ОБРАЗЕЦ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Все права защищены ©

Использование данного документа возможно исключительно с письменного разрешения администрации сайта balticdom.ru

Расчет строительной конструкции

«Сауна»

Расчет на прочность

2021

BALTICDOM.RU

Перв. примен.
Справ. №
Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

СОДЕРЖАНИЕ

1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ** 3
2. **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** 5
3. **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ И НОМИНАЛЬНЫЕ ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ** 6
4. **МЕТОДИКА РАСЧЕТА** 7
5. **РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ** 12
6. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ** 14

BALTICDOM.RU

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящие расчеты силовой и прочностной распространяются на элементы конструкции сауны (в дальнейшем тексте – «изделие»).

Общий вид изделия, подлежащего расчету, приведен на рисунке 1.

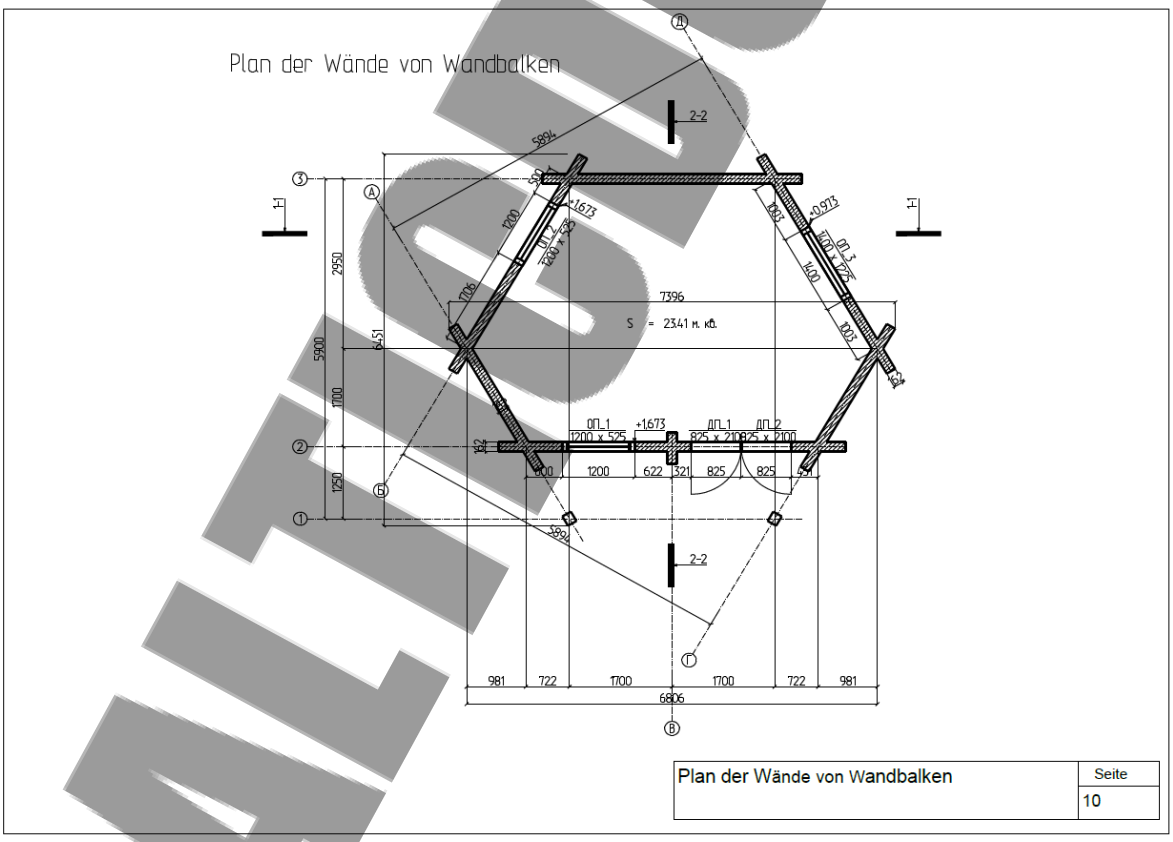
Целью настоящих расчетов является обоснование правильности принятых при проектировании изделия конструктивных решений и подтверждение прочности конструктивных элементов и работоспособности изделия при эксплуатации.

Настоящий расчет содержит анализ напряженно-деформированного состояния и силовой расчет основных элементов конструкции изделия.

Расчеты на прочность проводились в соответствии с EN 1991-1-3 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки», EN 1991-1-4 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые нагрузки», СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85

Расчетная модель построена в соответствии с рабочим чертежом изделия.

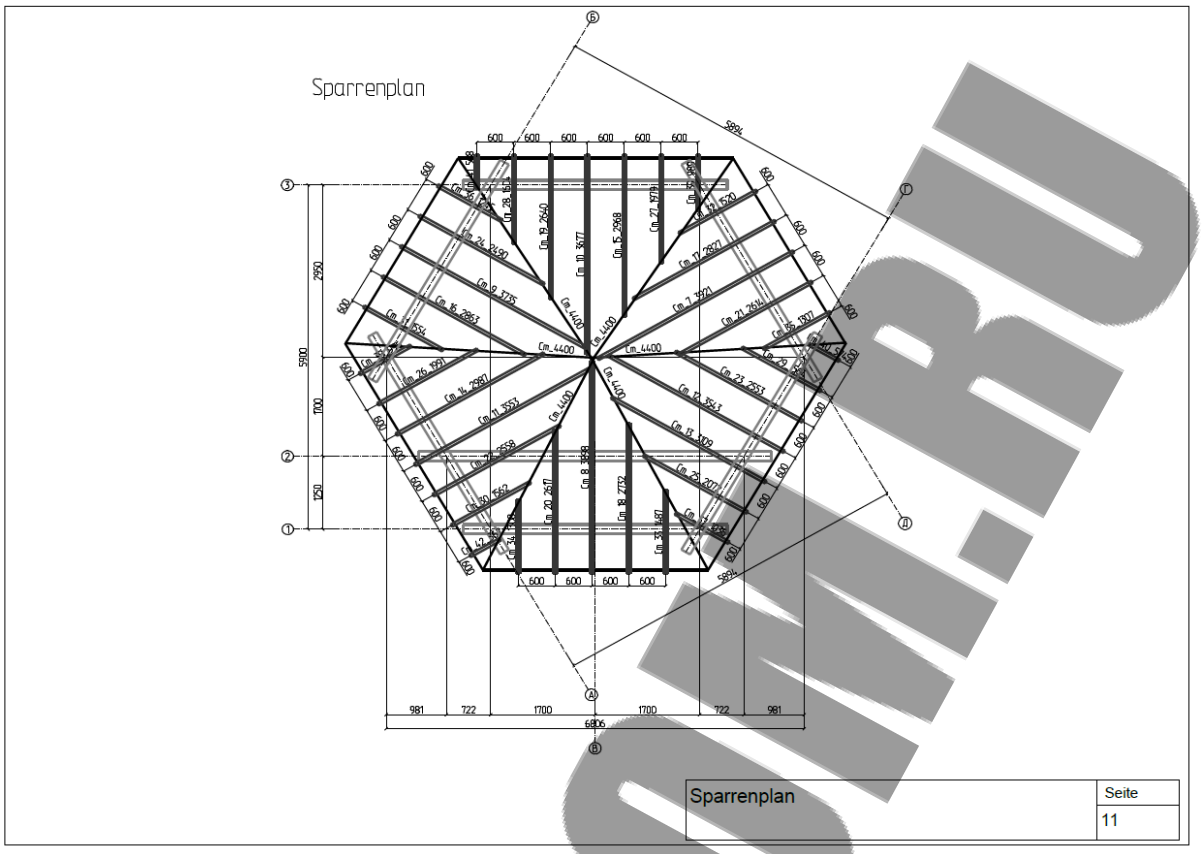
Соответствие номинальным напряжениям НДС моделей определялось по четвертой теории прочности.



а)

Рис.1 Общий вид, стены

BALTIGOM.RU



б)

Рис.1 Общий вид
а) – стены, б) – крыша.

BALTICDOM.RU

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1 Определение базовых снеговых и ветровых нагрузок определялось по стандарту EN 1991-1-3 и EN 1991-1-4, т.к. место эксплуатации изделия — это город Берлин.

2.2 Снеговые нагрузки:

Согласно EN 1991-1-3 зона снеговой нагрузки – 2*

Нормативное значение веса снегового покрова Sg – 0.85 кН/м^2

Нормативное значение снеговой нагрузки определялась по СП 20.13330.2016:

$$S_0=c_e c_t \mu S_g$$

Где c_e – коэффициент учитывающий снос снега с покрытий зданий, вычисляем по формуле из стандарта СП 20.13330.2016 и принимаем равным 0,86

c_t – термический коэффициент, принимаем равным 1.

μ – коэффициент формы, принимаем равным 1.

Вычислив по вышеупомянутой формуле S_0, принимаем равным 0,731кН/м^2

2.3 Ветровые нагрузки:

Согласно EN 1991-1-4 зона ветровой нагрузки – 2

Основная величина базовой скорости V=25м/с

Базовое скоростное давление w_0=0.39кН/м^2

Нормативное значение ветровой нагрузки определялась по СП 20.13330.2016:

$$w_m=w_0 k(z_e)c$$

Где $k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e, принимаем равным 0.75

c – аэродинамический коэффициент, который меняется от 1 до 0.5.

Вычислив по вышеупомянутой формуле w_m, принимаем равным 0,3кН/м^2

2.4 Сейсмические нагрузки. Изделие располагается в несейсмической зоне.

2.5 Нагрузки, учтенные при оценке статической прочности:

- собственный вес конструкции с коэффициентом 1,05
- снеговые нагрузки
- ветровые нагрузки

BALTGIDROM.RU

3. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ И НОМИНАЛЬНЫЕ ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

3.1 Материал из которого изготовлено изделие – это многослойный клееный брус (ЛВЛ) 160х185мм тип I и доска 50х200мм.

3.2 Показатели предела прочности для ЛВЛ бруса согласно ГОСТ 33124-2014:

Напряженное состояние		Показатель предела прочности, МПа
Изгиб	Вдоль волокон по кромке	48
	Вдоль волокон по пласти	50
Сжатие	Вдоль волокон	36
	Поперек волокон	6
	Перпендикулярно плоскости листа шпона	3,5
Растяжение	Вдоль волокон	36

3.3 Характеристики материала строительная доска из которого изготовлена крыша, дерево сосна:

Механическая прочность для древесины [σ] 43.9МПа на сжатие и 79.3МПа на изгиб.

3.4 Максимальное значение прогиба согласно СП 20.13330.2016, f_u =13мм.

BALTICDOM.RU

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа. ANSYS аттестован в ГОСАТОМНАДЗОРЕ России (Регистрационный номер ПС в ЦОЭП при РНЦ КИ №490 от 10.09.2002); (Регистрационный номер паспорта аттестации ПС №145 от 31.10.2002), а также выдано свидетельство РААСН о верификации ANSYS № 02/ANSYS/2009.

Расчет, выполняемый программой ANSYS, основан на классических инженерных представлениях и концепциях. При помощи численных методов эти концепции могут быть сформулированы в виде матричных уравнений, которые наиболее пригодны для конечно-элементных приложений.

Совокупность дискретных областей (элементов), связанных между собой в конечном числе точек (узлов), представляет собой математическую модель системы, поведение которой нужно анализировать. Основными неизвестными являются степени свободы узлов конечно-элементной модели. К степеням свободы относятся перемещения, повороты, температуры, давления, скорости, потенциалы электрических или магнитных полей; их конкретное содержание определяется типом элемента, который связан с данным узлом. В соответствии со степенями свободы для каждого элемента модели формируются матрицы масс, жесткости (или теплопроводности) и сопротивления (или удельной теплоемкости). Эти матрицы приводят к системам совместных уравнений, которые обрабатываются так называемыми “решателями”.

Для материалов с линейными свойствами напряжения связаны с деформациями соотношением:

$$\{\sigma\} = [D]\,\{\varepsilon el\}, \qquad (1\text{-}1)$$

где $\{\sigma\} = \lfloor \sigma x \;\; \sigma y \;\; \sigma z \;\; \sigma xy \;\; \sigma yz \;\; \sigma xz \rfloor T$ - вектор напряжений (как выходная величина помечается меткой S);

[D] – матрица упругости (описывается уравнениями (1-18) … (1-23), обратная матрица записывается в виде (1-4) и (1-5);

$\{\varepsilon el\} = \{\varepsilon\} - \{\varepsilon th\}$ - выходной массив;

$\{\varepsilon\} = \lfloor \varepsilon x \;\; \varepsilon y \;\; \varepsilon z \;\; \varepsilon xy \;\; \varepsilon xz \;\; \varepsilon yz \rfloor T$ - вектор полной (суммарной) деформации;

$\{\varepsilon th\}$ – вектор температурной деформации (определяется соотношением (1-3).

Перв. примен. | Справ. № | Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

BALTIGDOM.RU

Компоненты вектора напряжений показаны на Рис. 2. Для используемых в программе ANSYS напряжений и деформаций принято следующее правило знаков: величины, относящиеся к растяжению, являются положительными, к сжатию - отрицательными. Компоненты сдвига считаются положительными, если их направления совпадают с направлениями соответствующих координатных осей. Деформации сдвига представляют собой инженерные деформации, а не компоненты тензора.

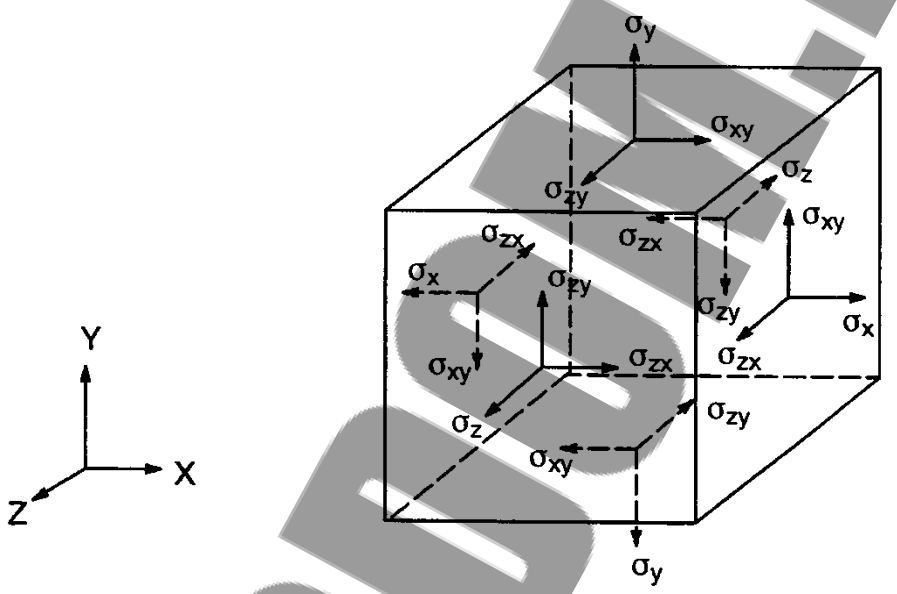


Рис. 2. Компоненты вектора напряжений

BALTICSOFT.RU

Уравнение (1-1) может быть обращено следующим образом:

$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon th\} + [D]^{-1} \{\sigma\}$. (1-2)

Для трехмерного случая вектор температурных деформаций определяется в виде соотношения

$\{\varepsilon th\} = \Delta T \lfloor \alpha x\ \alpha y\ \alpha z\ 0\ 0\ 0 \rfloor T$, (1-3)

где αx – коэффициент температурного расширения в направлении оси x,

Матрица [D]-1, нормализованная по столбцам, имеет вид:

$$[D]^{-1} = \begin{vmatrix} 1/Ex & -\nu xy/Ey & -\nu xz/Ez & 0 & 0 & 0 \\ -\nu yx/Ex & 1/Ey & -\nu yz/Ez & 0 & 0 & 0 \\ -\nu zx/Ex & -\nu zy/Ey & 1/Ez & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/Gx & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/Gy & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/Gz \end{vmatrix} \quad (1\text{-}4)$$

При использовании нормализация по строкам, матрица записывается следующим образом:

$$[D]^{-1} = \begin{vmatrix} 1/Ex & -\nu^*xy/Ey & -\nu^*xz/Ez & 0 & 0 & 0 \\ -\nu^*yx/Ex & 1/Ey & -\nu^*yz/Ez & 0 & 0 & 0 \\ -\nu^*zx/Ex & -\nu^*zy/Ey & 1/Ez & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/Gxy & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/Gyz & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/Gzx \end{vmatrix} \quad (1\text{-}5)$$

Для записи элементов этих матриц используются обозначения:

Ex – модуль Юнга в направлении оси x,

νxy – минимальный коэффициент Пуассона,

ν^*xy – максимальный коэффициент Пуассона,

Gxy – модуль сдвига в плоскости x-y.

Матрица [D]-1 должна быть положительно определенной. Кроме того, эта матрица должна быть симметричной, поэтому для ортотропных материалов предполагается существование соотношений:

$\nu yx / Ex = \nu xy / Ey$

$\nu zx / Ex = \nu xz / Ez$

$\nu zy / Ey = \nu yz / Ez$

или

$\nu^*yx / Ey = \nu^*xy / Ex$

ВАЛТИСБОМ.RU

$\nu^*zx / Ez = \nu^*xz / Ex$

$\nu^*zy / Ez = \nu^*yz / Ey$

Согласно приводимым выше соотношениям, величины νxy, νzy, νzx, ν^*yx, ν^*zy и ν^*zx являются зависимыми и поэтому не задаются при вводе исходных данных.

Из равенства (1-2) в развернутом виде, используя выражения (1-3), (1-4), а также (1-6) ... (1-8), получаем шесть уравнений:

$$\varepsilon x = \alpha x\ \Delta T + \sigma x / Ex - \nu xy\ \sigma y / Ey - \nu xz\ \sigma z / Ez \quad (1\text{-}12)$$

$$\varepsilon y = \alpha y\ \Delta T + \sigma y / Ey - \nu xy\ \sigma x / Ey - \nu yz\ \sigma z / Ez \quad (1\text{-}13)$$

$$\varepsilon z = \alpha z\ \Delta T + \sigma z / Ez - \nu xz\ \sigma x / Ez - \nu yz\ \sigma y / Ez \quad (1\text{-}14)$$

$$\varepsilon xy = \sigma xy / Gxy \quad (1\text{-}15)$$

$$\varepsilon yz = \sigma yz / Gyz \quad (1\text{-}16)$$

$$\varepsilon xz = \sigma xz / Gxz\ , \quad (1\text{-}17)$$

где εx - деформация в направлении оси x,

εxy - деформация сдвига в плоскости x - y,

σx - напряжения в направлении оси x,

σxy - напряжения сдвига в плоскости x - y;

компоненты с другими индексами получаются циклическим сдвигом (x - y- z).

Уравнение (1-1) можно переписывается в развернутом виде, используя обратную матрицу (1-4), что вместе с уравнениями (1-3), (1-6) ... (1-8) дает шесть соотношений для напряжений:

$$\sigma x = Ex/h\ [1 - (\nu yz)2\ Ey/Ez]\ (\varepsilon x - \alpha x\ \Delta T) + Ex/h\ [\nu xy + \nu xz\nu yz\ Ey/Ez]\ (\varepsilon y - \alpha y\ \Delta T) + Ex/h\ [\nu xz + \nu yz\nu xy]\ (\varepsilon z - \alpha z\ \Delta T) \quad (1\text{-}18)$$

$$\sigma y = Ex/h\ [\nu xy + \nu xz\nu yz\ Ey/Ez]\ (\varepsilon x - \alpha x\ \Delta T) + Ey/h\ [1 - (\nu xz)2\ Ex/Ez]\ (\varepsilon y - \alpha y\ \Delta T) + Ey/h\ [\nu yz + \nu xz\nu xy\ Ex/Ey]\ (\varepsilon z - \alpha z\ \Delta T) \quad (1\text{-}19)$$

$$\sigma z = Ex/h\ [\nu xz + \nu yz\nu xy]\ (\varepsilon x - \alpha x\ \Delta T) + Ey/h\ [\nu yz + \nu xz\nu xy\ Ex/Ey]\ (\varepsilon y - \alpha y\ \Delta T) + Ez/h\ [1 - (\nu xy)2\ Ex/Ey]\ (\varepsilon z - \alpha z\ \Delta T) \quad (1\text{-}20)$$

$$\sigma xy = Gxy\ \in xy \quad (1\text{-}21)$$

$$\sigma yz = Gyz\ \in yz \quad (1\text{-}22)$$

$$\sigma xz = Gxz\ \in xz, \quad (1\text{-}23)$$

в которых обозначено: $h = 1 - (\nu xy)2\ Ex/Ey - (\nu yz)2\ Ey/Ez - (\nu xz)2\ Ex/Ez - 2\ \nu xy\ \nu yz\ \nu xz\ Ex/Ez$.

BALISOM.RU

Если модули сдвига Gxy, Gyz, Gxz не задаются при вводе, то их значения вычисляются следующим образом:

$$G_{xy} = (E_x E_y) / (E_x + E_y + 2 \nu_{xy} E_x) \quad (1\text{-}24)$$

$$G_{yz} = G_{xy} \quad (1\text{-}25)$$

$$G_{xz} = G_{xy} \quad (1\text{-}26)$$

BALTICDOM.RU

5. РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

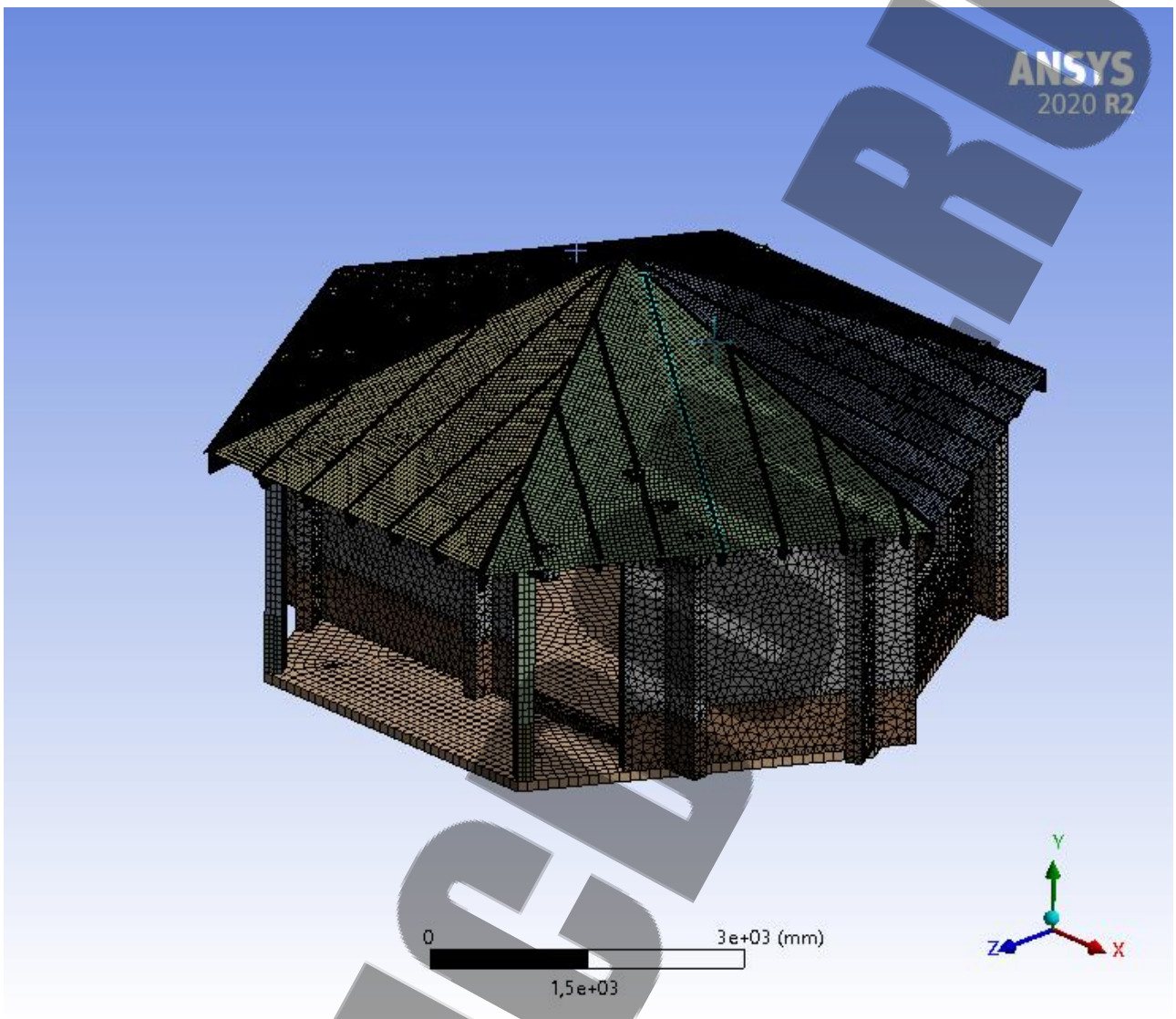


Рис. 3 Конечно-элементная модель изделия

BALTICSOFT.RU

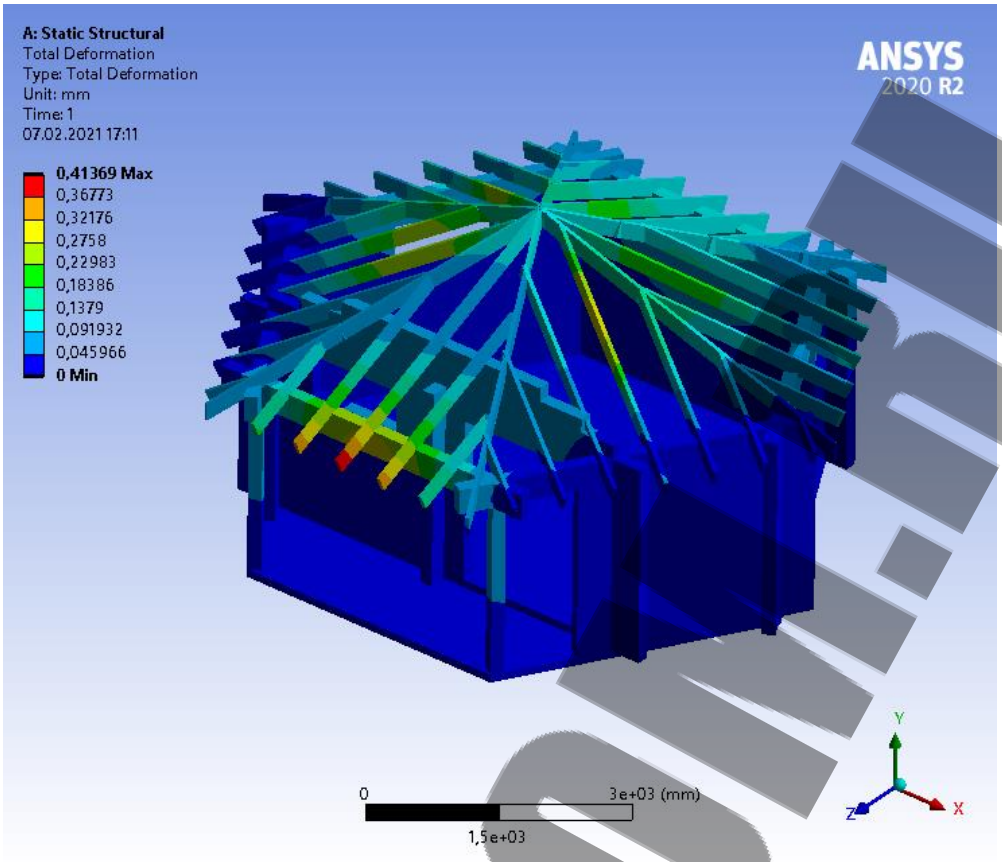


Рис. 4 Общие деформации, мм

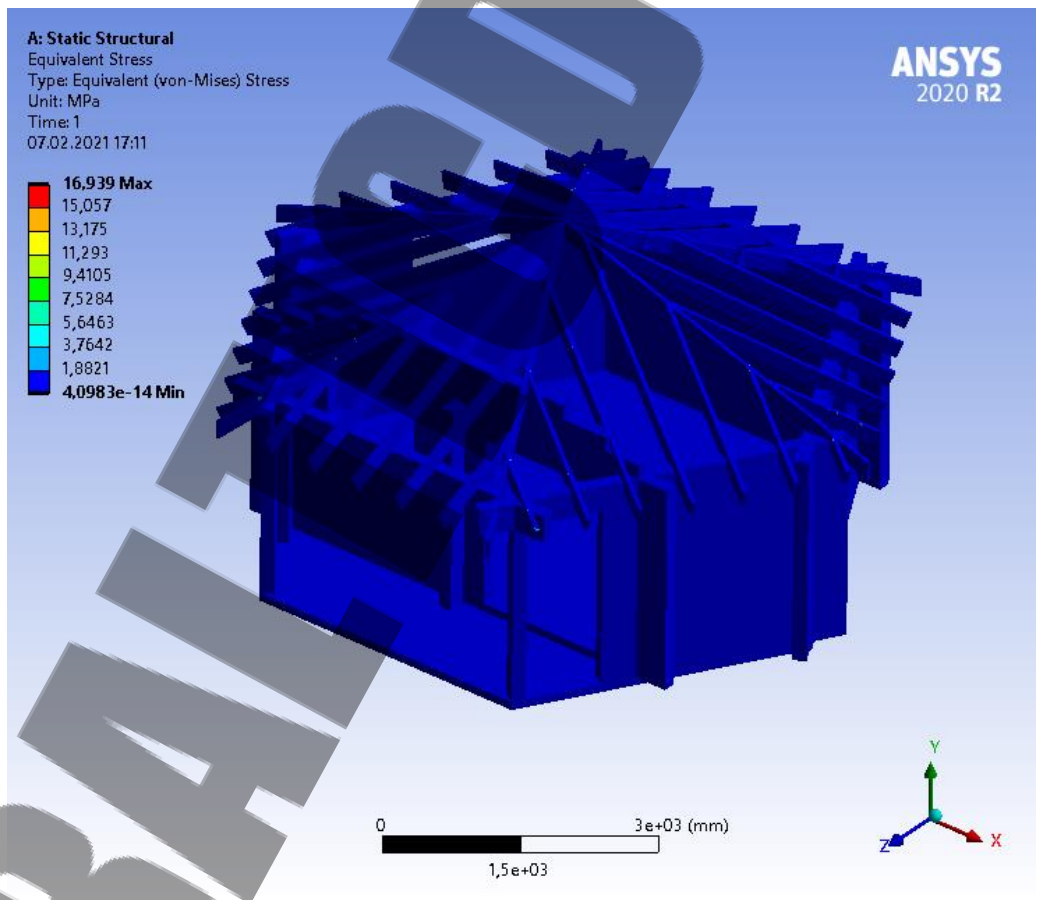


Рис. 5 Интенсивность эквивалентных напряжений, МПа

ВАЛТОМ.RU

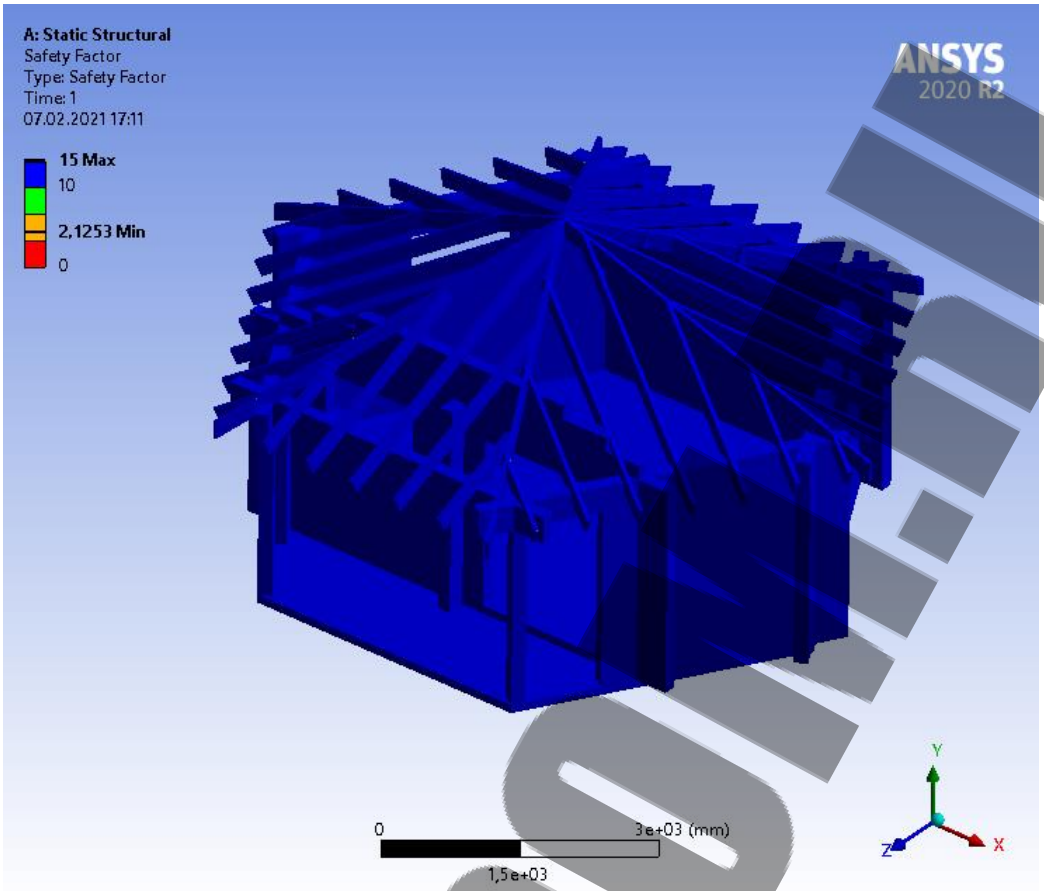


Рис. 6 Запас прочности

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен расчёт на статическую прочность изделия, на условия эксплуатации, приведённые в разделе 2.

Расчётные напряжения изделия определены по номинальной толщине стенки, уменьшенной на величину производственной и эксплуатационной прибавок.

По результатам расчёта:

- статическая прочность изделия в режиме нормальной эксплуатации обеспечена, при этом конструкция имеет запас прочности n=2.1. Максимальное расчетное значение прогиба 0.41мм, что является допустимым.

Испытания провел: _____ Шемякин С.С.

BALTGDOM.RU