

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ**«НЦСС»**190005, РОССИЯ, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ВН.ТЕР.Г. МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ОКРУГ ИЗМАЙЛОВСКОЕ,
6-Я КРАСНОАРМЕЙСКАЯ УЛ., Д. 5-7, ЛИТЕРА А, ЧАСТЬ ПОМЕЩ. 3-Н, КОМ. 28-29, ОФ. 201А**Испытательная лаборатория «Качество Продукции»**

Аттестат аккредитации РОСС RU.31881.04ТЕСО.ИЛ024

141315, Московская область, г. Сергиев Посад, Московское шоссе, дом 20А



УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ИЛ

Ф.И.Гардеев

Испытатель

В.О. Хомакин

«08» декабря 2023 г.

Протокол испытаний:	№ КПА22-23675
Дата протокола:	08.12.2023 г.
Наименование и контактные данные заказчика:	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ГК АСП" Место нахождения: 142712, Московская обл., г.п. Горки Ленинские, д. Пуговичино, промзона, уч.7, корпус 1. Телефон: +7 (495) 926-41-99 Адрес электронной почты: info@al-sp.ru
Изготовитель:	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ГК АСП" Место нахождения: 142712, Московская обл., г.п. Горки Ленинские, д. Пуговичино, промзона, уч.7, корпус 1. Телефон: +7 (495) 926-41-99 Адрес электронной почты: info@al-sp.ru
Наименование (торговая марка/модель/тип/артикул) образца (ов):	Конструкция подвесного потолка Албес и Perfaten CLIP-IN AC-100, AP 600 x 600 AC 45°/90° MEDICAL, Ingermax AP 600 AC 45°/90°, Торговая марка : Албес, Perfaten, Ingermax
Стандарт (ы), устанавливающие требования и/или методы испытаний, сведения об изменениях:	ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98 (исполнение сейсмостойкости (9) баллов по шкале MSK-64)
Результаты испытаний настоящего протокола относятся только к представленному образцу (ам). Размножение или перепечатка протокола испытаний без разрешения испытательной лаборатории не допускается.	

**Исследование с оценкой сейсмостойкости потолочных
конструкций ООО «ГК АСП»**

Содержание

1. Общие сведения.....	4
2. Нагрузки и воздействия, действующие на конструкцию	4
3. Методика расчета	5
4. Расчет конструкции.....	8
4.1 Определение собственных частот колебаний конструкции	8
4.2 Анализ сейсмического воздействия на конструкцию.....	12
4.3 Визуализация коэффициента запаса прочности от сейсмического воздействия.....	16
5. Общие выводы	16

1. Общие сведения

Настоящие отчет составлен по результатам исследований сейсмостойкости конструкции подвесных потолков компании ООО «ГК АСП», включающих в себя несущую подсистему из стальных конструкций и потолочные облицовочные панели из оцинкованной стали, предназначенные для облицовки потолочных поверхностей зданий и сооружений. В процессе исследований была выполнена оценка сейсмостойкости следующих конструктивных систем:

- Конструкция подвесного потолка Албес и Perfaten CLIP-IN AC-100, AP 600 x 600 AC 45°/90° MEDICAL, выпускаемой по ТУ 25.11.23-011-19209458-2022;

- Ingermax AP 600 AC 45°\90°, выпускаемой по ТУ 25.99.29-003-19209458-2017,

(далее конструкция) выполнено на основании технической документации, ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».

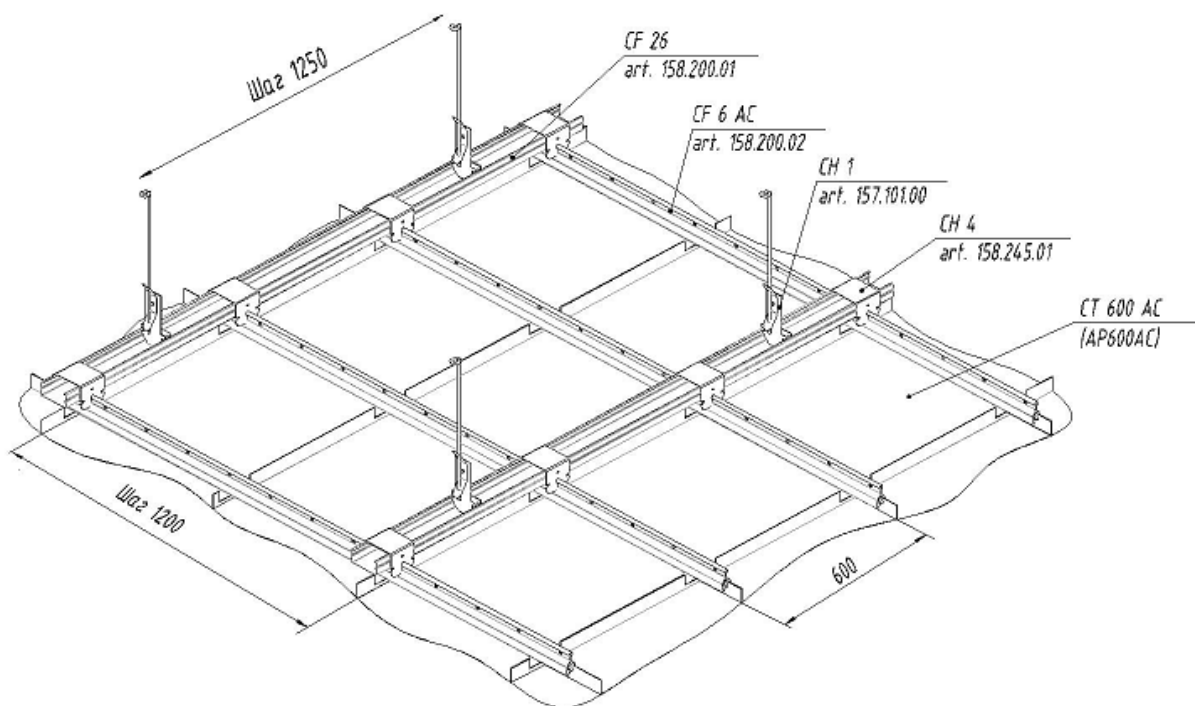


Рис. 1. Конструкция подвесного потолка

2. Нагрузки и воздействия, действующие на конструкцию

На основании технической документации, была смоделирована конструкция.

В качестве статических и динамических нагрузок были приняты следующие типы нагрузок:

1. собственный вес;
2. сейсмическое воздействие в 9 баллов по шкале MSK-64.

3. Методика расчета

Расчет выполнен в ПО ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа. ANSYS аттестован в ГОСАТОМНАДЗОРЕ России, ISO-9000 series, especially ISO-9001 and ISO 9000-3, Российской академией архитектуры и строительных наук.

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. 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:

$$\{\sigma\} = [D] \{\epsilon_{el}\}, \quad (1)$$

где $\{\sigma\} = [\sigma_x \ \sigma_y \ \sigma_z \ \sigma_{xy} \ \sigma_{yz} \ \sigma_{xz}]^T$ - вектор напряжений (как выходная величина помечается меткой S);

[D] – матрица упругости (описывается уравнениями (17)...(22), обратная матрица записывается в виде (3) и (4);

$\{\epsilon_{el}\} = \{\epsilon\} - \{\epsilon_{th}\}$ - выходной массив;

$\{\epsilon\} = [\epsilon_x \ \epsilon_y \ \epsilon_z \ \epsilon_{xy} \ \epsilon_{xz} \ \epsilon_{yz}]^T$ - вектор полной (суммарной) деформации;

$\{\epsilon_{th}\}$ – вектор температурной деформации.

Компоненты вектора напряжений показаны на Рисунке 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.

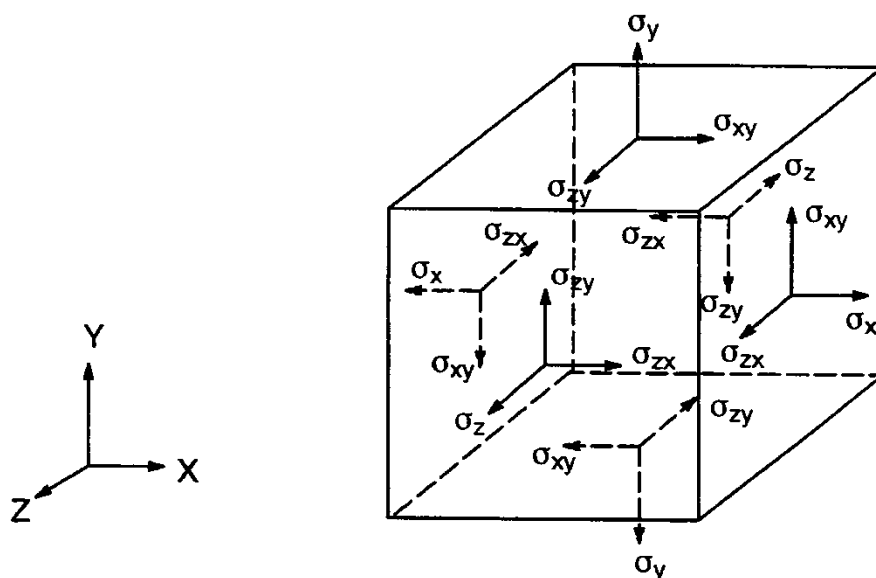


Рис. 2. Компоненты вектора напряжений

Уравнение (1) может быть обращено следующим образом:

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

Матрица $[D]^{-1}$, нормализованная по столбцам, имеет вид:

$$[D]^{-1} = \begin{vmatrix} 1/E_x & -\nu_{xy}/E_y & -\nu_{xz}/E_z & 0 & 0 & 0 \\ -\nu_{yx}/E_x & 1/E_y & -\nu_{yz}/E_z & 0 & 0 & 0 \\ -\nu_{zx}/E_x & -\nu_{zy}/E_y & 1/E_z & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_z \end{vmatrix} \quad (3)$$

При использовании нормализация по строкам, матрица записывается следующим образом:

$$[D]^{-1} = \begin{vmatrix} 1/E_x & -\nu^*_{xy}/E_y & -\nu^*_{xz}/E_z & 0 & 0 & 0 \\ -\nu^*_{yx}/E_x & 1/E_y & -\nu^*_{yz}/E_z & 0 & 0 & 0 \\ -\nu^*_{zx}/E_x & -\nu^*_{zy}/E_y & 1/E_z & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_{xy} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{yz} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{zx} \end{vmatrix} \quad (4)$$

Для записи элементов этих матриц используются обозначения:

E_x – модуль Юнга в направлении оси x ,

ν_{xy} – минимальный коэффициент Пуассона,

ν^*_{xy} – максимальный коэффициент Пуассона,

G_{xy} – 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:

$$v_{yx} / E_x = v_{xy} / E_y \quad (5)$$

$$v_{zx} / E_x = v_{xz} / E_z \quad (6)$$

$$v_{zy} / E_y = v_{yz} / E_z \quad (7)$$

или

$$v^*_{yx} / E_y = v^*_{xy} / E_x \quad (8)$$

$$v^*_{zx} / E_z = v^*_{xz} / E_x \quad (9)$$

$$v^*_{zy} / E_z = v^*_{yz} / E_y \quad (10)$$

Согласно допустимым выше соотношениям, величины v_{xy} , v_{zy} , v_{zx} , v^*_{yx} , v^*_{zy} и v^*_{zx} являются зависимыми и поэтому не задаются при вводе исходных данных.

Из равенства (2) в развернутом виде, используя выражения (3), а также (5)...(7), получаем шесть уравнений:

$$\varepsilon_x = \alpha_x \Delta T + \sigma_x / E_x - v_{xy} \sigma_y / E_y - v_{xz} \sigma_z / E_z \quad (11)$$

$$\varepsilon_y = \alpha_y \Delta T + \sigma_y / E_y - v_{xy} \sigma_x / E_y - v_{yz} \sigma_z / E_z \quad (12)$$

$$\varepsilon_z = \alpha_z \Delta T + \sigma_z / E_z - v_{xz} \sigma_x / E_z - v_{yz} \sigma_y / E_z \quad (13)$$

$$\varepsilon_{xy} = \sigma_{xy} / G_{xy} \quad (14)$$

$$\varepsilon_{yz} = \sigma_{yz} / G_{yz} \quad (15)$$

$$\varepsilon_{xz} = \sigma_{xz} / G_{xz}, \quad (16)$$

где ε_x - деформация в направлении оси x ,

ε_{xy} - деформация сдвига в плоскости $x - y$,

σ_x - напряжения в направлении оси x ,

σ_{xy} - напряжения сдвига в плоскости $x - y$;

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

Уравнение (1) можно переписывать в развернутом виде, используя обратную матрицу (3), что вместе с уравнениями (5)...(7) дает шесть соотношений для напряжений:

$$\sigma_x = E_x/h [1 - (v_{yz})^2 E_y/E_z] (\varepsilon_x - \alpha_x \Delta T) + E_x/h [v_{xy} + v_{xz}v_{yz} E_y/E_z] (\varepsilon_y - \alpha_y \Delta T) + E_x/h [v_{xz} + v_{yz}v_{xy}] (\varepsilon_z - \alpha_z \Delta T) \quad (17)$$

$$\sigma_y = E_x/h [v_{xy} + v_{xz}v_{yz} E_y/E_z] (\varepsilon_x - \alpha_x \Delta T) + E_y/h [1 - (v_{xz})^2 E_x/E_z] (\varepsilon_y - \alpha_y \Delta T) + E_y/h [v_{yz} + v_{xz}v_{xy} E_x/E_y] (\varepsilon_z - \alpha_z \Delta T) \quad (18)$$

$$\sigma_z = E_x/h [v_{xz} + v_{yz}v_{xy}] (\varepsilon_x - \alpha_x \Delta T) + E_y/h [v_{yz} + v_{xz}v_{xy} E_x/E_y] (\varepsilon_y - \alpha_y \Delta T) + E_z/h [1 - (v_{xy})^2 E_x/E_y] (\varepsilon_z - \alpha_z \Delta T) \quad (19)$$

$$\sigma_{xy} = G_{xy} \varepsilon_{xy} \quad (20)$$

$$\sigma_{yz} = G_{yz} \varepsilon_{yz} \quad (21)$$

$$\sigma_{xz} = G_{xz} \varepsilon_{xz}, \quad (22)$$

в которых обозначено: $h = 1 - (v_{xy})^2 E_x/E_y - (v_{yz})^2 E_y/E_z - (v_{xz})^2 E_x/E_z - 2 v_{xy} v_{yz} v_{xz} E_x/E_z$.

Если модули сдвига G_{xy} , G_{yz} , G_{xz} не задаются при вводе, то их значения вычисляются следующим образом:

$$G_{xy} = (E_x E_y) / (E_x + E_y + 2 v_{xy} E_x) \quad (23)$$

$$G_{yz} = G_{xy} \quad (24)$$

$$G_{xz} = G_{xy} \quad (25)$$

4. Расчет конструкции

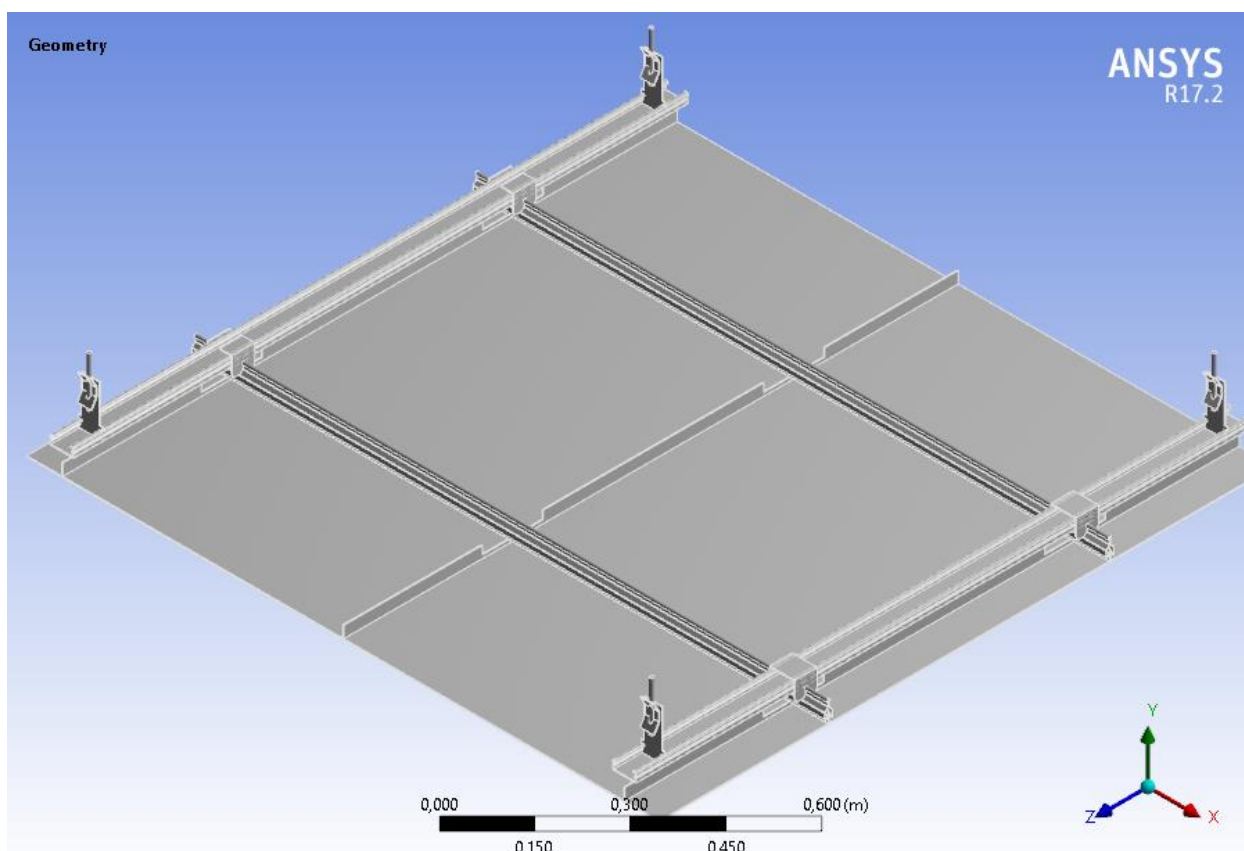


Рис. 3. Расчетная аппроксимированная модель

4.1 Определение собственных частот колебаний конструкции

№ Рис.	Форма колебаний	Частота, Гц
5	1	34,134
6	2	46,483
7	3	54,588
8	4	71,716
9	5	73,318
10	6	98,033

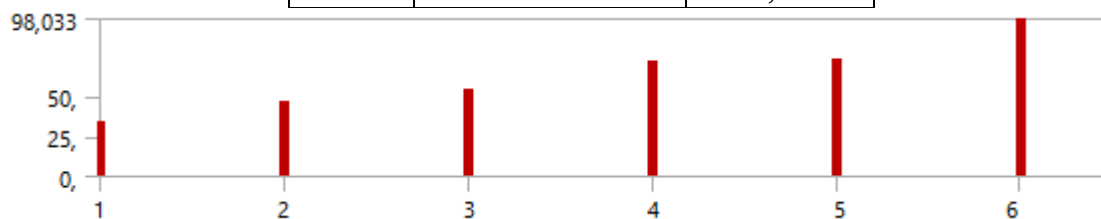


Рис. 4. Гистограмма собственных частот колебаний

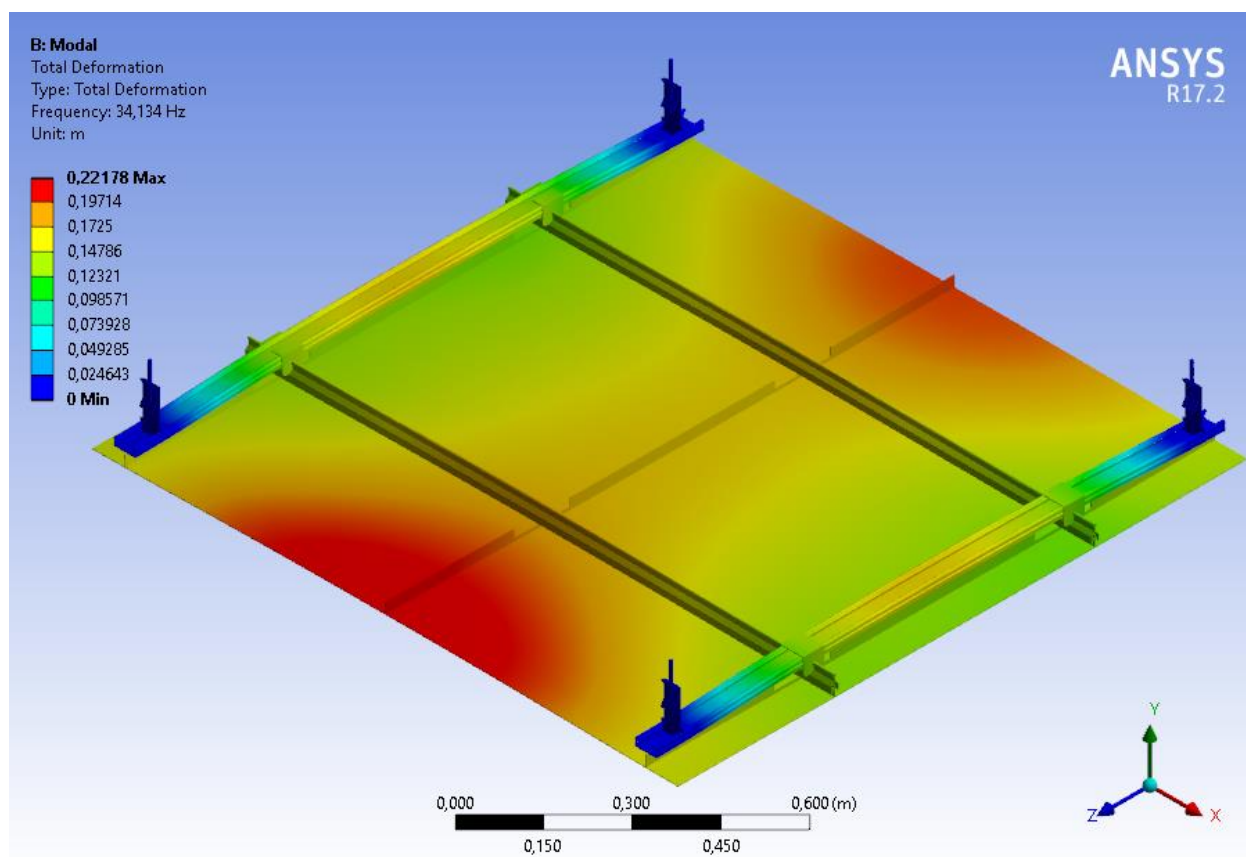


Рис. 5. Амплитуда при 1-й форме колебаний [м]

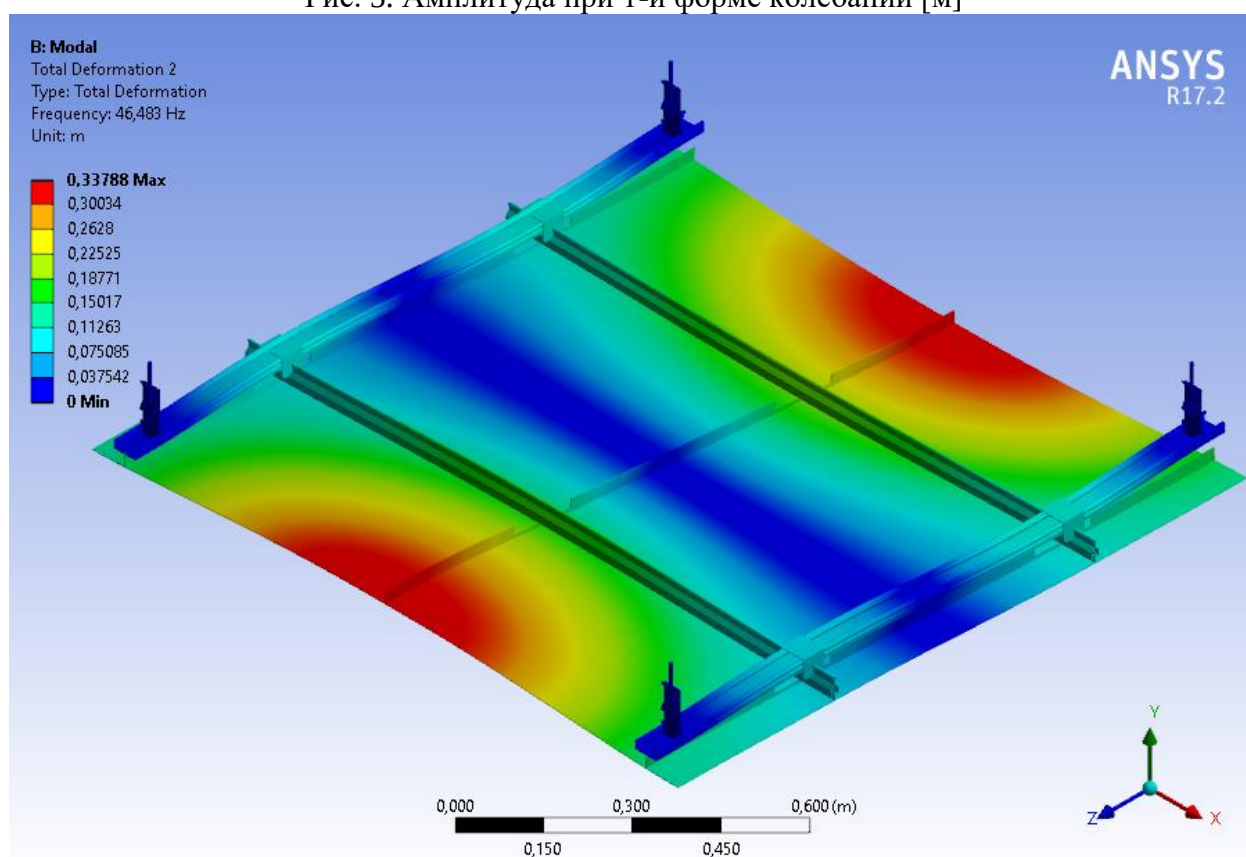


Рис. 6. Амплитуда при 2-й форме колебаний [м]

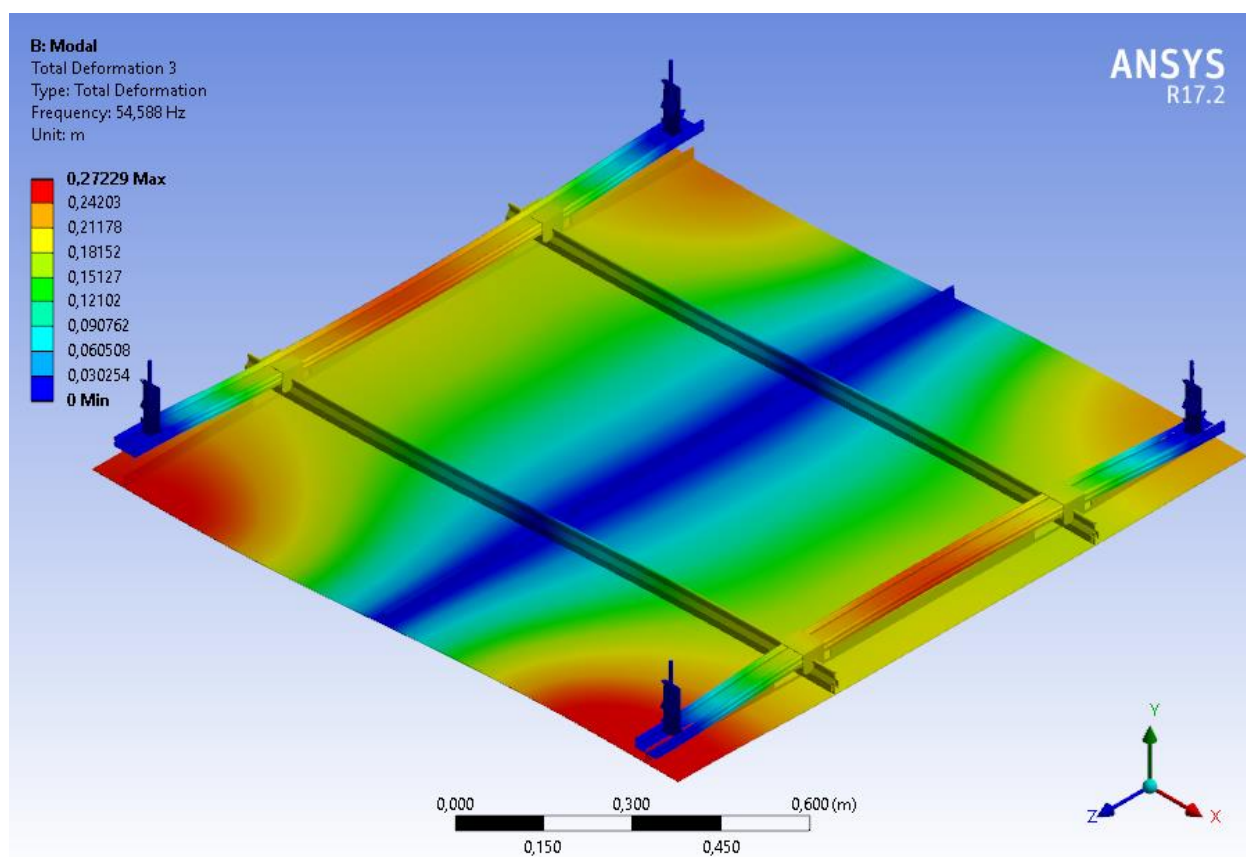


Рис. 7. Амплитуда при 3-й форме колебаний [м]

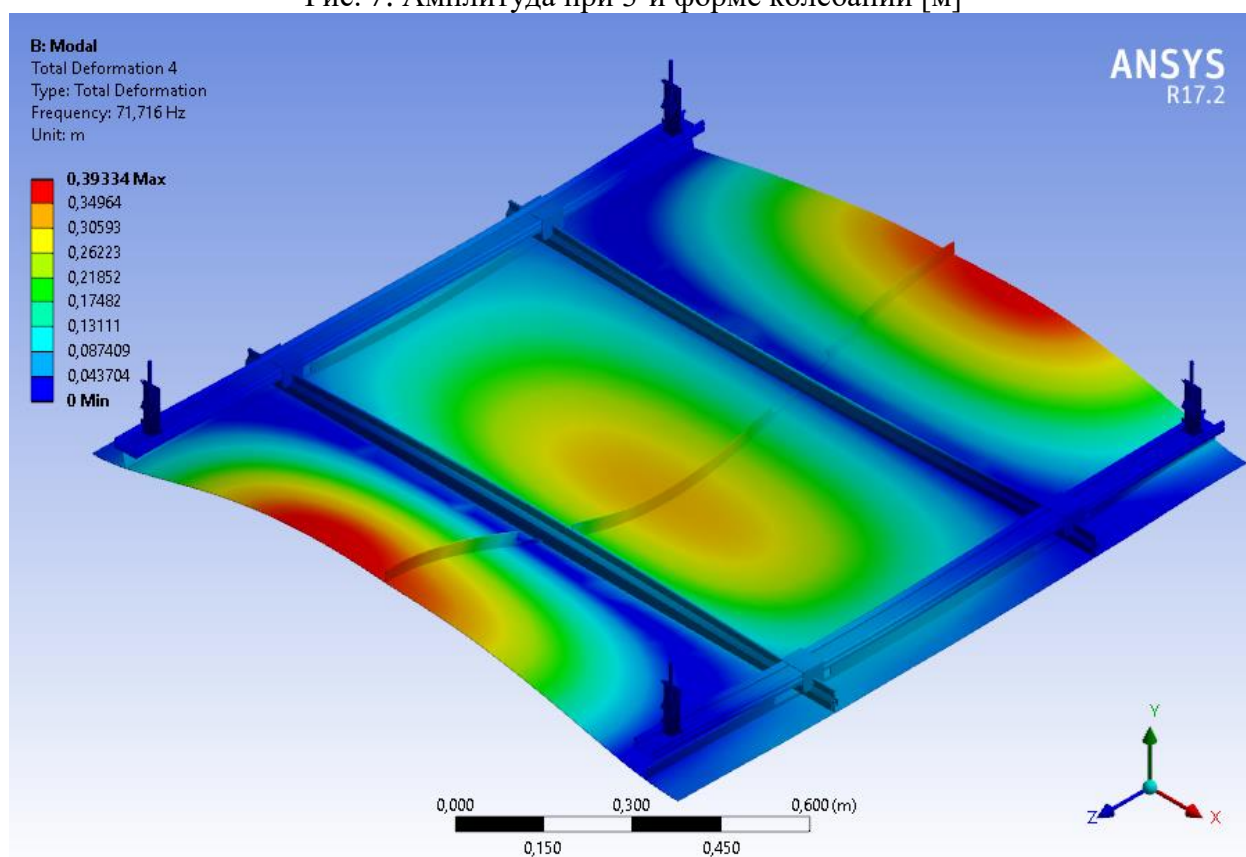


Рис. 8. Амплитуда при 4-й форме колебаний [м]

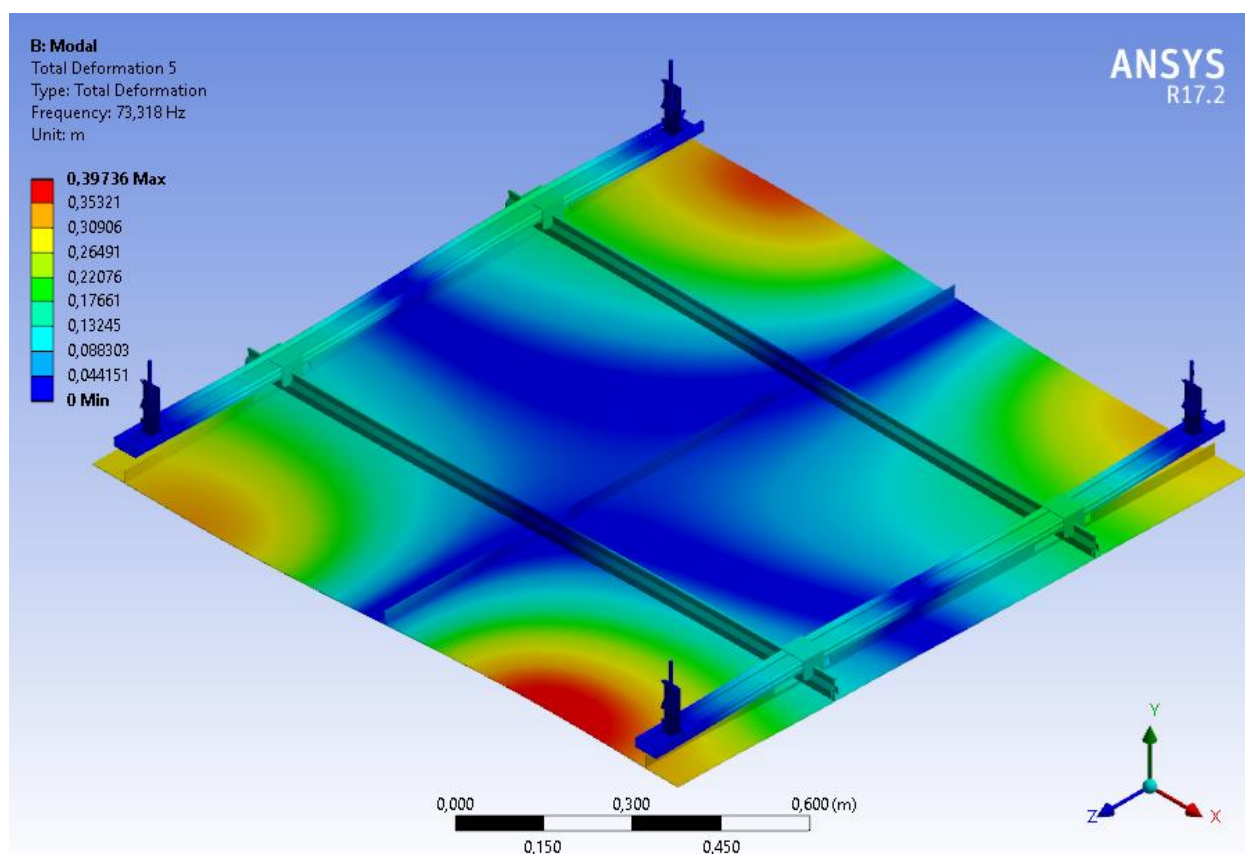


Рис. 9. Амплитуда при 5-й форме колебаний [м]

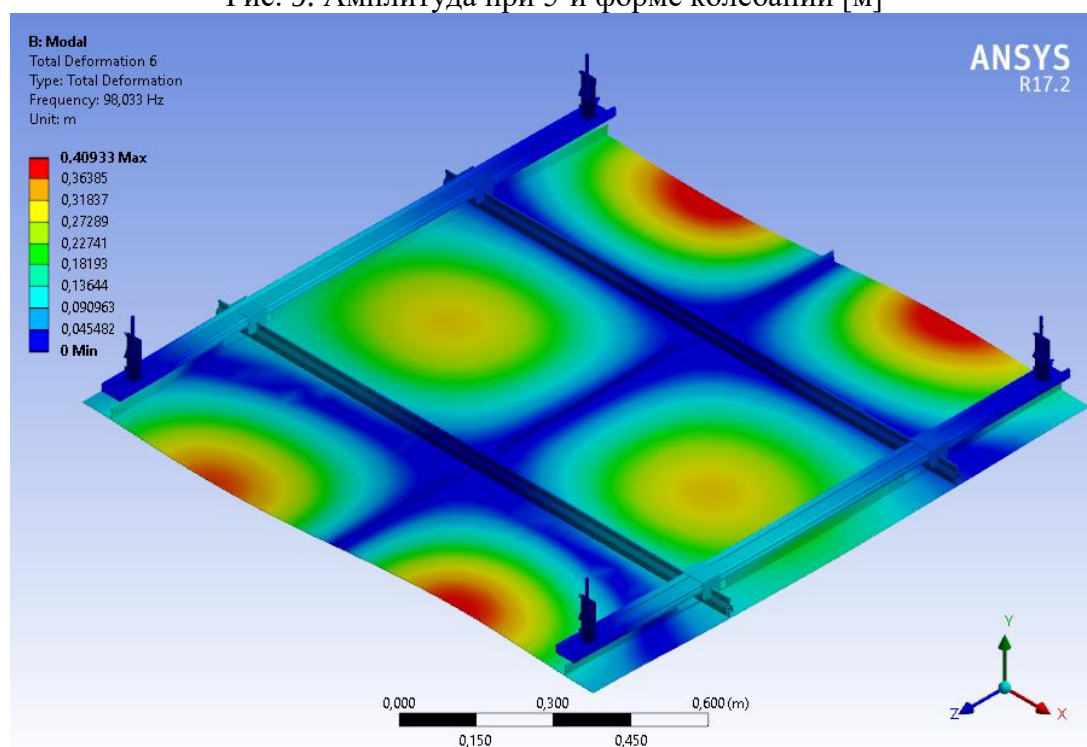


Рис. 10. Амплитуда при 6-й форме колебаний [м]

4. 2 Анализ сейсмического воздействия на конструкцию

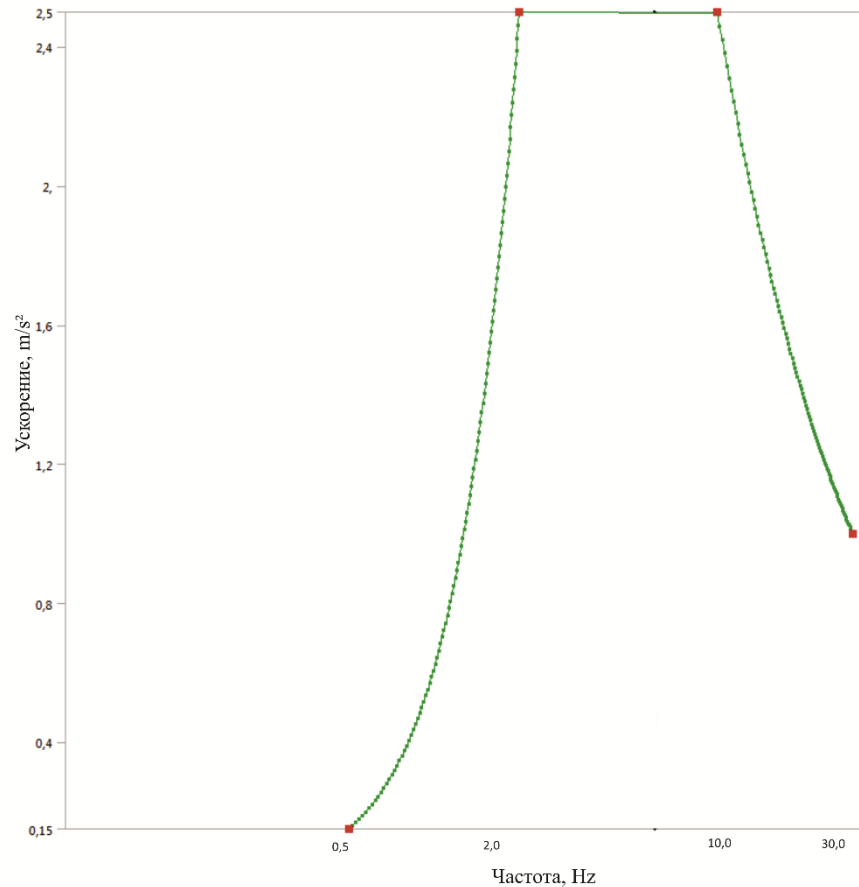


Рис. 11. График зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации – расчетный спектр воздействия

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

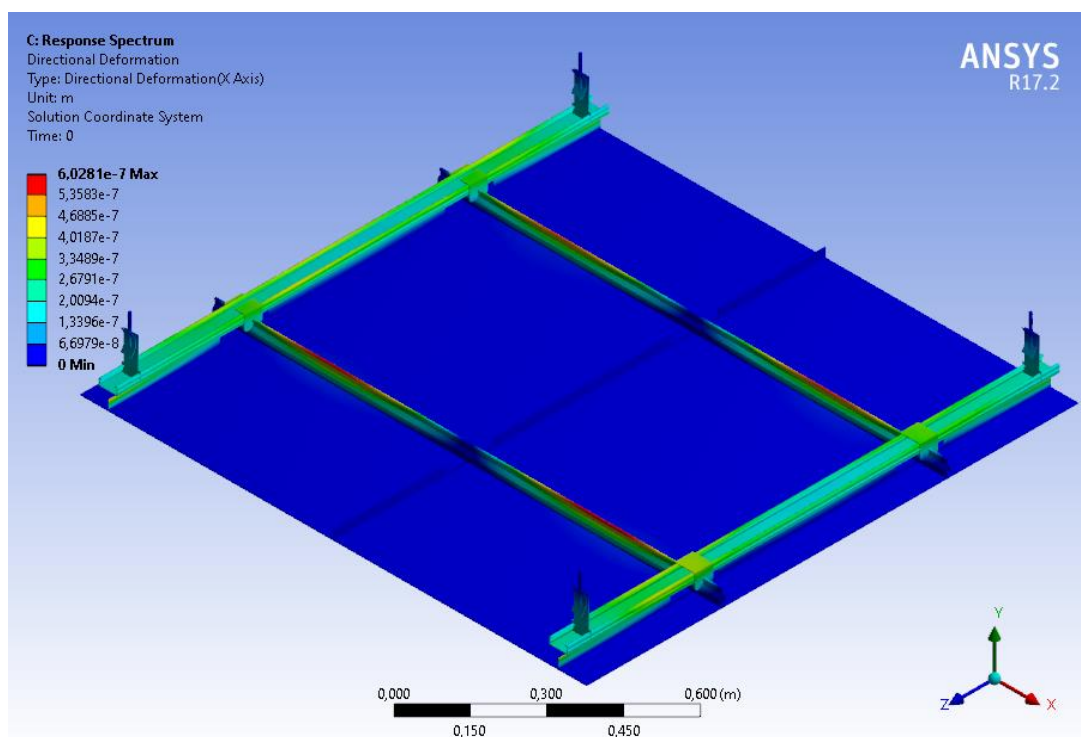


Рис. 12. Перемещения по оси X [м]

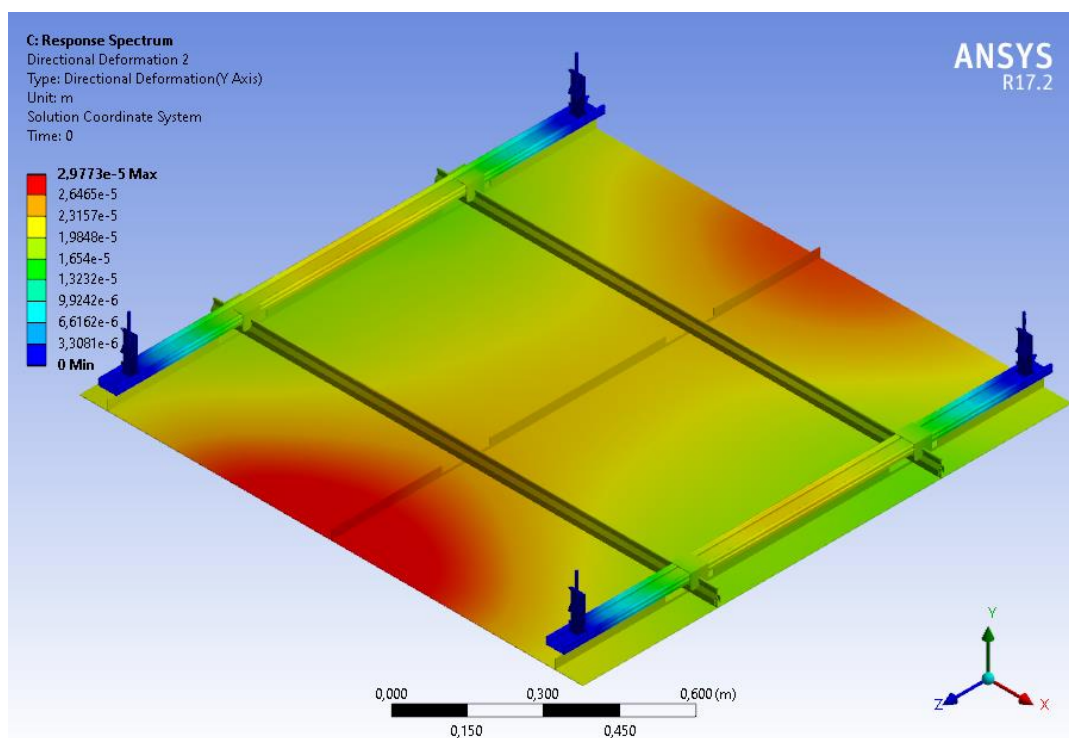


Рис. 13. Перемещения по оси Y [м]

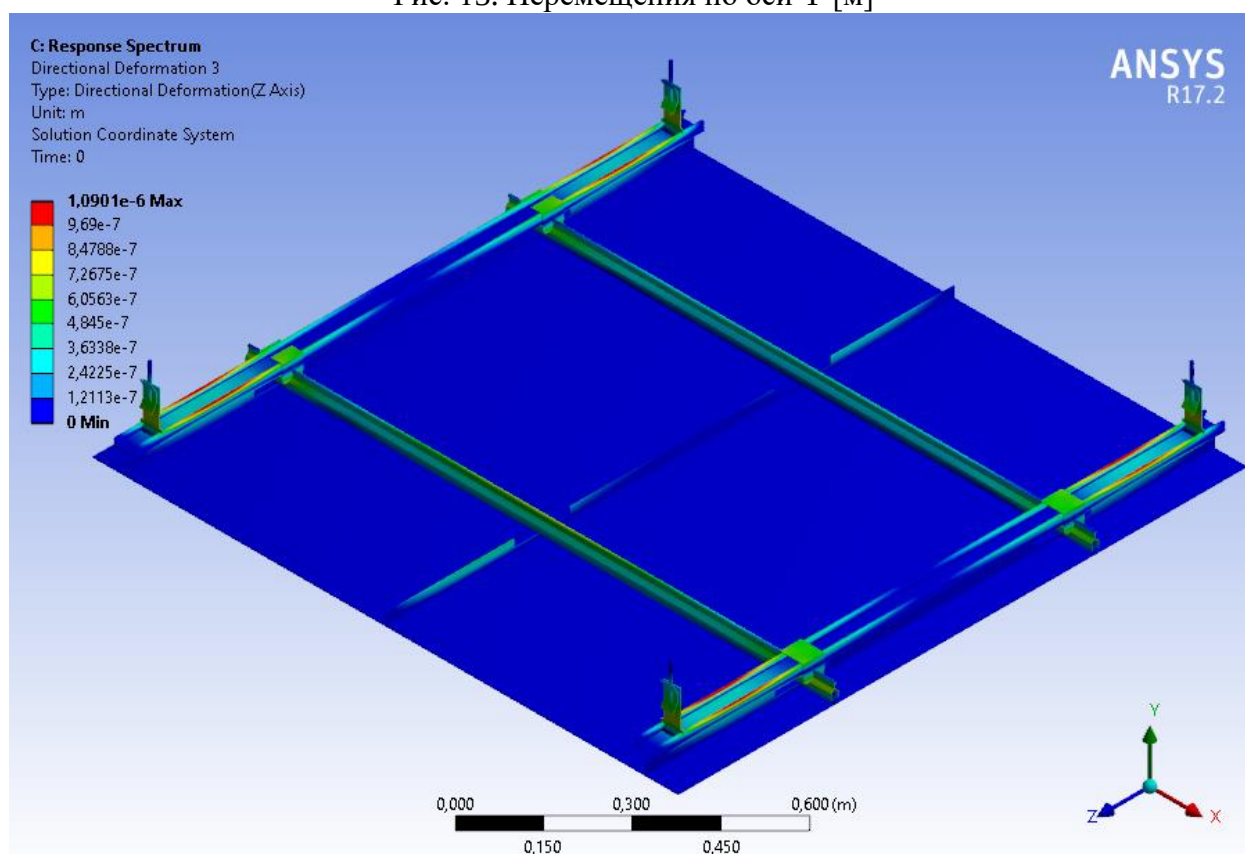


Рис. 14. Перемещения по оси Z [м]

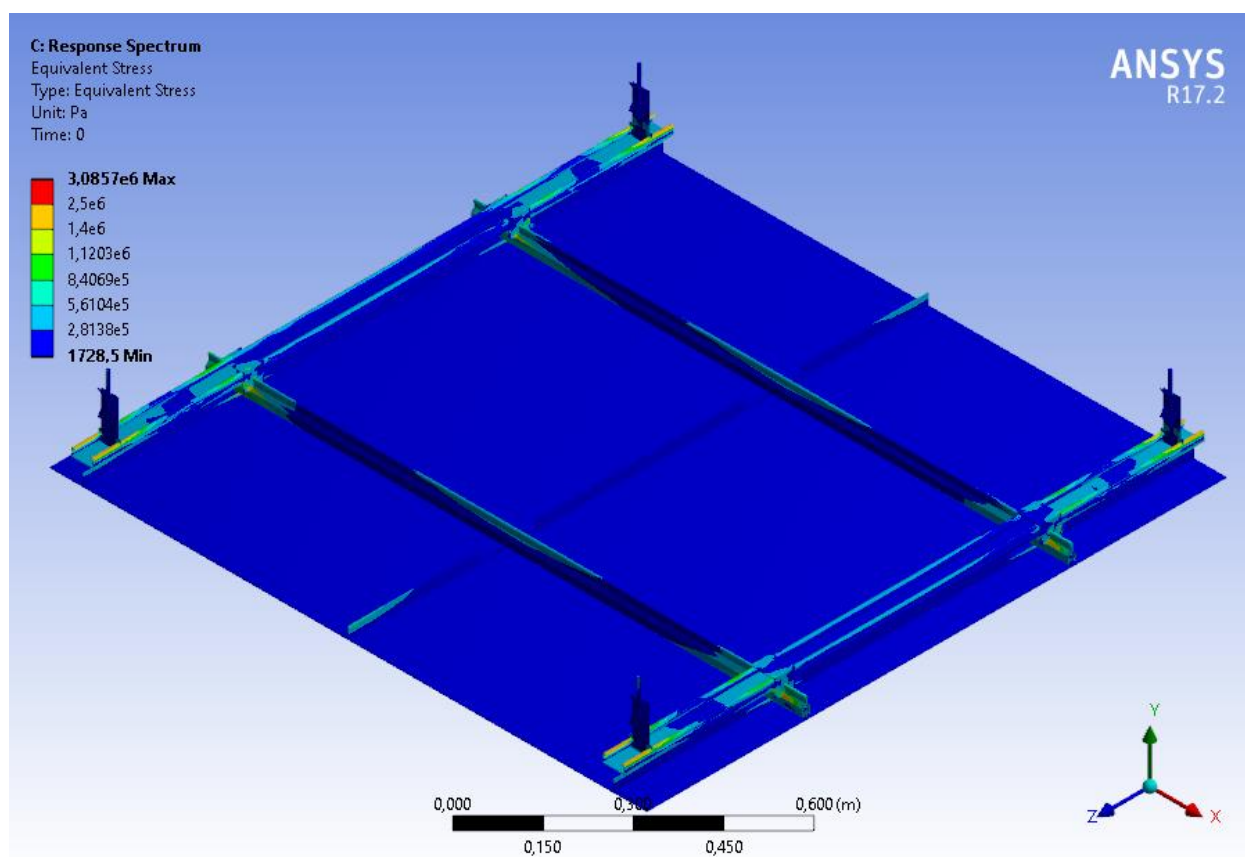


Рис. 15. Эквивалентные напряжения [Па]

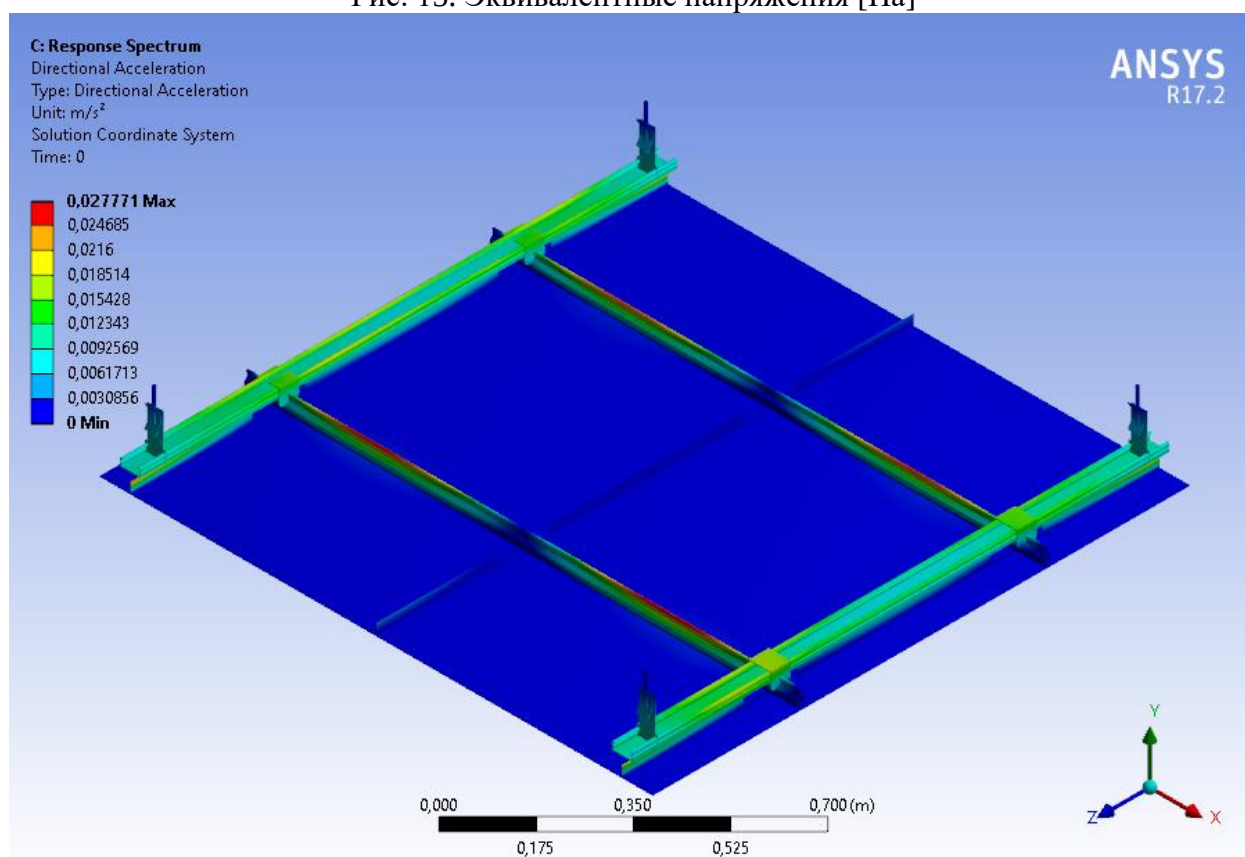


Рис. 16. Ускорение по оси X [m/s^2]

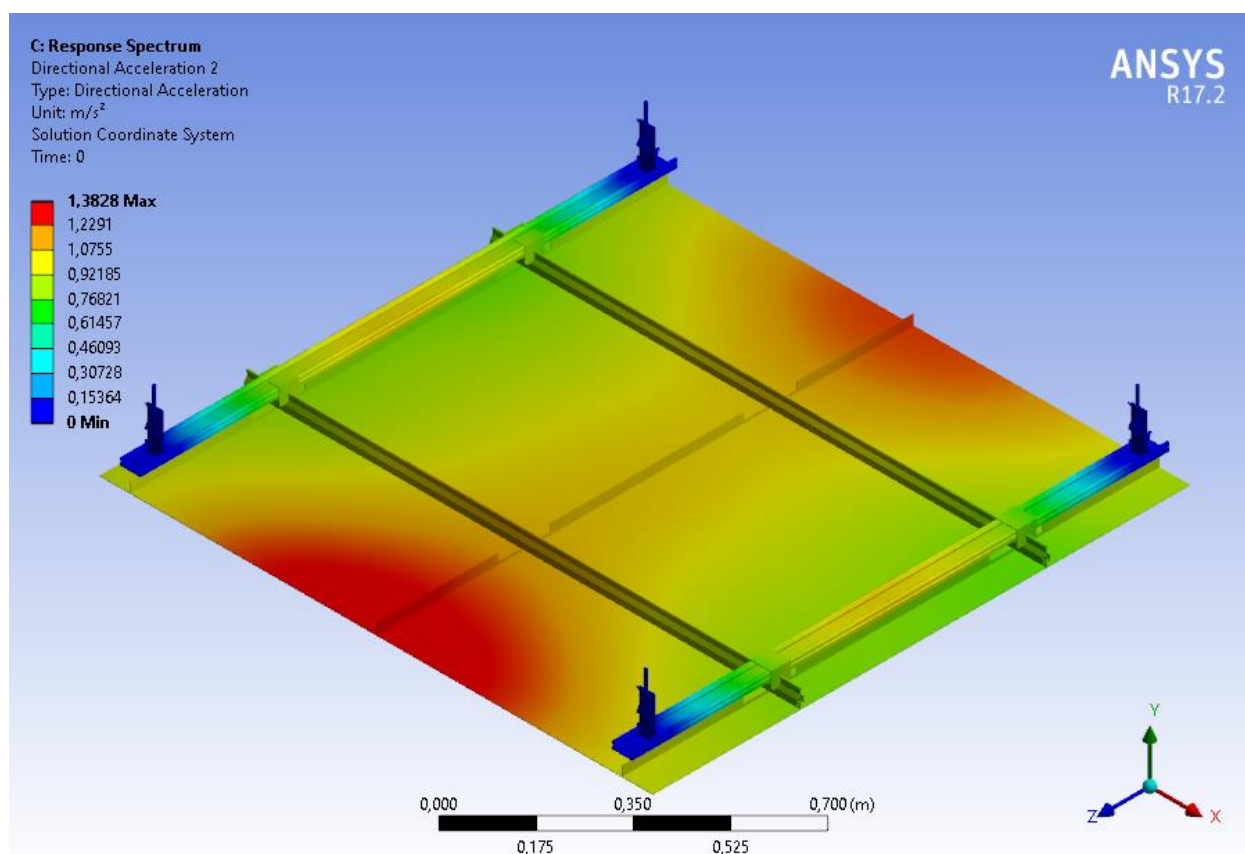


Рис. 17. Ускорение по оси Y [m/s^2]

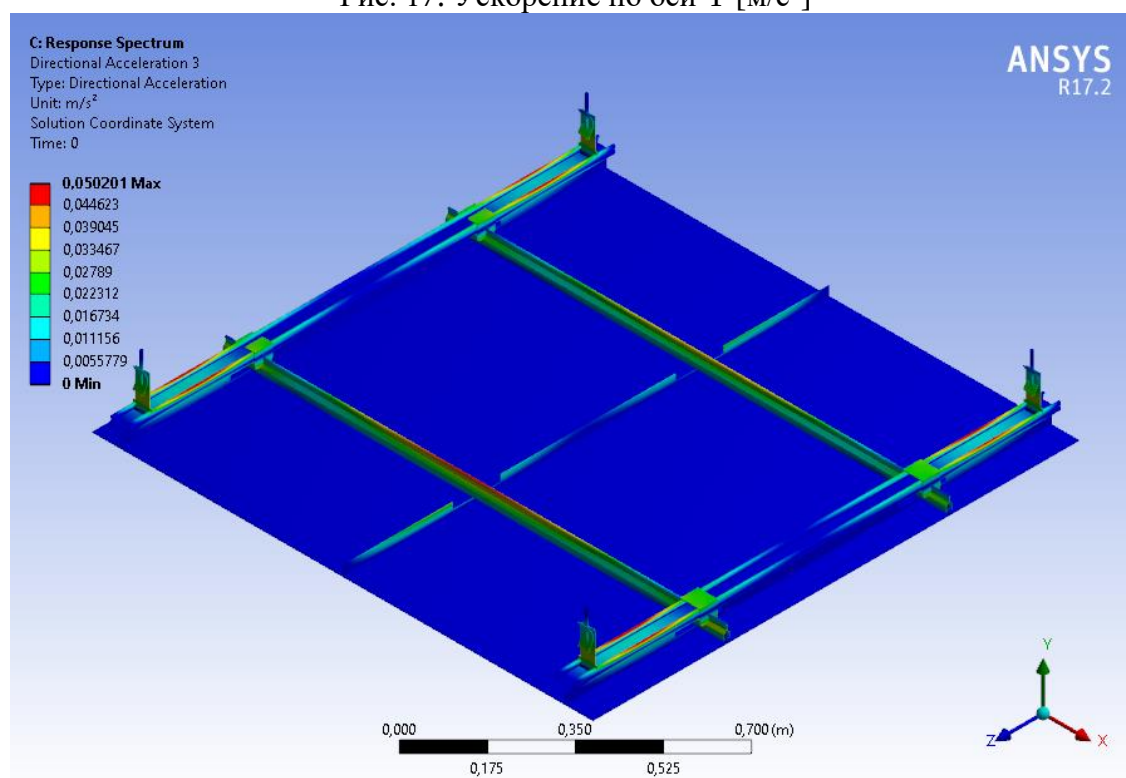


Рис. 18. Ускорение по оси Z [m/s^2]

4.3 Визуализация коэффициента запаса прочности от сейсмического воздействия

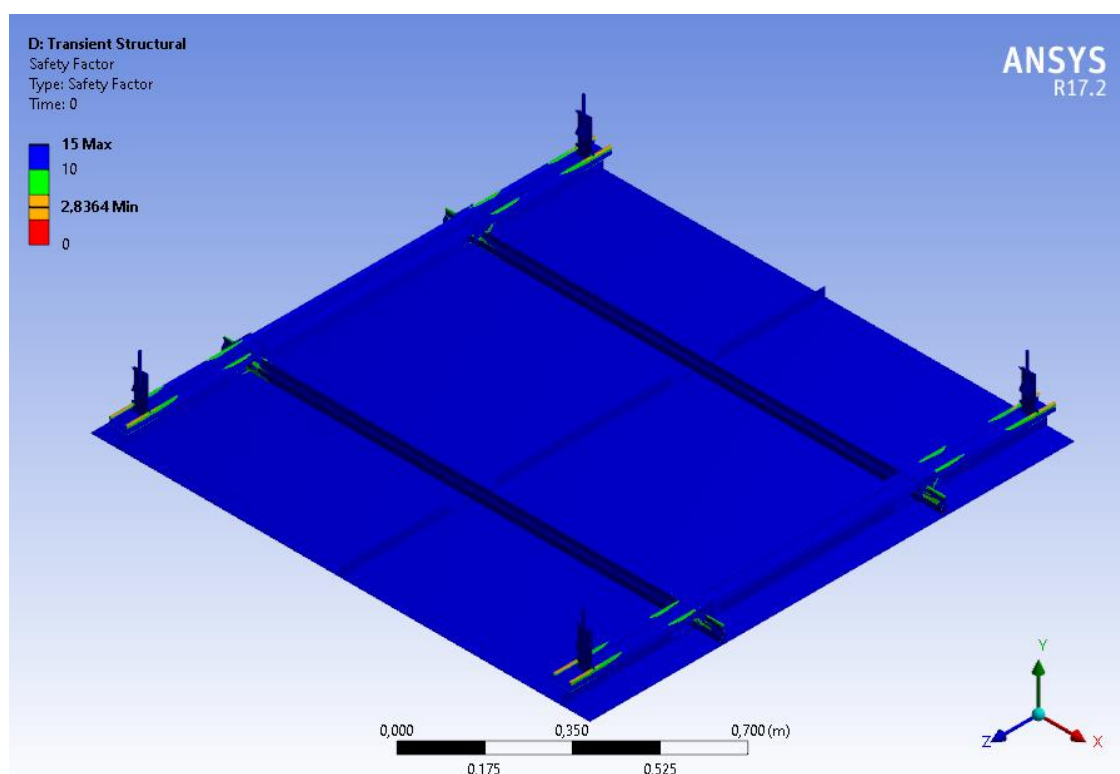


Рис. 19. Визуализация коэффициента запаса прочности

5. Общие выводы

По результатам исследований сейсмостойкости конструкции подвесных потолков компании ООО «ГК АСП» типов **Конструкция подвесного потолка Албес и Perfaten CLIP-IN AC-100, AP 600 x 600 AC 45°/90° MEDICAL и Ingermax AP 600 AC 45°/90°** включающих в себя несущую подсистему из стальных конструкций и потолочные облицовочные панели из оцинкованной стали, предназначенных для облицовки зданий и сооружений, выполненных на основании технической документации, 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 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» можно отметить следующее;

1. В соответствии с программой исследований были проведены испытания указанных выше металлических облицовочных изделий и элементов креплений. В испытании представлены: собственные частоты колебаний конструкции Конструкция подвесного потолка **Албес и Perfaten CLIP-IN AC-100, AP 600 x 600 AC 45°/90° MEDICAL и Ingermax AP 600 AC 45°/90°** сейсмическое воздействие на Конструкции подвесного потолка **Албес и Perfaten CLIP-IN AC-100, AP 600 x 600 AC 45°/90° MEDICAL и Ingermax AP 600 AC 45°/90°**, визуализация коэффициента запаса прочности;

2. На основании проведенного испытания можно сделать вывод, что прочность конструкции подвесных потолков Конструкция подвесного потолка **Албес и Perfaten CLIP-IN AC-100, AP 600 x 600 AC 45°/90° MEDICAL** и Ingermax AP 600 AC 45°\90°, от сейсмического воздействия в 9 баллов по шкале MSK-64 обеспечена.

Заключение:

Представленные на испытания образцы соответствуют требованиям ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98 (исполнение сейсмостойкости (9) баллов по шкале MSK-64)