Приложение №1

Испытание на сейсмическое воздействие панели металлической трехслойной «Белпанель»

ОБРАЗЕЦ ИСПЫТАНИЙ

Москва, 2014 г.

Содержание

1	**Общие сведения**	**3**
2	**Нагрузки и воздействия, действующие на панель**	**3**
3	**Методика расчета**	**4**
4	**Расчет панели**	**6**
4.1	Определение собственных частот колебаний панели	7
4.2	Анализ сейсмического воздействия на панель	14
4.3	Визуализация коэффициента запаса прочности	22
5	**ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**	**23**

ОБРАЗЕЦ ИСПЫТАНИЙ

1. Общие сведения

Испытание на сейсмическое воздействие панели металлической трехслойной «Белпанель» (далее панель) выполнено на основании технических условий ТУ 5284-003-54655944-2004, ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости.

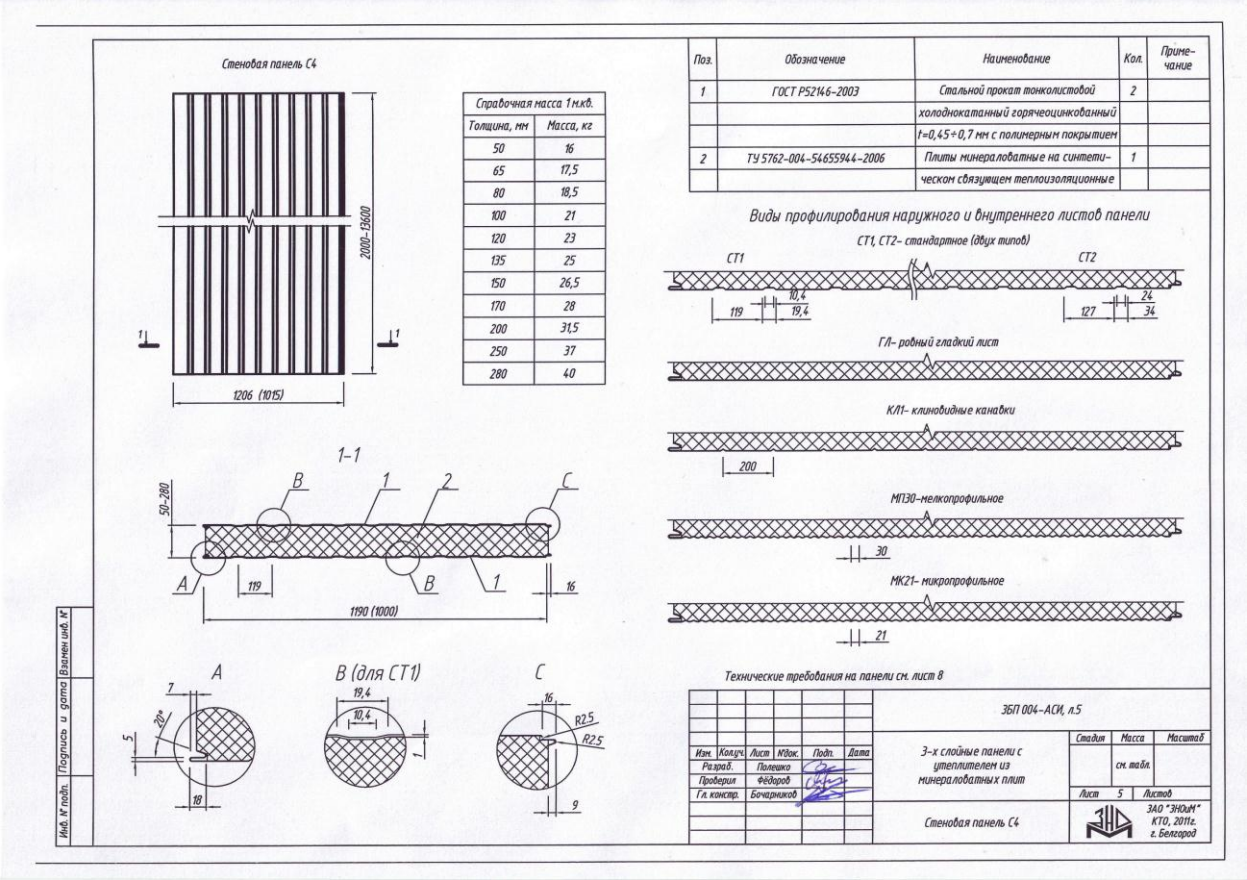

Рис.1 панель

2. Нагрузки и воздействия, действующие на панель

На основании технических условий, была смоделирована панель – с приведенными геометрическими характеристиками (рис. 1).

Нагрузки и воздействия на панель:

В качестве нагрузок были взяты следующие типы нагрузок:

1. собственный вес с коэффициентом – 1,05;
2. эксплуатационная нагрузка;

ОБРАЗЕЦ

3. сейсмическое воздействие;

3. Методика расчета

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа. 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”.

Прочностной динамический анализ используется для определения действия на конструкцию или ее составные части нагрузок, зависящих от времени. В отличие от статических расчетов в этом типе анализа принимается во внимание рассеяние энергии и инерционные эффекты переменных во времени нагрузок. Примерами таких нагрузок являются:

- циклические нагрузки (вращающиеся части оборудования);
- внезапно прикладываемые нагрузки (удар или взрыв);
- случайные нагрузки (землетрясение);
- любые другие переменные нагрузки, типа движущихся нагрузок на мосты.

В программе ANSYS все виды динамического анализа основываются на следующем общем уравнении движения в конечно-элементной форме:

$$[M]\{u''\} + [C]\{u'\} + [K]\{u\} = \{F(t)\},$$

где

[M] - матрица масс;

[C] - матрица сопротивлений;

[K] - матрица жесткостей;

ОБРАЗЕЦ ИСПЫТАНИЙ

{u’’} - вектор узловых ускорений;

{u’} - вектор узловых скоростей;

{u} - вектор узловых перемещений;

{F} - вектор нагрузок;

(t) - время.

С помощью этого уравнения определяются значения неизвестных {u}, которые в любой момент времени удовлетворяют условиям равновесия системы при наличии сил инерции и рассеяния энергии. Решение уравнения выполняется либо прямым методом Ньюмарка, либо на основе метода суперпозиции форм колебаний.

ОБРАЗЕЦ ИСПЫТАНИЙ

4. Расчет панели

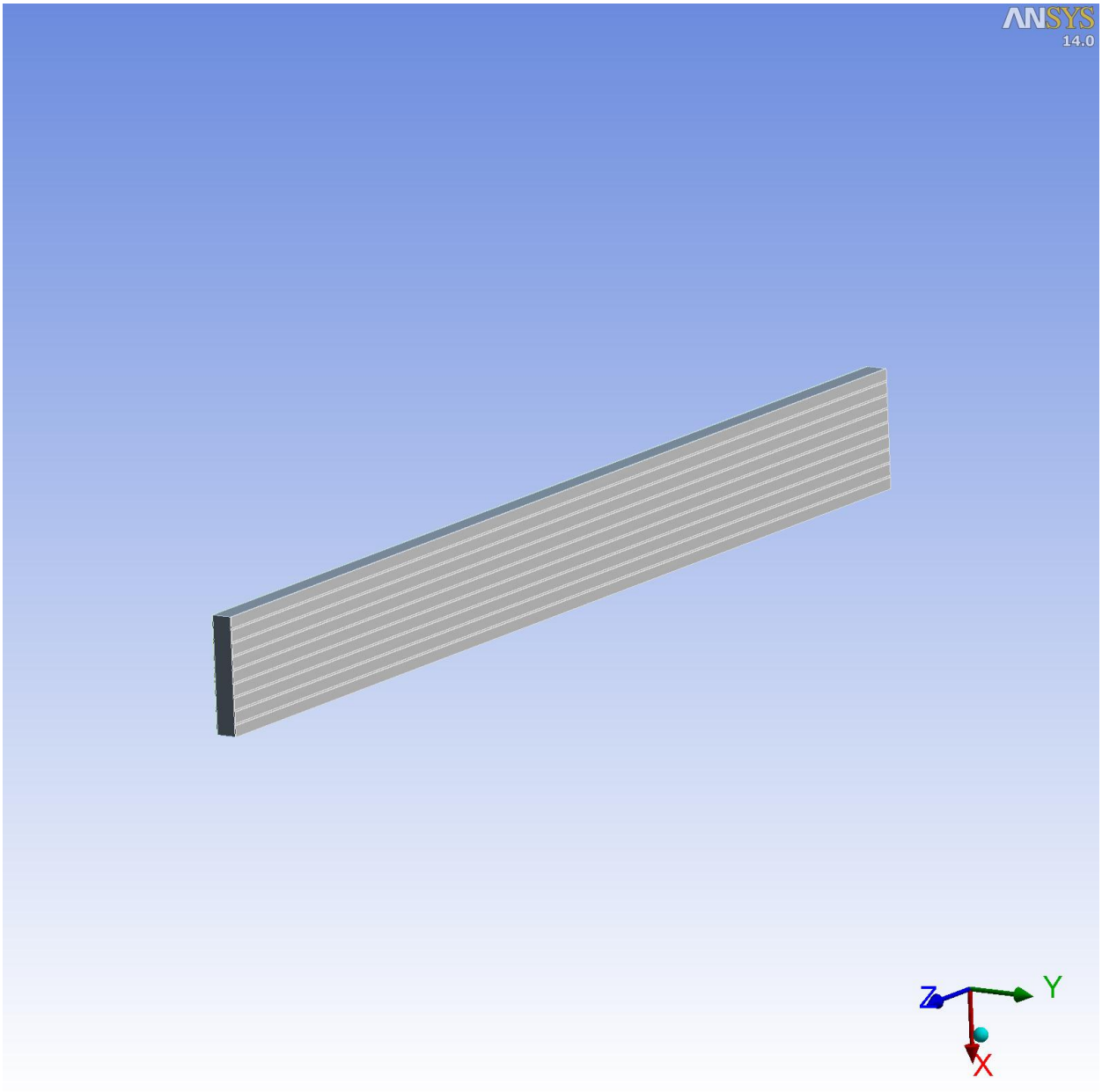

Рис. 2 Расчетная аппроксимированная модель

4.1 Определение собственных частот колебаний панели:

№ рис.	Форма колебаний	Частота [Hz]
4	1	22,536
5	2	26,808
6	3	60,108
7	4	61,905
8	5	65,712
9	6	66,175

ОБРАЗЕЦ ИСПЫТАНИЙ

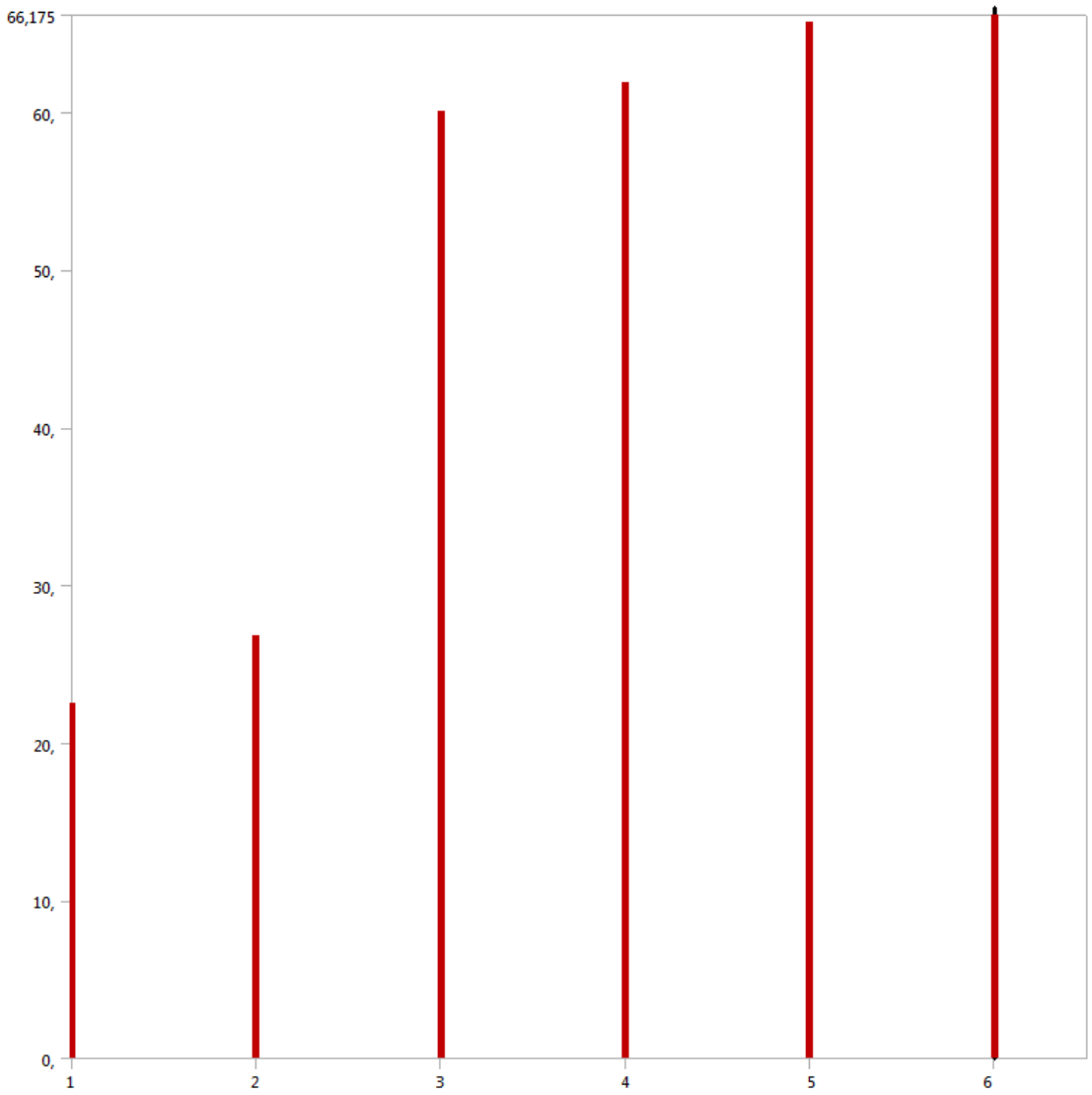

Рис. 3 Гистограмма собственных частот колебаний панели

ОБРАЗЕЦ

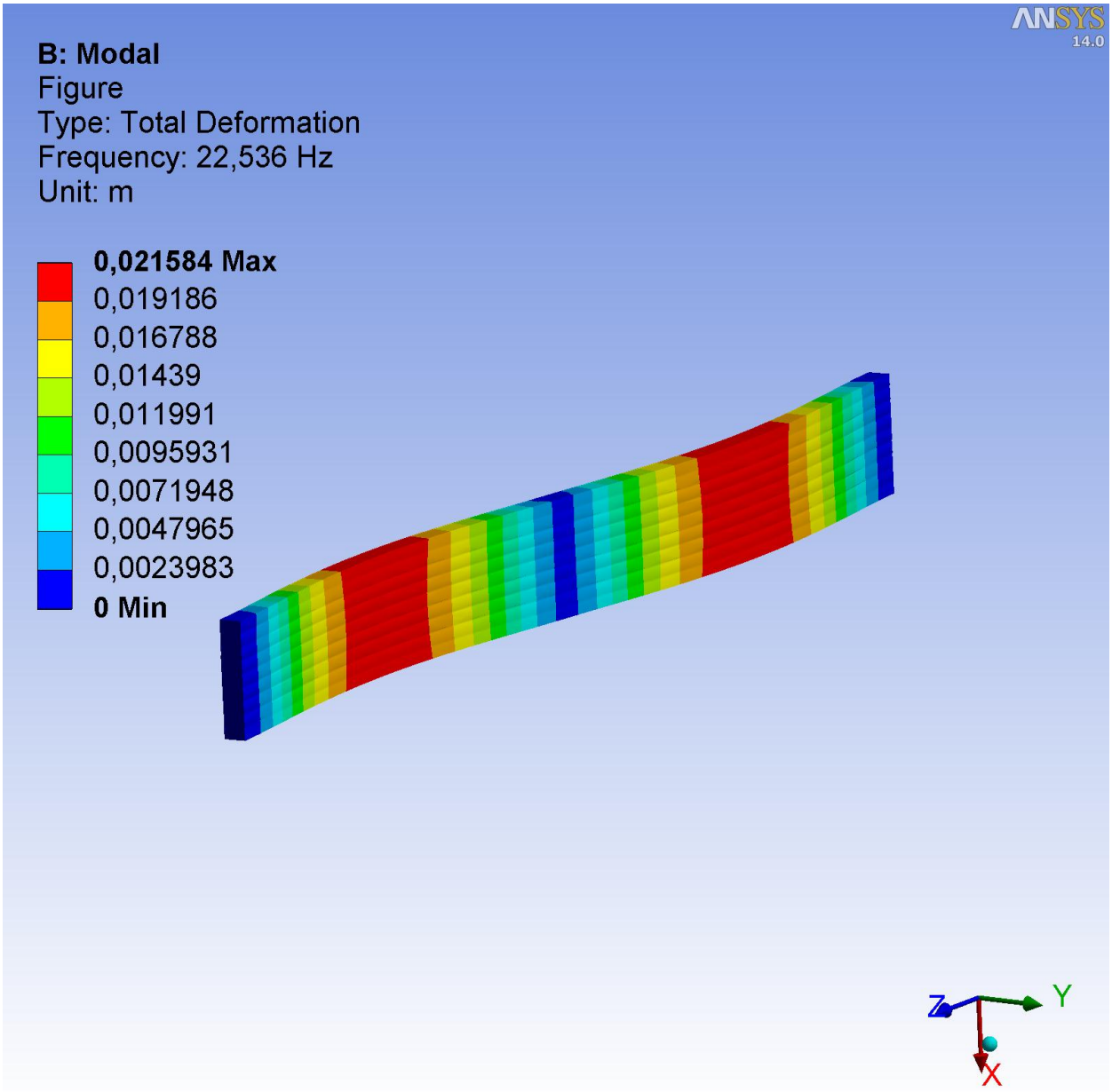

Рис. 4 Общие деформации при 1-й форме колебаний [м]

ОБРА

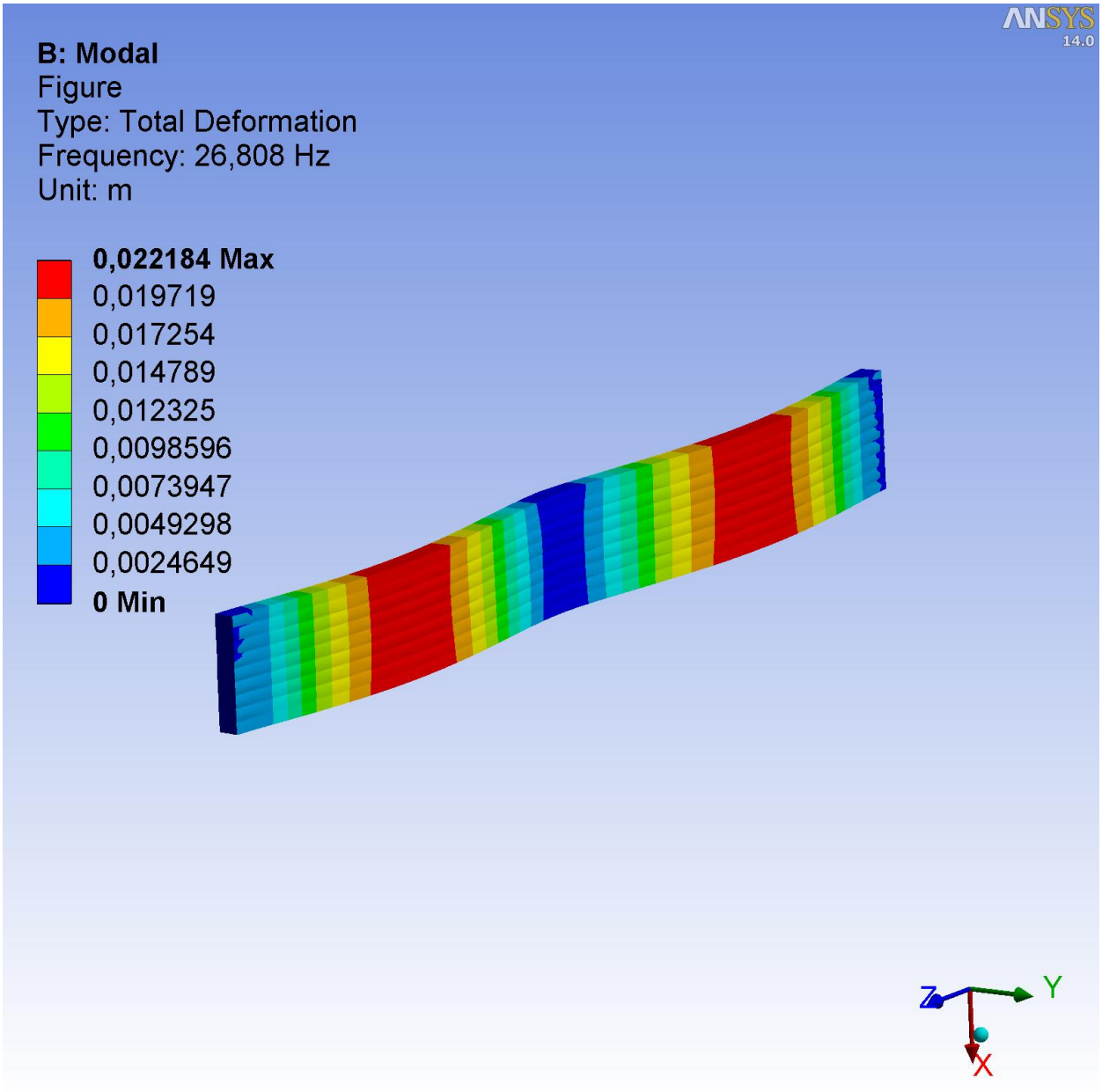

Рис. 5 Общие деформации при 2-й форме колебаний [м]

ОБРА

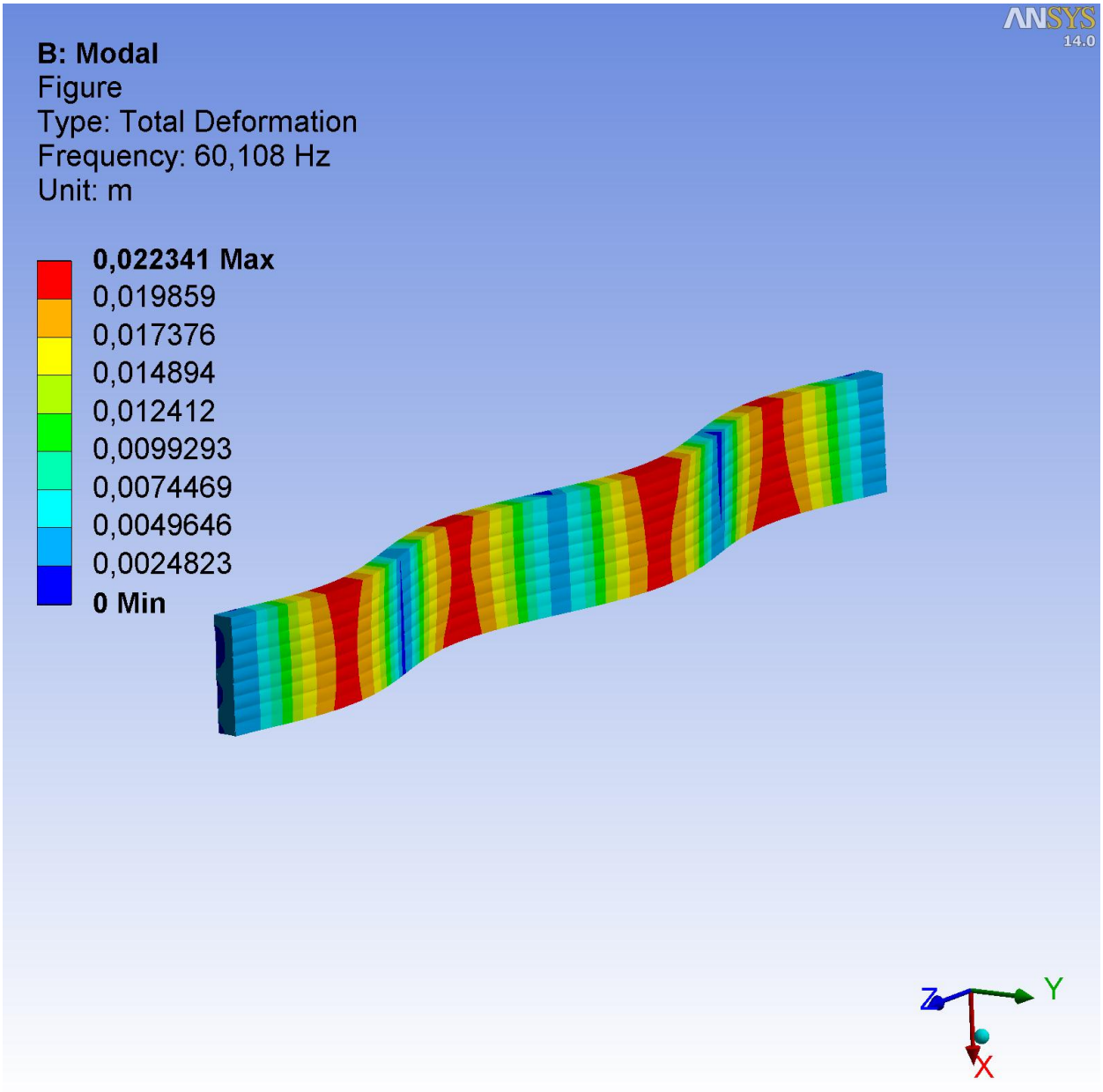

Рис. 6 Общие деформации при 3-й форме колебаний [м]

ОБРА-

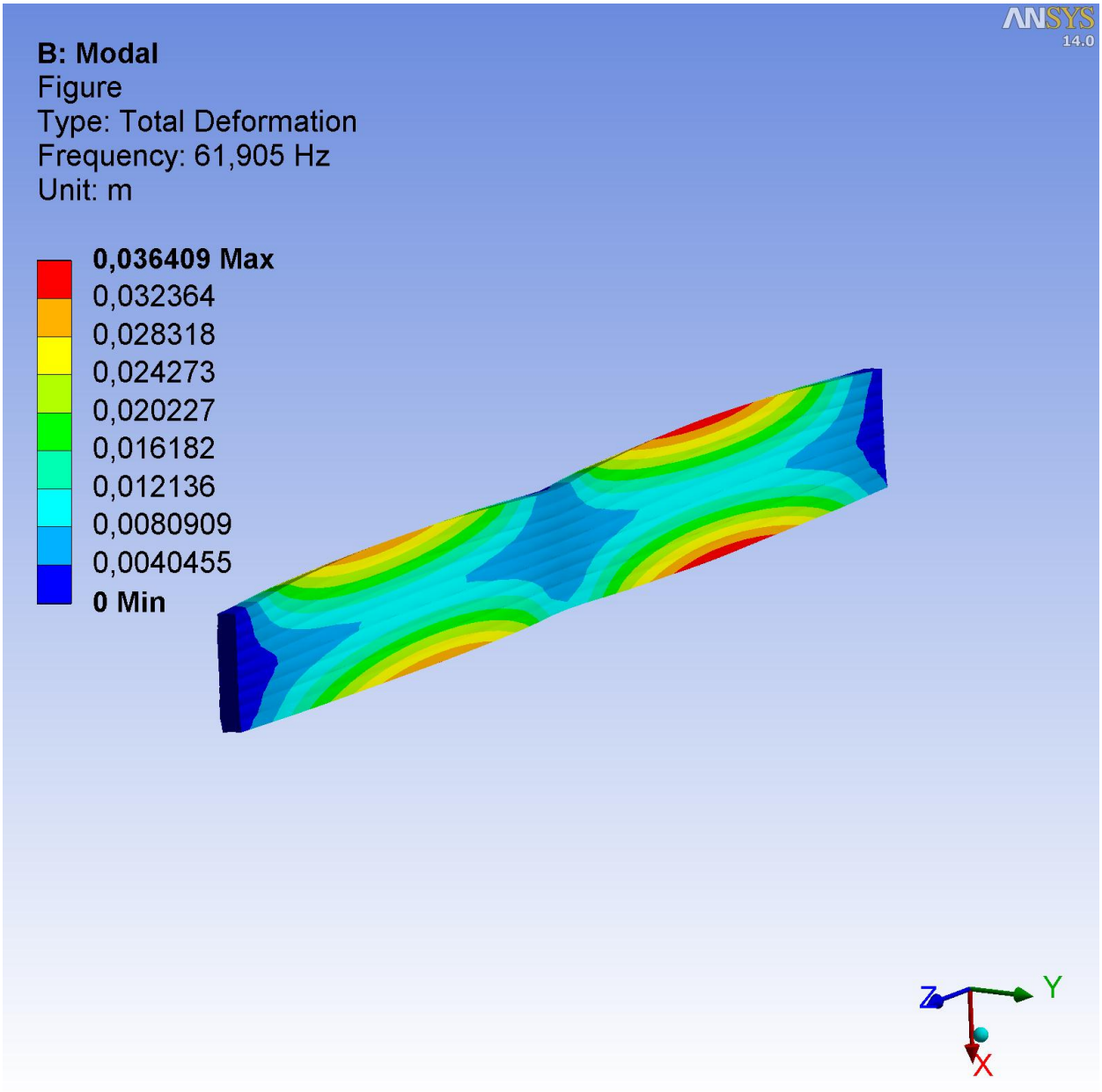

Рис. 7 Общие деформации при 4-й форме колебаний [м]

ОБРА

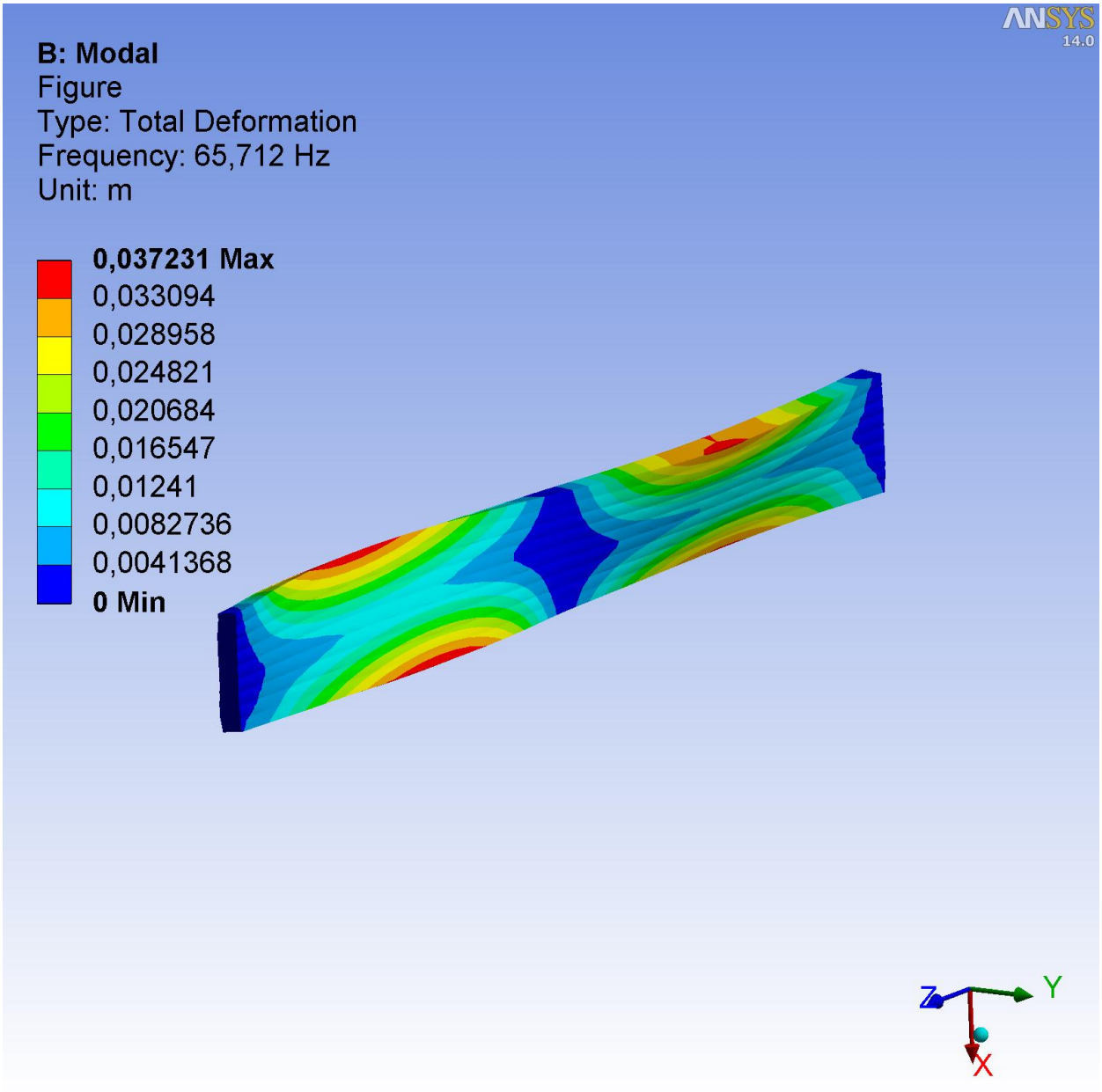

Рис. 8 Общие деформации при 5-й форме колебаний [м]

ОБРА

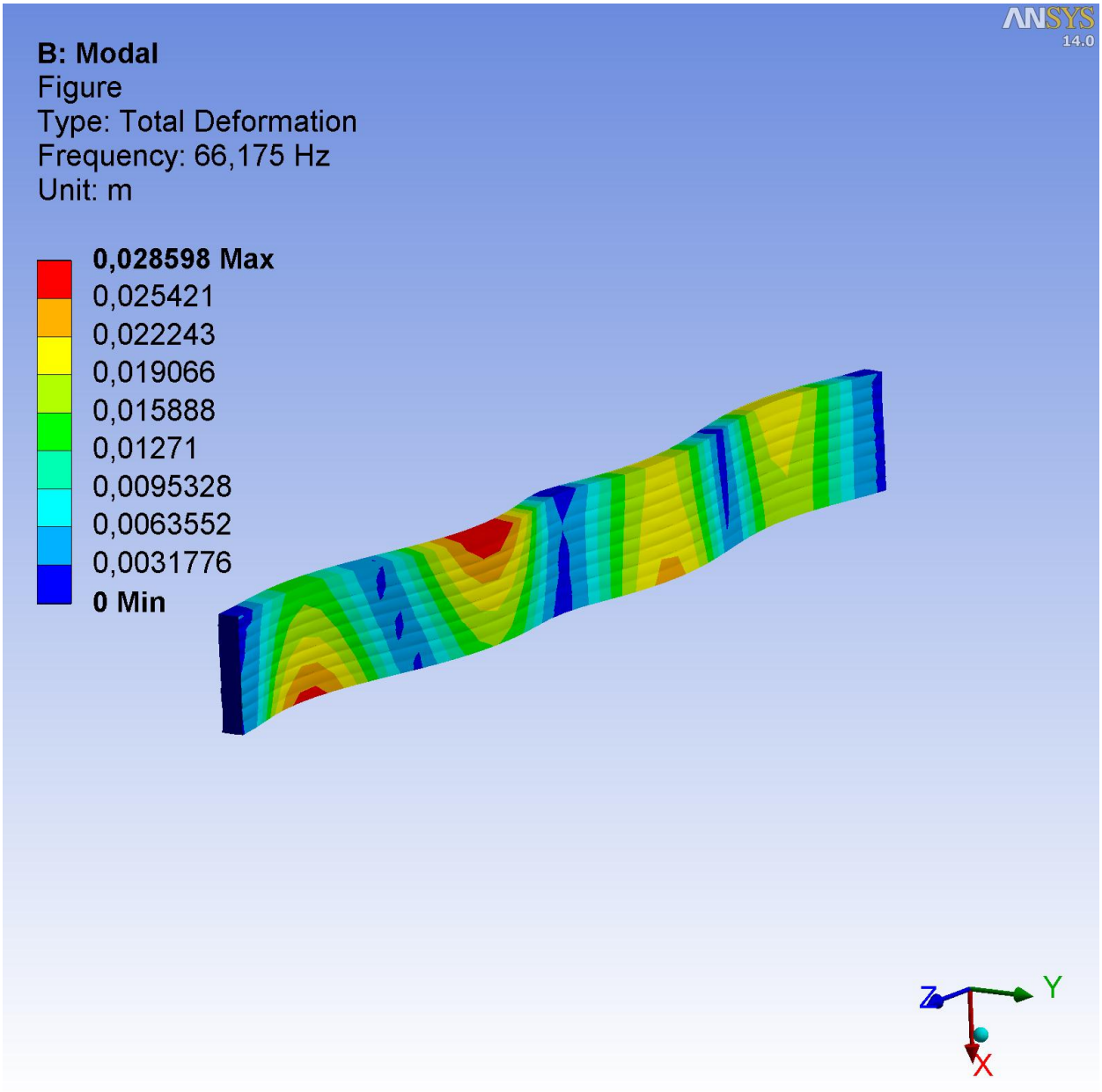

Рис. 9 Общие деформации при 6-й форме колебаний [м]

ОБРА

3. 2 Анализ сейсмического воздействия на панель:

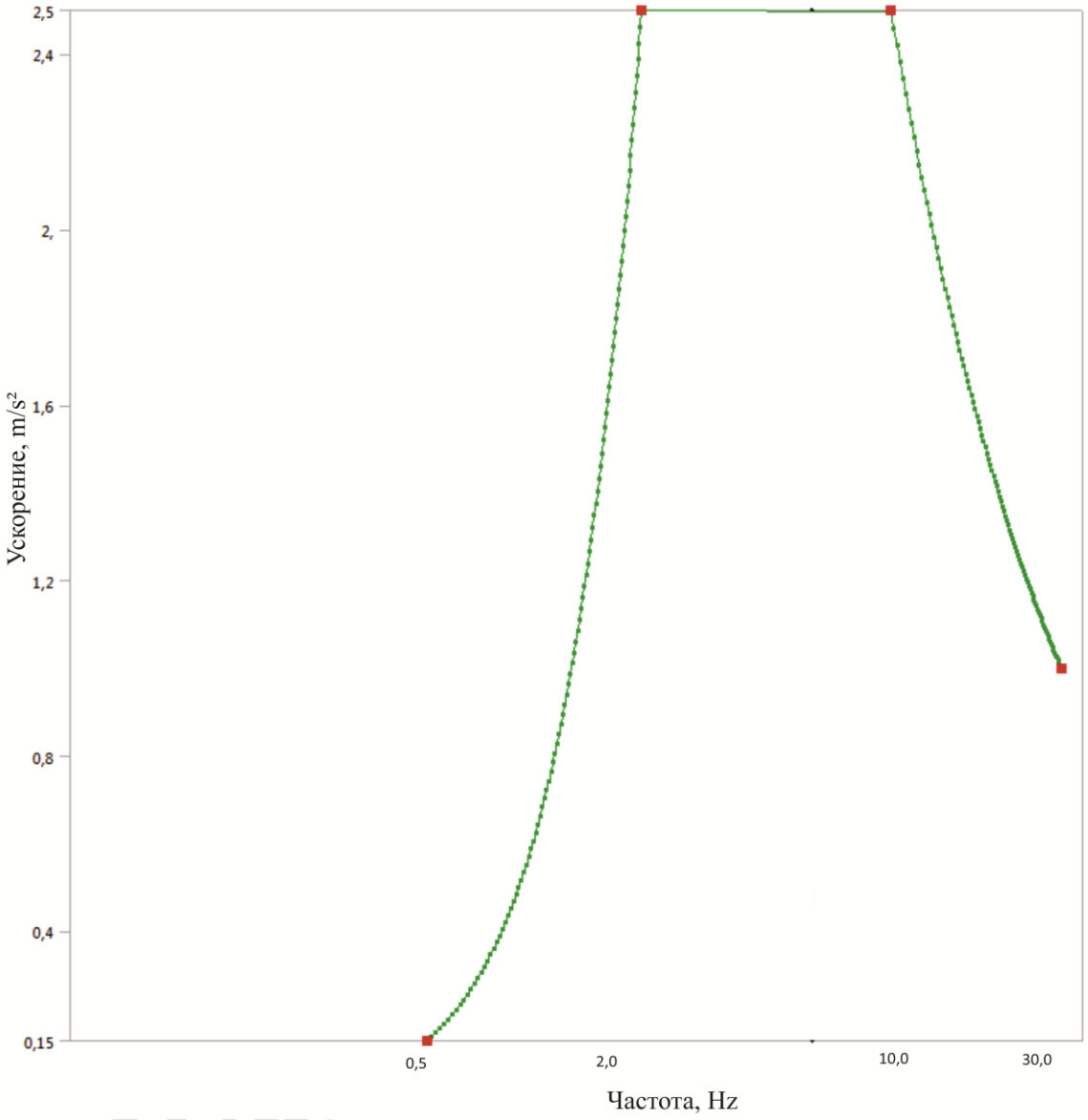

Рис.10 График зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации

Частота [Hz]	Ускорение [(m/s²)]
0,5	0,15
2,	2,5
10,	
30,	1,0

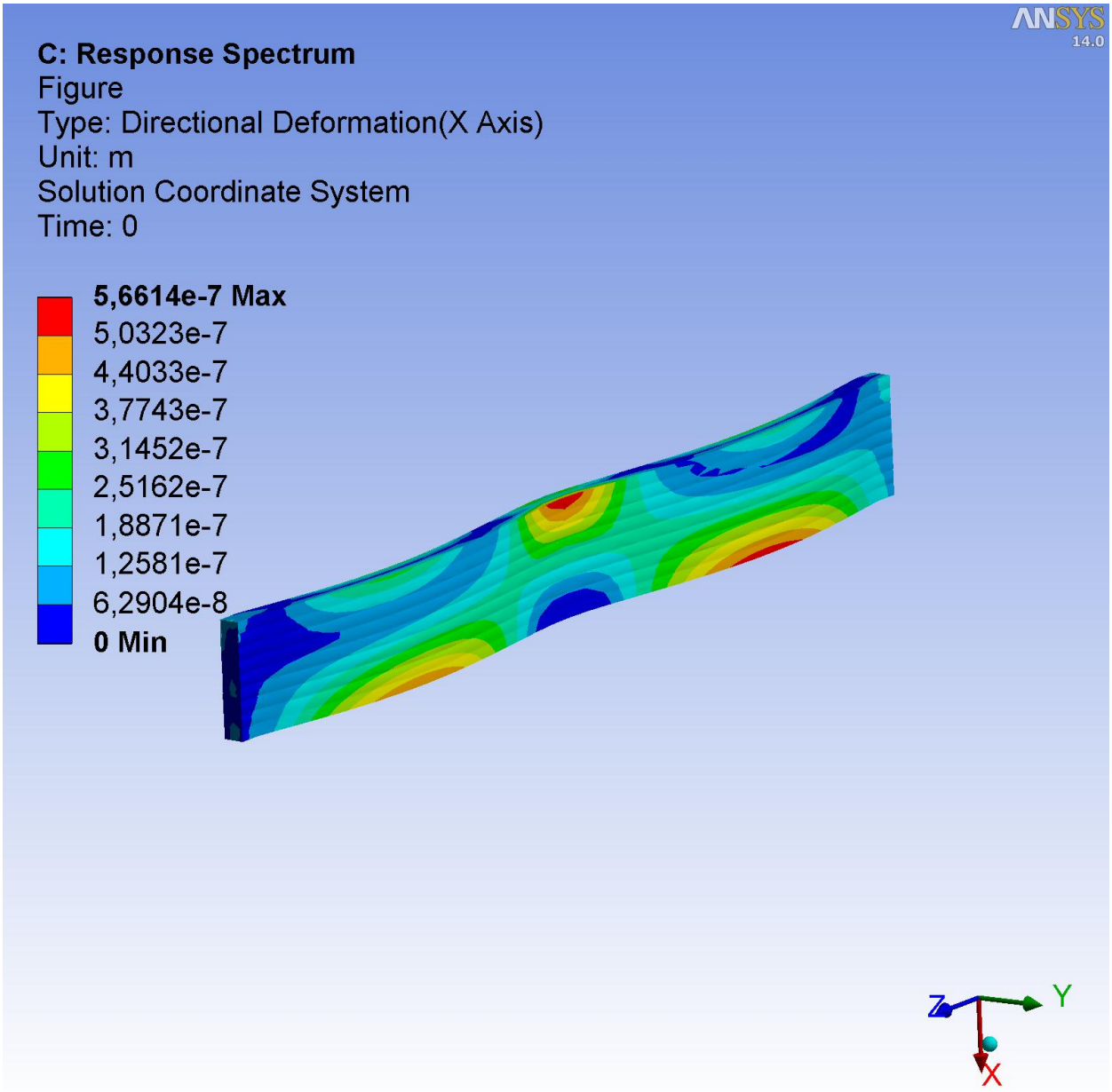

Рис. 11 Деформации по оси X [м]

ОБРА

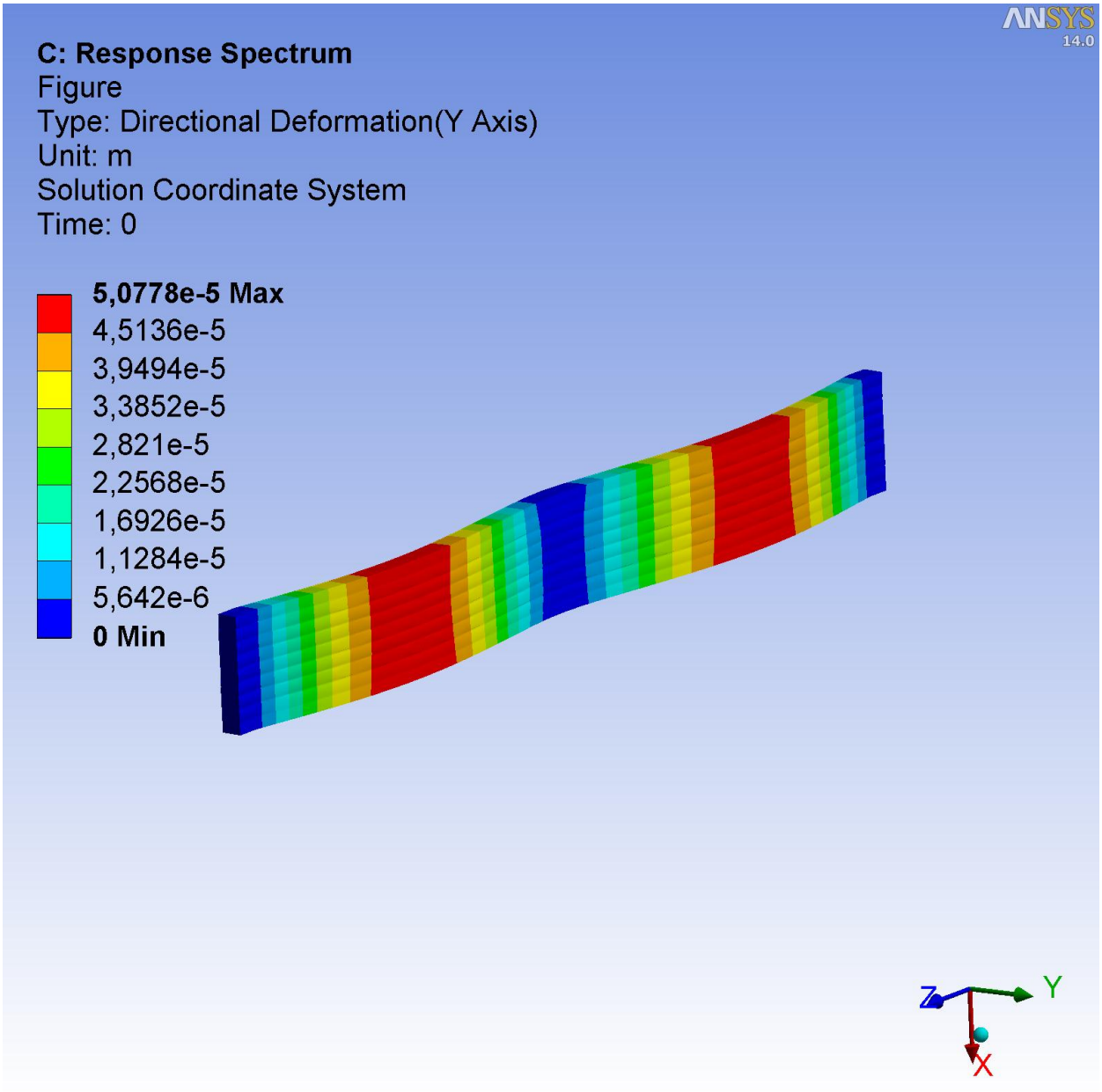

Рис. 12 Деформации по оси Y [м]

ОБРА

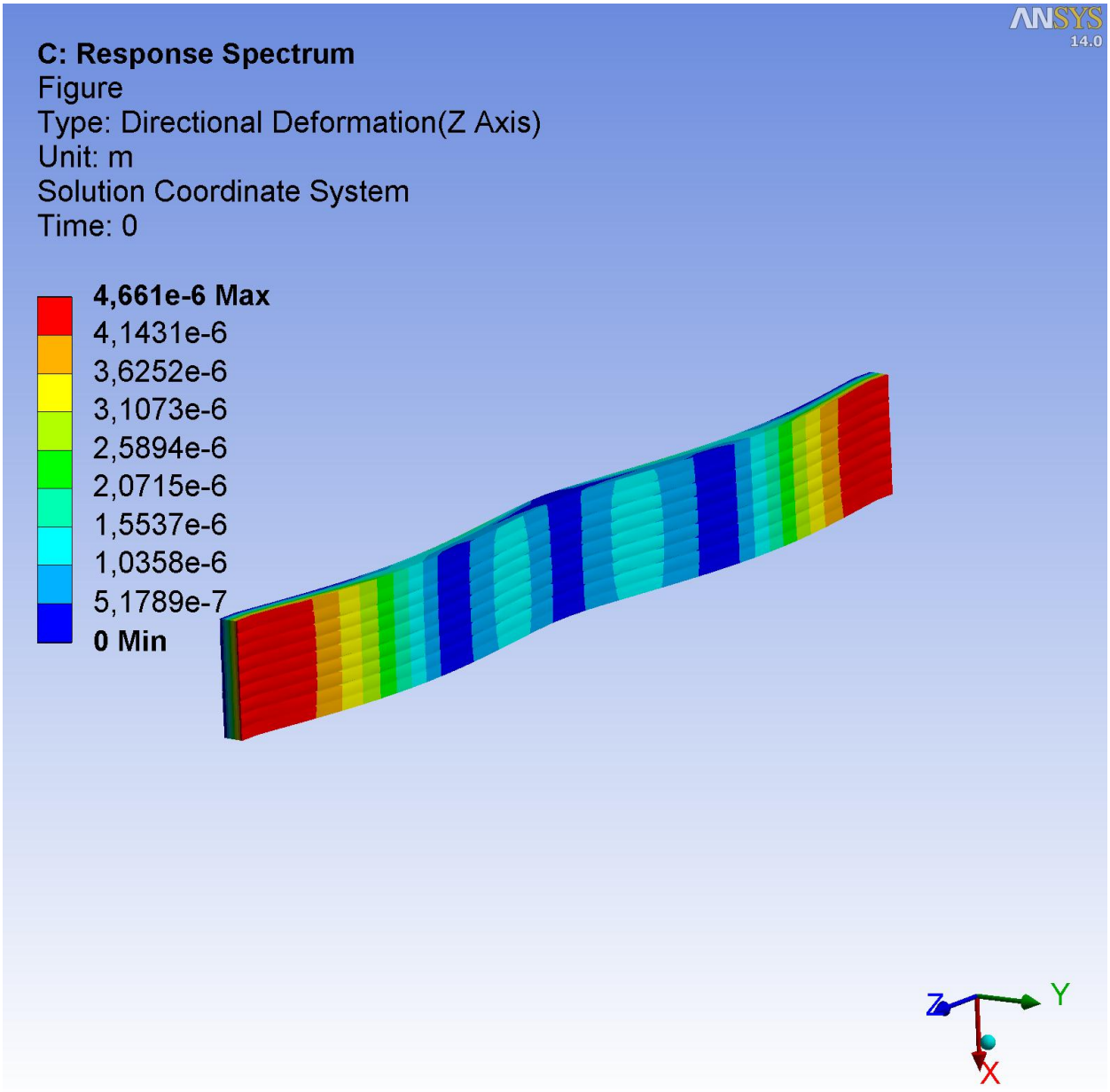

Рис. 13 Деформации по оси Z [м]

ОБРА

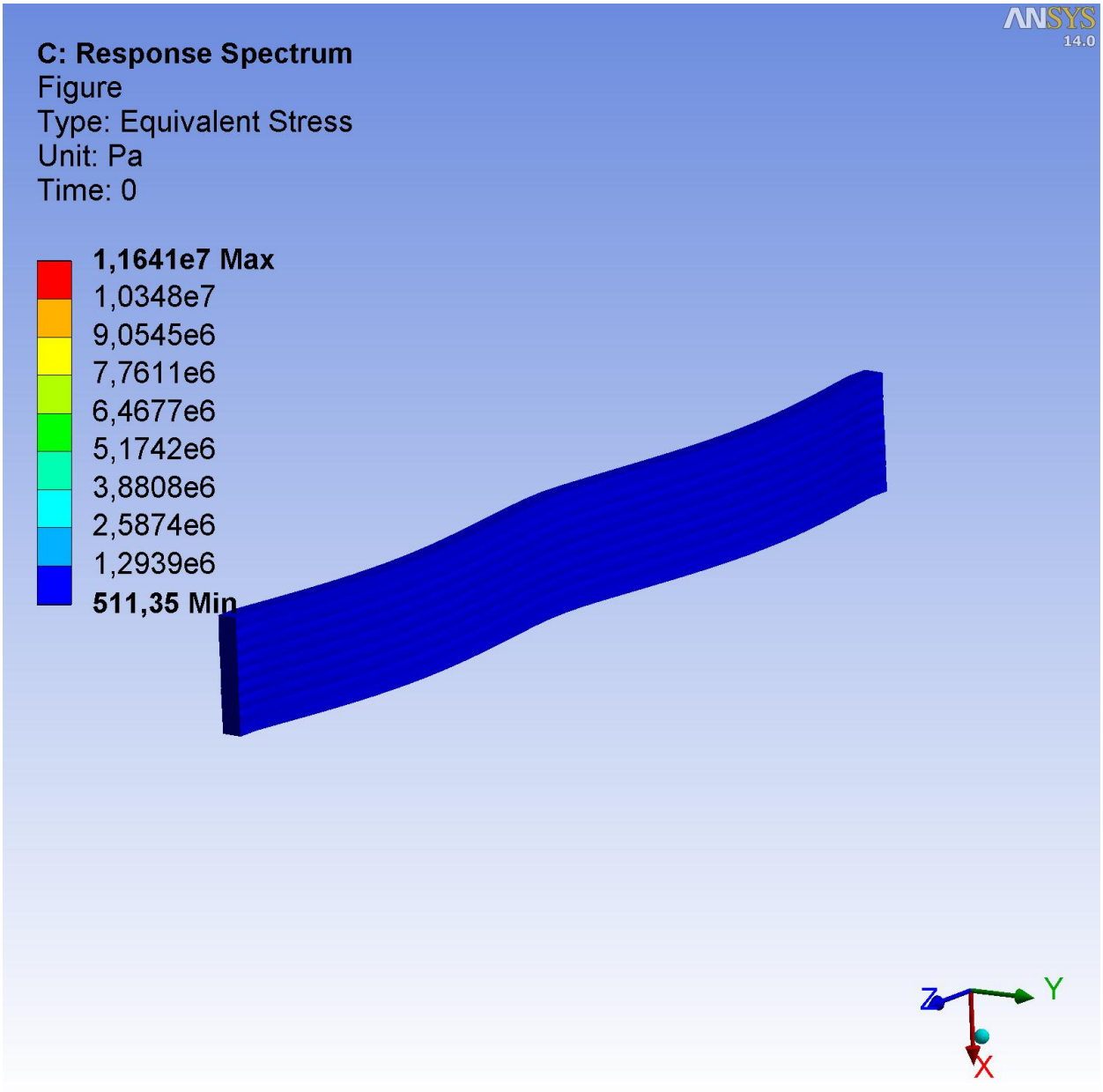

Рис. 14 Эквивалентные напряжения [Па]

ОБРАЗ

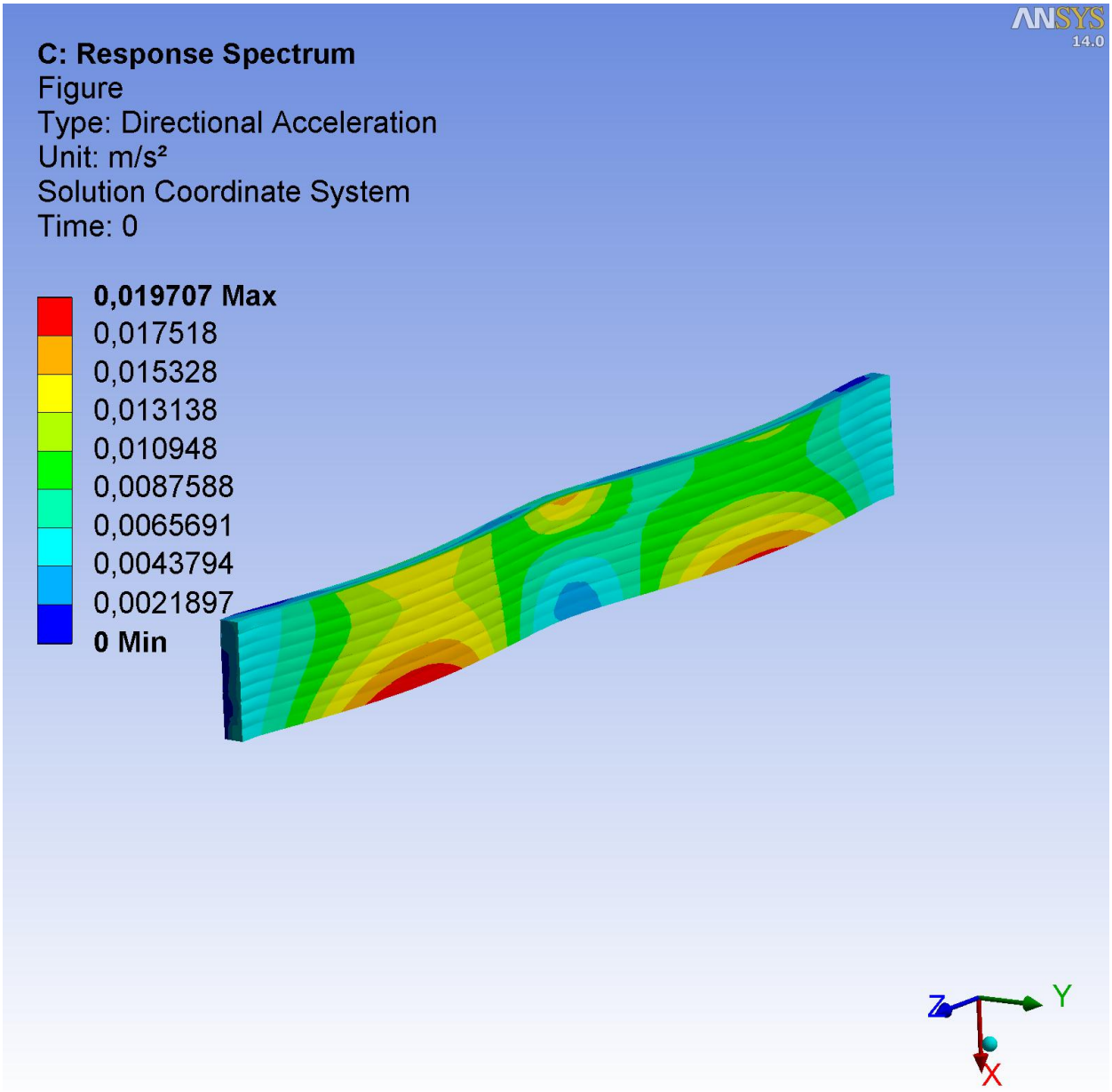

Рис. 15 Ускорение по оси X [м/с^2]

ОБРА

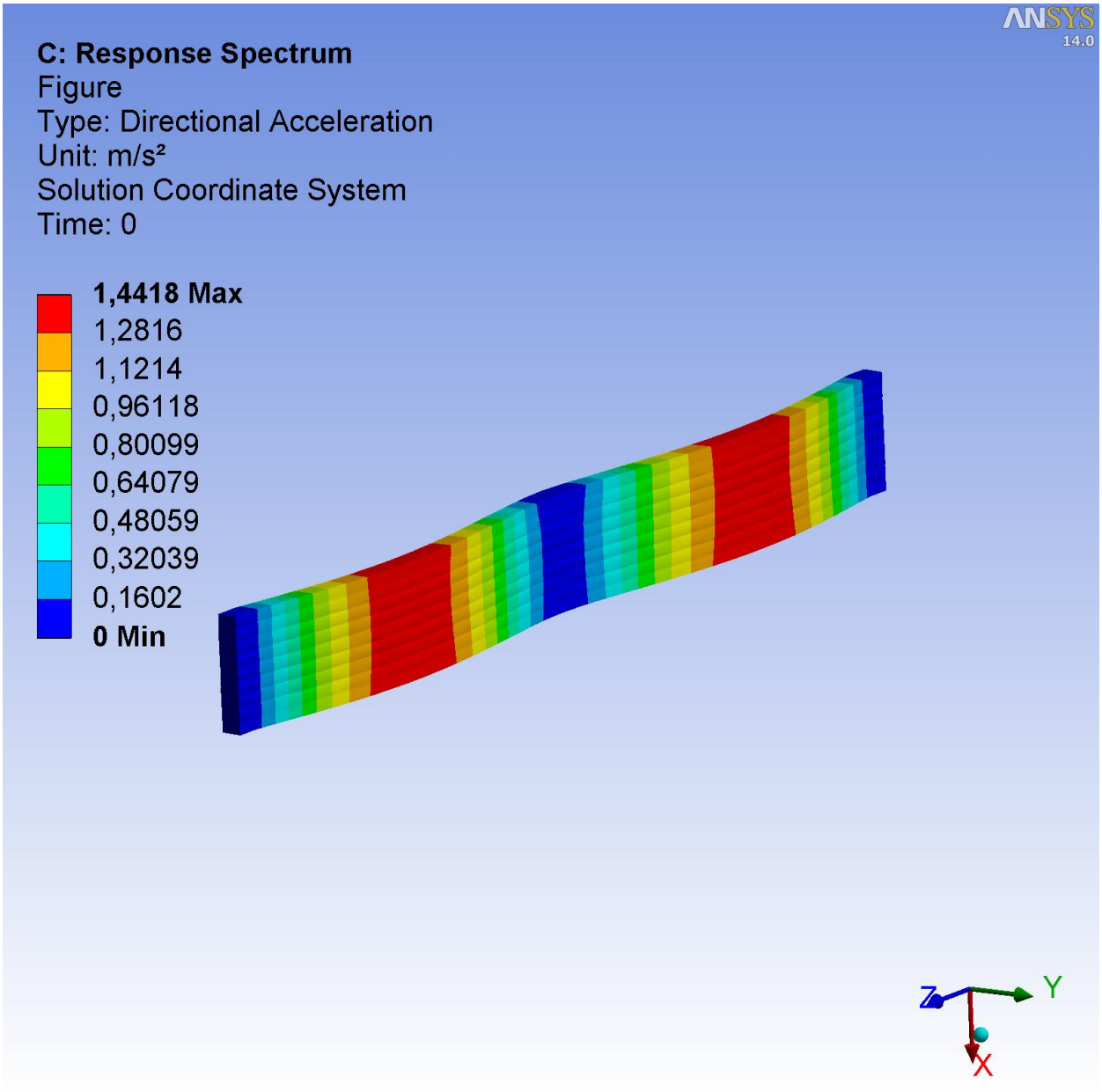

Рис. 16 Ускорение по оси Y [м/с^2]

ОБРА

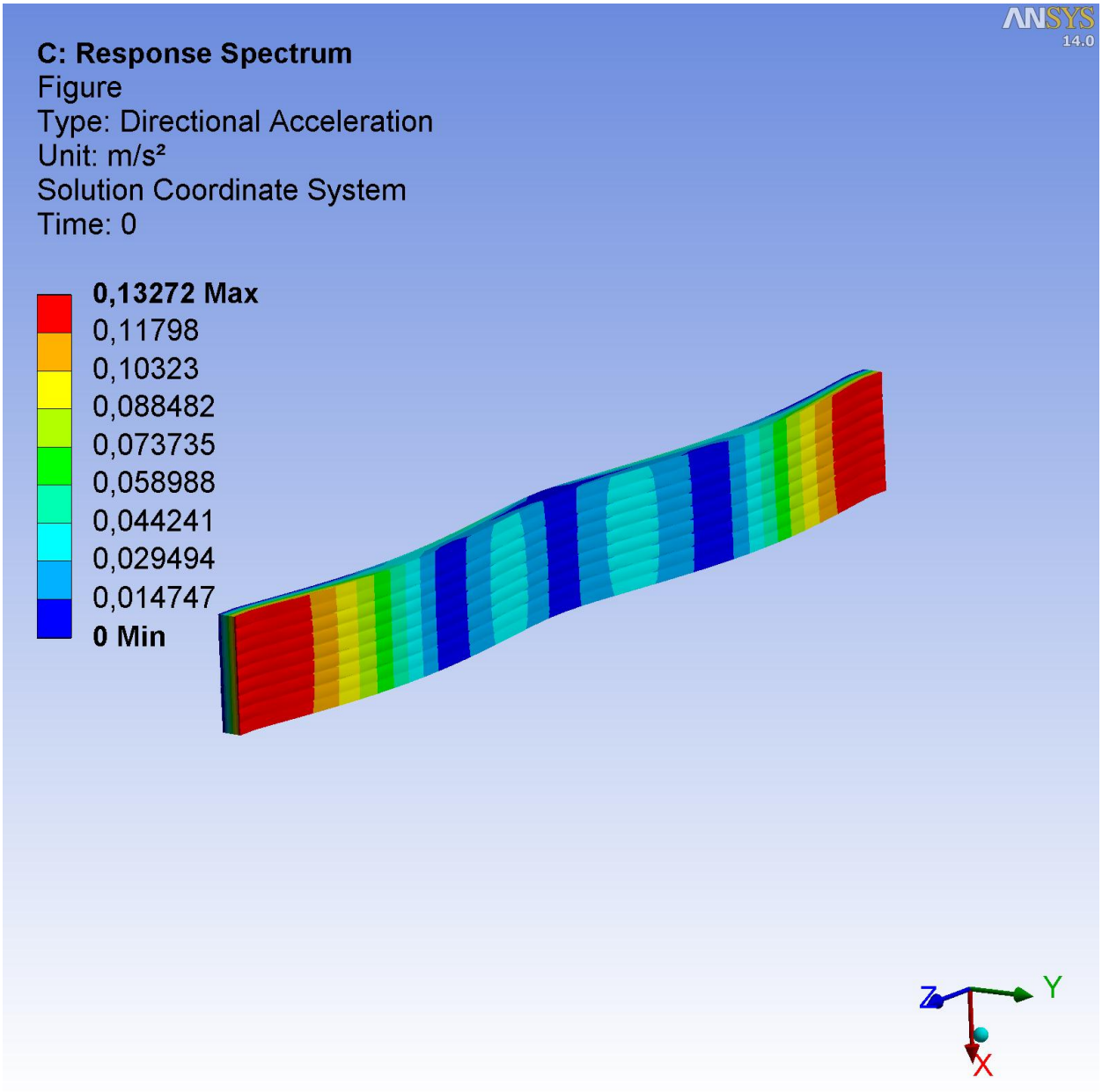

Рис. 17 Ускорение по оси Z [м/с^2]

ОБРА

3.3 Визуализация коэффициента запаса прочности:

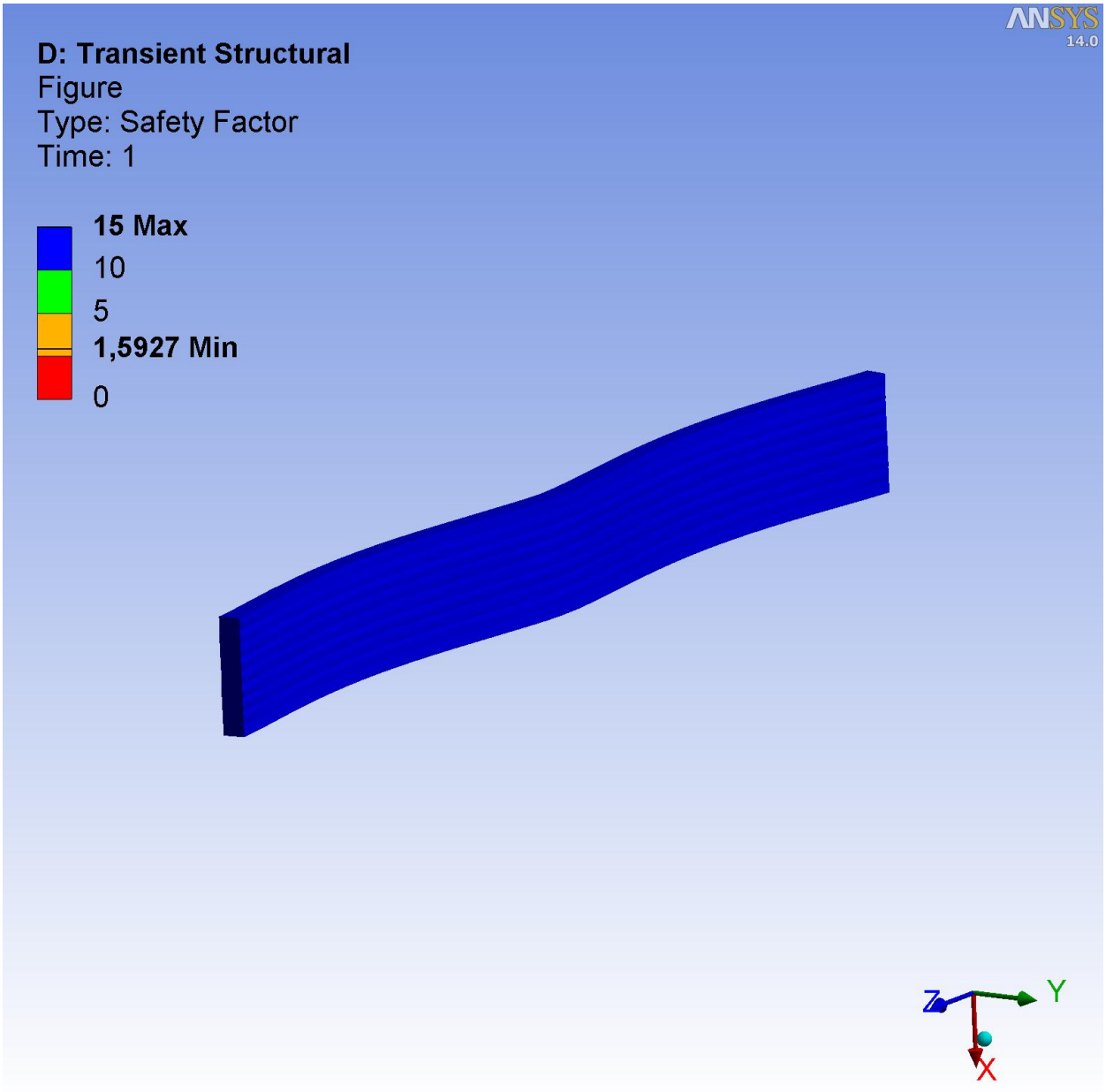

Рис. 18 Визуализация коэффициента запаса прочности

5. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Испытание на сейсмическое воздействие панели металлической трехслойной «Белпанель» выполнено на основании технических условий ТУ 5284-003-54655944-2004, ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости», ГОСТ 30631-99 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации», СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах», СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»;
2. В испытании представлены: собственные частоты колебаний панели, сейсмическое воздействие на панель, визуализация коэффициента запаса прочности;
3. На основании проведенного испытания можно сделать вывод, что прочность панели металлической трехслойной «Белпанель» от сейсмического воздействия в 9 баллов по шкале MSK-64 обеспечена.

ОБРАЗЕЦ ИСПЫТАНИЙ