ширине рам, указанных в табл.1.

Табл. 1.

Шифр рамы	Ширина здания, м
A100	4.3
P100	2.0
V100	3.0
W100	2.4

Наибольшее влияние на напряженное состояние каркаса оказывают снеговые нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 64.13330.2017 СНиП II-25-80. Деревянные конструкции
2. СП 20.13330.2016 СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия
3. СП 14.13330.2014 СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах
4. Технический отчет "Расчет несущей конструкции серии зданий FINHA-2"