СейсмоБезопасность
СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

Система добровольной сертификации в области сейсмостойкости, виброустойчивости, вибропрочности, стойкости к климатическим воздействующим факторам

119311, г.Москва, ул. Крупской, д.8, корп. 3

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

Серия 001 № 1264

Выдан

Общество с ограниченной ответственностью «НИИИТ».
Адрес: 123592, г. Москва, ул. Кулакова, д. 20, стр. 1Г, пом. XIV, эт. 3, ком. 10, 11, 52-57.
Фактический адрес: 123592, г. Москва, ул. Кулакова, д. 20, стр. 1Г, пом. XIV, эт. 3, ком. 10, 11, 52-57.
Телефон: +7 (495) 788-44-50, e-mail: info@senson.ru.
(наименование организации, получившей сертификат)

Настоящий сертификат удостоверяет, что продукция

Газоанализаторы «Сенсон», выпускаемые по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017
(наименование продукции)

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ
(наименование нормативного документа)

ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98
(исполнение сейсмостойкости 9 баллов по шкале MSK-64)

НА ОСНОВАНИИ
(наименование протокола испытаний, актов проверок)

Протокола испытаний № 085-08-23-Д-ВТ от 08.08.2023 года, выданного Испытательной лабораторией «Вольтекс» Общества с ограниченной ответственностью «ПрофНадзор», регистрационный № РОСС RU.31297.04ЖТУ0.005.

Орган по сертификации: **Общество с ограниченной ответственностью «Центр сертификации «ВЕЛЕС».**
Фактический адрес: **195009, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 12, корп. 2, лит. А, эт. 2, комн. 26.**

Регистрационный номер: **СБ.ОС.012**
Дата регистрации: **10.08.2023**
Срок действия сертификата: **09.08.2026**

Руководитель органа по сертификации _____ Родзивон Г.А. (ФИО) _____ (подпись)

М.П.

Санкт-Петербург

Испытательная лаборатория «Вольтекс»
ООО «ПрофНадзор»
Адрес организации и места осуществления деятельности: 121087, г. Москва, пр. Багратионовский, д. 7, корп. 1, эт. 4, пом. I, ком. 21
Свидетельство о признании компетентности испытательной лаборатории:
№ РОСС RU.31485.04ИДЮ0.121 от 22.06.2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ИЛ «Вольтекс»

_____ А.Р. Иванилов

М.П.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
№ 085-08-23-Д-ВТ от 08.08.2023

Объект испытаний:	Газоанализатор «Сенсон», выпускаемый по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017
Изготовитель:	ООО «НИИИТ»
Юридический адрес:	123592, г. Москва, ул. Кулакова, д. 20, стр. 1Г, пом. XIV, эт. 3, ком. 10, 11, 52-57.
Заявитель:	Орган по сертификации: ООО «Центр Сертификации «ВЕЛЕС»
Юридический адрес:	195009, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 12, корп. 2, лит. А, эт. 2, ком. 26
Документ, на соответствие которому проводились испытания:	Испытания на соответствие требованиям безопасности по: ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98 (исполнение сейсмостойкости 9 баллов по шкале MSK-64)
Результаты испытаний:	См. приложение 1
Дата проведения испытаний:	08.08.2023

Протокол распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям.
Не допускается частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения испытательной лаборатории.

1. Процедура испытаний

1.1. Идентификация изделия:	Наименование, тип, маркировка образцов соответствуют сопроводительной документации
1.2. Отбор образцов:	Произведен в соответствии с ГОСТ Р 58972-2020
1.3. Цель испытаний:	Подтверждение соответствия требованиям НД: ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98 (исполнение сейсмостойкости 9 баллов по шкале MSK-64)
1.4. Методика испытаний:	Собственный вес конструкции распределяется между узлами конечно-элементной модели пропорционально примыкающим площадям. Собственный вес оборудования сосредоточен в узлах закрепления (используются конечные элементы «сосредоточенная масса»). Напряженно-деформированное состояние несущих конструкций от сейсмического воздействия определено линейно-спектральным методом. Компоненты X, Y, Z в запас прочности складываются по абсолютной величине.
1.5. Условия проведения испытаний:	Подготовка образца к испытаниям и сами испытания проведены при нормальных климатических условиях, по ГОСТ 15150-69

2. Заключение

Газоанализатор «Сенсон», выпускаемый по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017, соответствует:

ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98 (исполнение сейсмостойкости 9 баллов по шкале MSK-64).

Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие ОГВ» ИЛ «Вольтекс» * Москва *

Приложение №1

к протоколу № 085-08-23-Д-ВТ

Испытание на сейсмическое воздействие Газоанализатора «Сенсон», выпускаемого по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017

Общество с ограниченной ответственностью «Профвакуум» ИНН 7717546140 ОГРН 1147746... Москва
НП «Вольтекс»

Содержание

1. Общие сведения 3

2. Нагрузки и воздействия, действующие на газоанализатор 3

3. Методика расчета 4

4. Расчет газоанализатора 7

4.1. Определение собственных частот колебаний газоанализатора 8

4.2. Анализ сейсмического воздействия на газоанализатор 11

4.3. Визуализация коэффициента запаса прочности от сейсмического воздействия 15

5. Общие выводы 16

1. Общие сведения

Испытание на сейсмическое воздействие газоанализатора «Сенсон», выпускаемого по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017 (далее газоанализатор), выполнено расчетным методом 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».

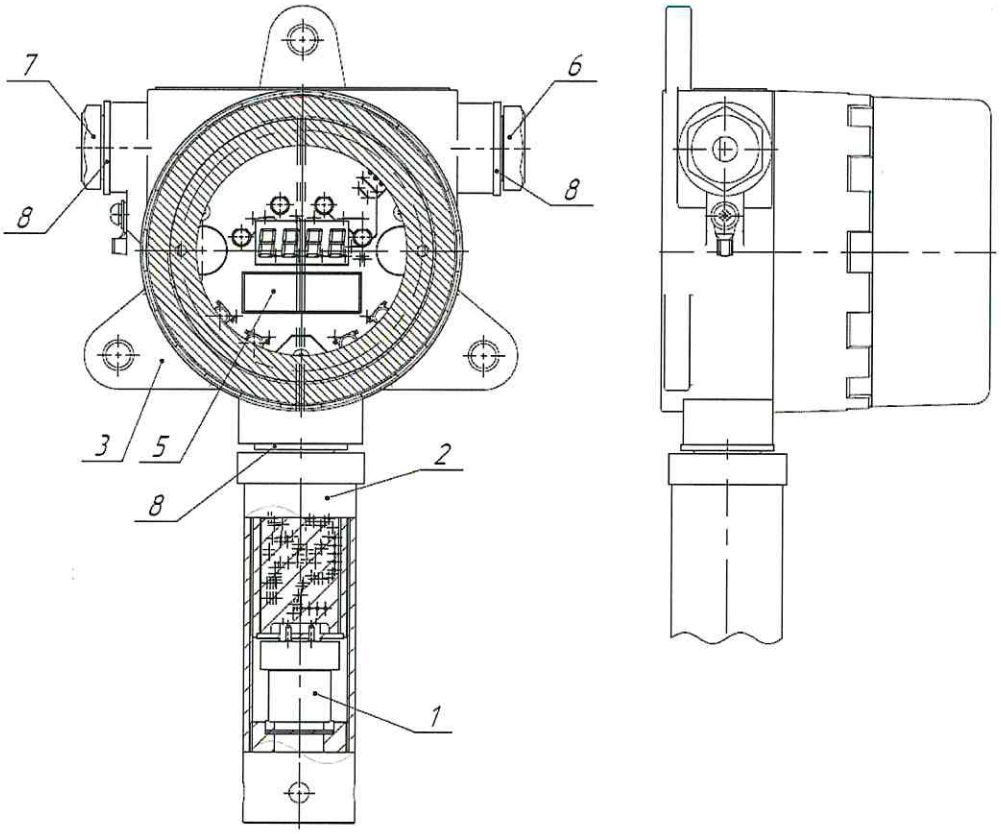

Рис. 1. Общий вид газоанализатора

2. Нагрузки и воздействия, действующие на газоанализатор

На основании технической документации, был смоделирован газоанализатор.

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

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

Общество с ограниченной ответственностью «Профэкспо» ИНН 7704...
Н.Л «Вольтекс»
Москва

3. Методика расчета

Расчет выполнен в ПО ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа. ANSYS аттестован в Ростехнадзоре России (паспорт номер 327 от 18 апреля 2013), ISO 9001 2008.

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:

$$\{\sigma\} = [D]\ \{\varepsilon_{el}\}, \qquad (1)$$

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);

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

$\{\varepsilon\} = [\varepsilon_x\ \varepsilon_y\ \varepsilon_z\ \varepsilon_{xy}\ \varepsilon_{xz}\ \varepsilon_{yz}]^T$ – вектор полной (суммарной) деформации;

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

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.

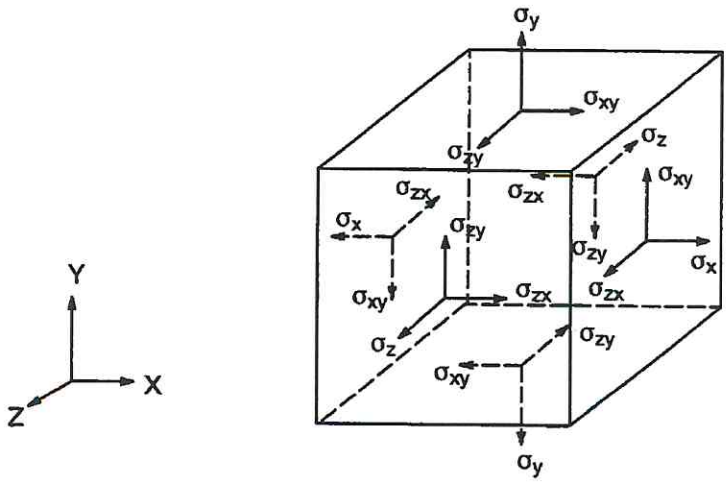

Рис. 2. Компоненты вектора напряжений

Уравнение (1) может быть обращено следующим образом:

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

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

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

При использовании нормализации по строкам, матрица записывается следующим образом:

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

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.

Общество с ограниченной ответственностью «Представительство ИЦ «Вольтекс» * Москва *

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

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

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

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

или

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

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

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

Согласно допустимым выше соотношениям, величины ν_{xy}, ν_{zy}, ν_{zx}, ν^*_{yx}, ν^*_{zy} и ν^*_{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:

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

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

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

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

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

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

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:

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

$$\sigma_y = E_x/h\ [\nu_{xy} + \nu_{xz}*\nu_{yz}*E_y/E_z]\ (\varepsilon_x - \alpha_x*\Delta T) + E_y/h\ [1 - \quad (18)$$

ПП «Вольтекс» Москва

$- (\nu_{xz})^2 * E_x/E_z] (\varepsilon_y - \alpha_y * \Delta T) + E_y/h [\nu_{yz} + \nu_{xz} * \nu_{xy} * E_x/E_y] (\varepsilon z -$

$- \alpha_z * \Delta T),$

$\sigma_z = E_x/h [\nu_{xz} + \nu_{yz} * \nu_{xy}] (\varepsilon_x - \alpha_x * \Delta T) + E_y/h [\nu_{yz} +$

$+ \nu_{xz} * \nu_{xy} * E_x/E_y] (\varepsilon_y - \alpha_y * \Delta T) + E_z/h [1 - (\nu_{xy})^2 * E_x/E_y] (\varepsilon_z -$ (19)

$- \alpha_z * \Delta T),$

$\sigma_{xy} = G_{xy} \in xy,$ (20)

$\sigma_{yz} = G_{yz} \in yz,$ (21)

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

в которых обозначено:

$h = 1 - (\nu_{xy})^2 * E_x/E_y - (\nu_{yz})^2 * E_y/E_z - (\nu_{xz})^2 * E_x/E_z - 2\ \nu_{xy} * \nu_{yz} * \nu_{xz} * E_x/E_z.$

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

$G_{xy} = (E_x * E_y)/(E_x + E_y + 2\ \nu_{xy} * E_x)$ (23)

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

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

4. Расчет газоанализатора

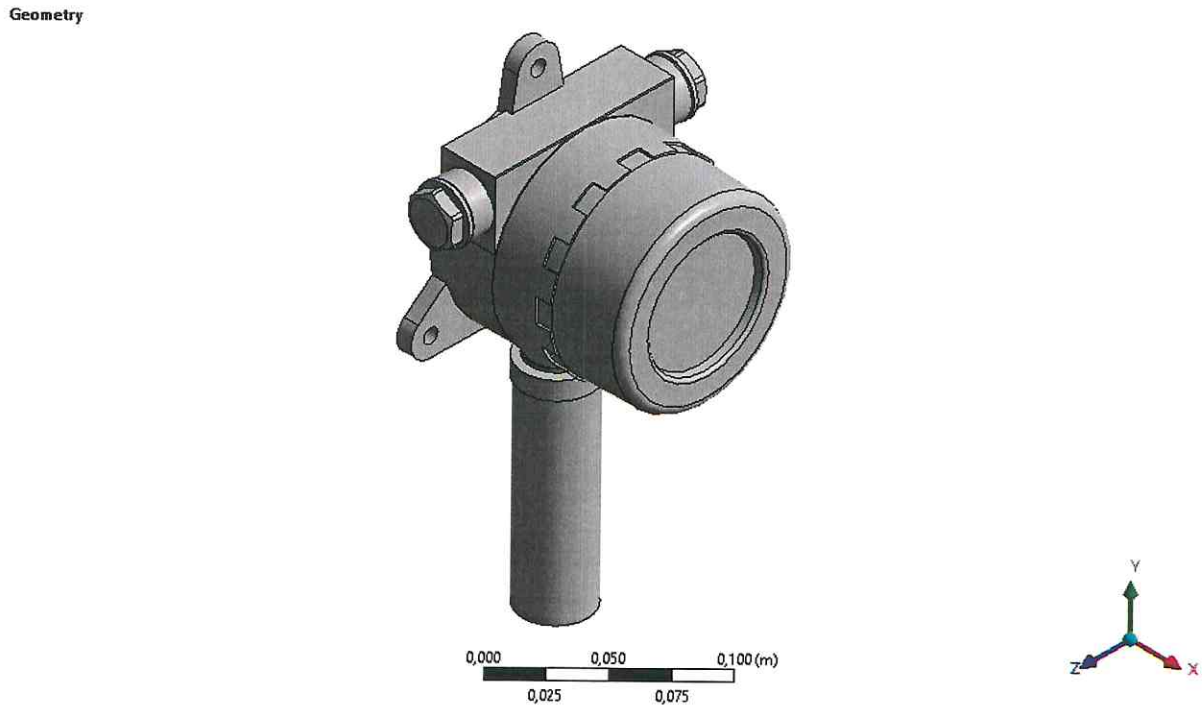

Рис. 3. Расчетная аппроксимированная модель

Общество с ограниченной ответственностью «Профтехсервис»
НП «Вольтекс»
Москва

4.1. Определение собственных частот колебаний газоанализатора

№ Рис.	Форма колебаний	Частота, Гц
5	1	136,79
6	2	137,3
7	3	357,28
8	4	807,59
9	5	996,11
10	6	2303,8

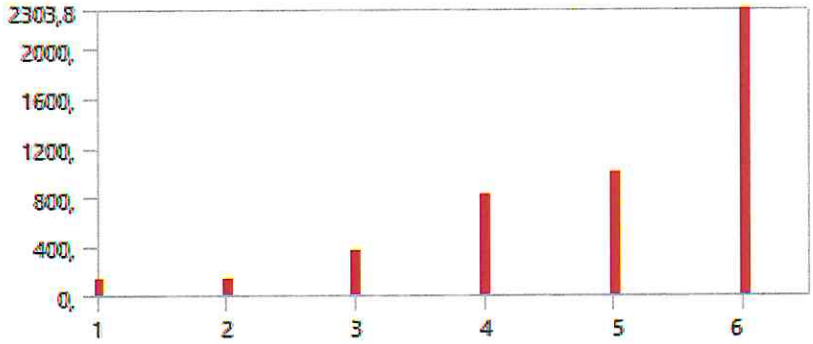

Рис. 4. Гистограмма собственных частот колебаний

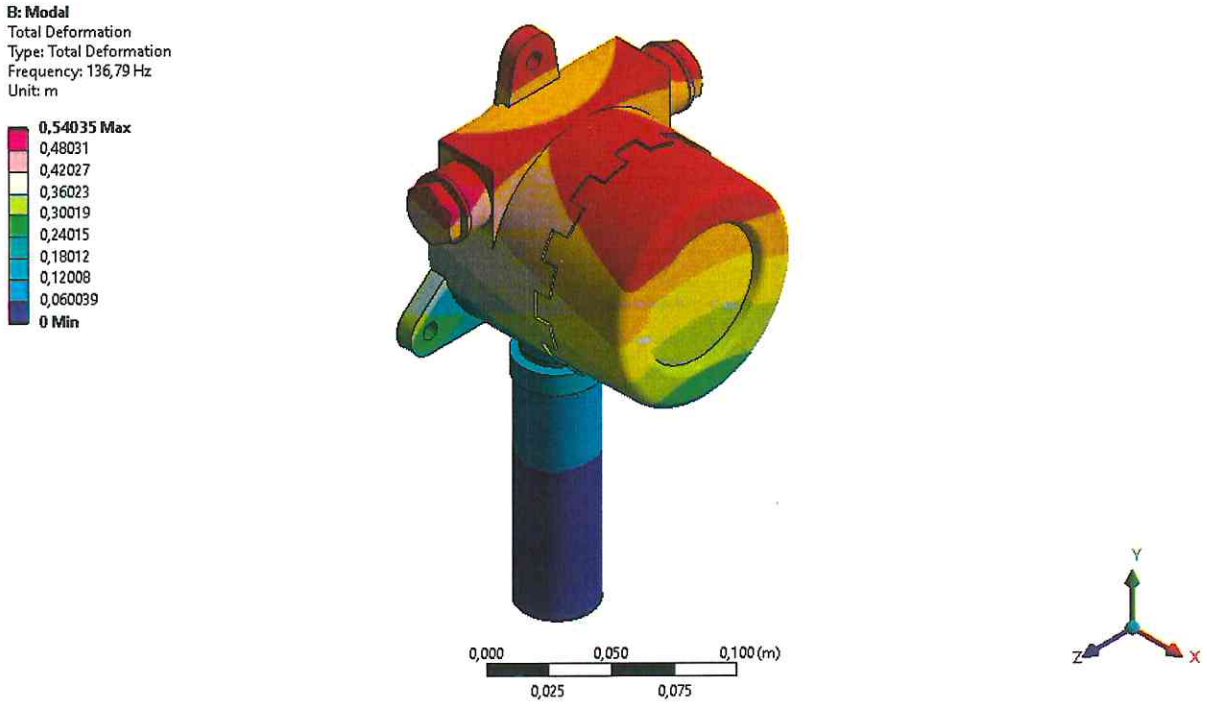

Рис. 5. Амплитуда при 1-й форме колебаний

ИП «Вольтекс» Москва

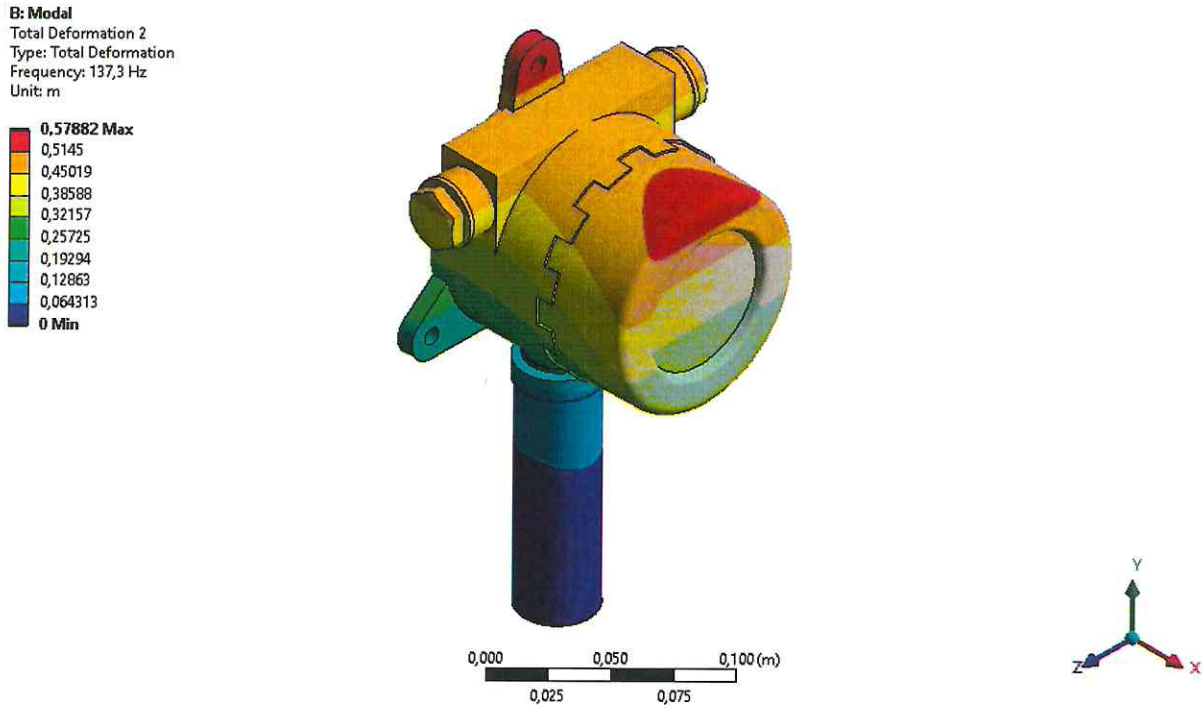

Рис. 6. Амплитуда при 2-й форме колебаний

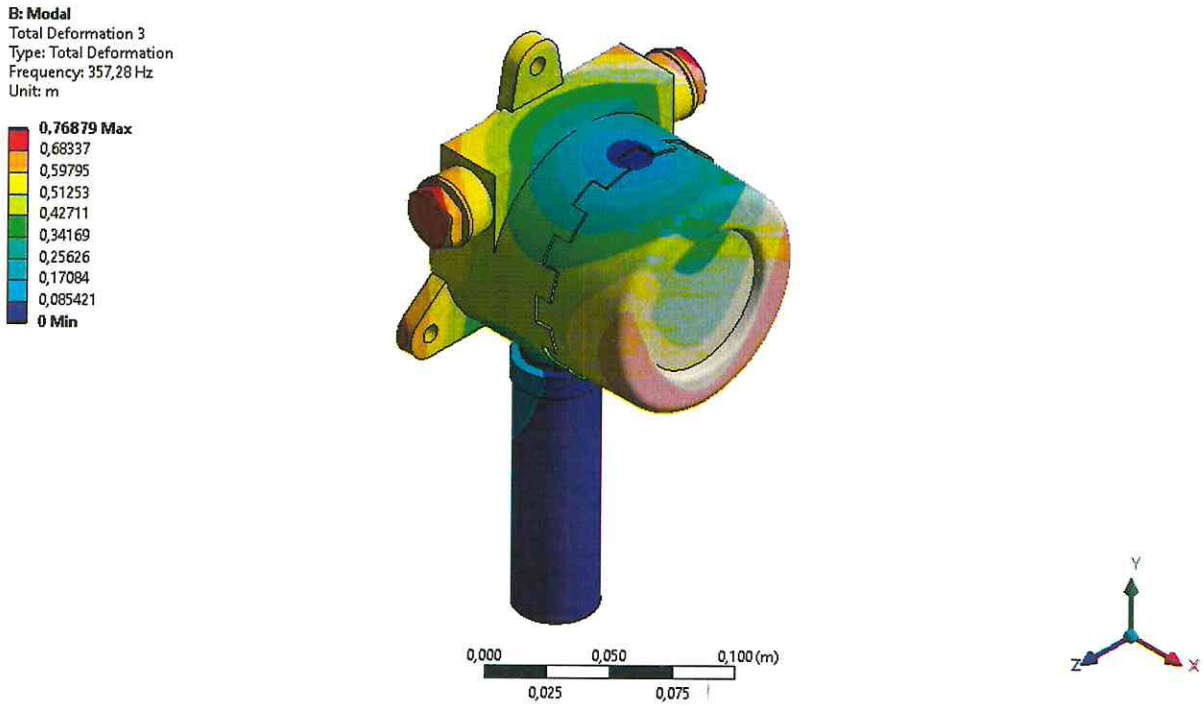

Рис. 7. Амплитуда при 3-й форме колебаний

Общество с ограниченной ответственностью «Проектно-производственное предприятие «Вольтекс»
Москва

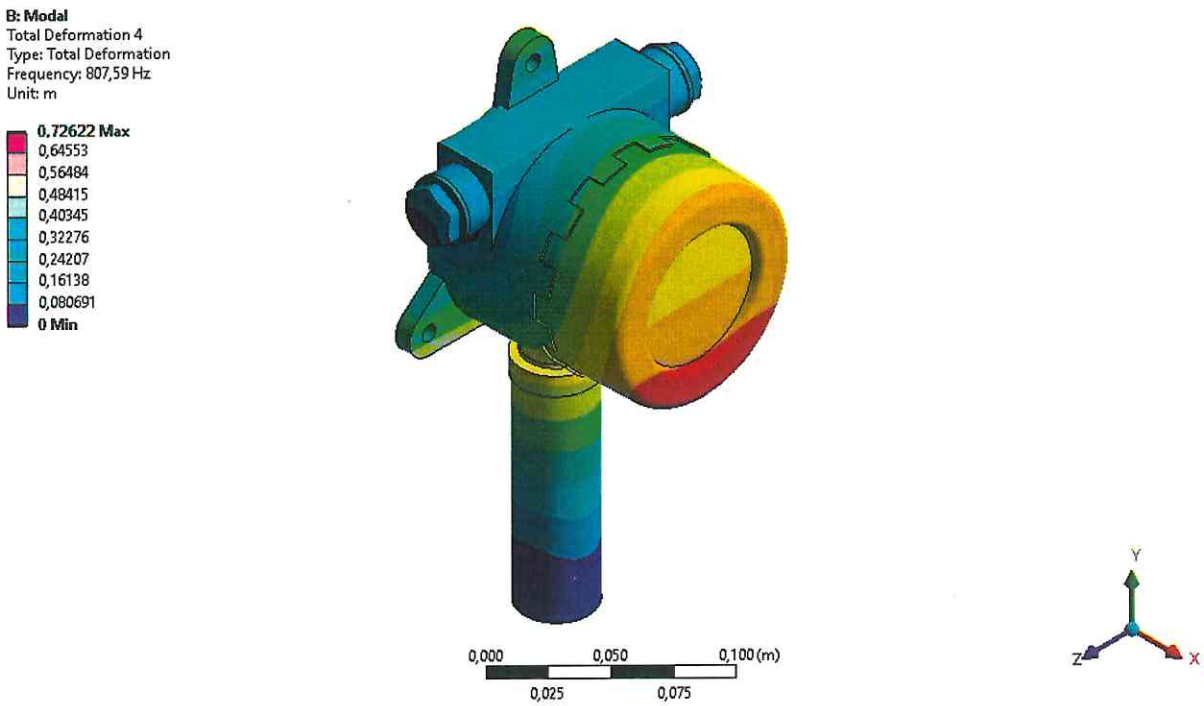

Рис. 8. Амплитуда при 4-й форме колебаний

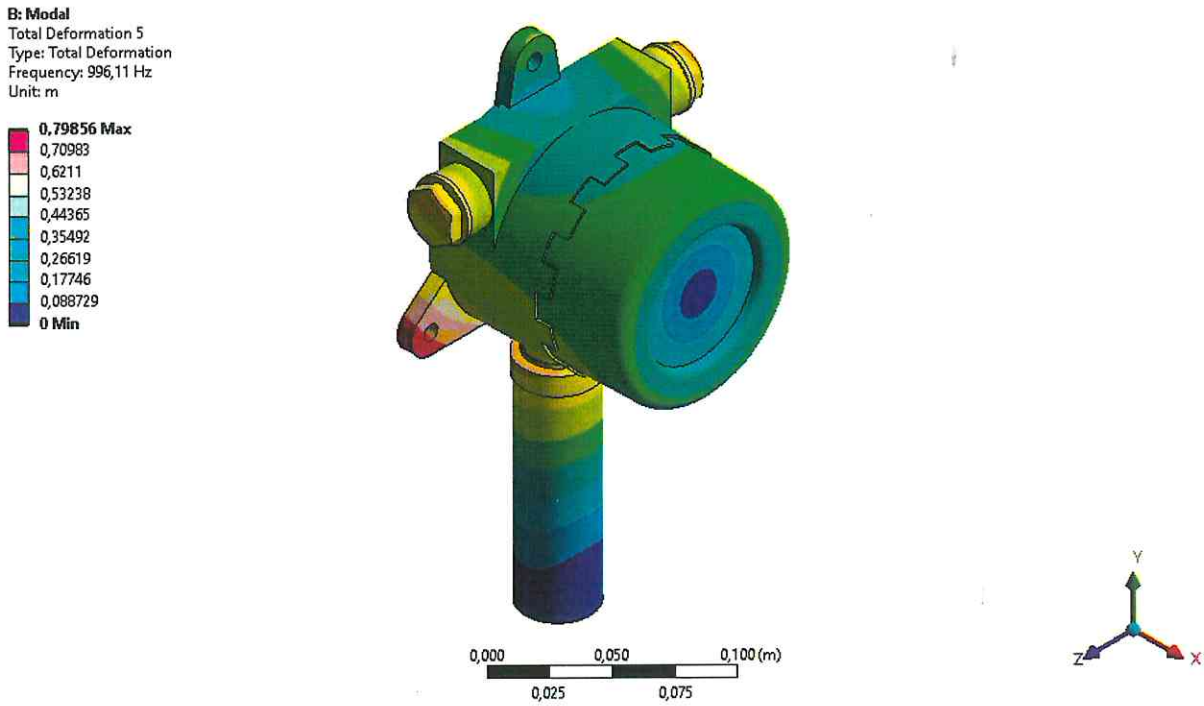

Рис. 9. Амплитуда при 5-й форме колебаний

ПСТ «Вольтекс»

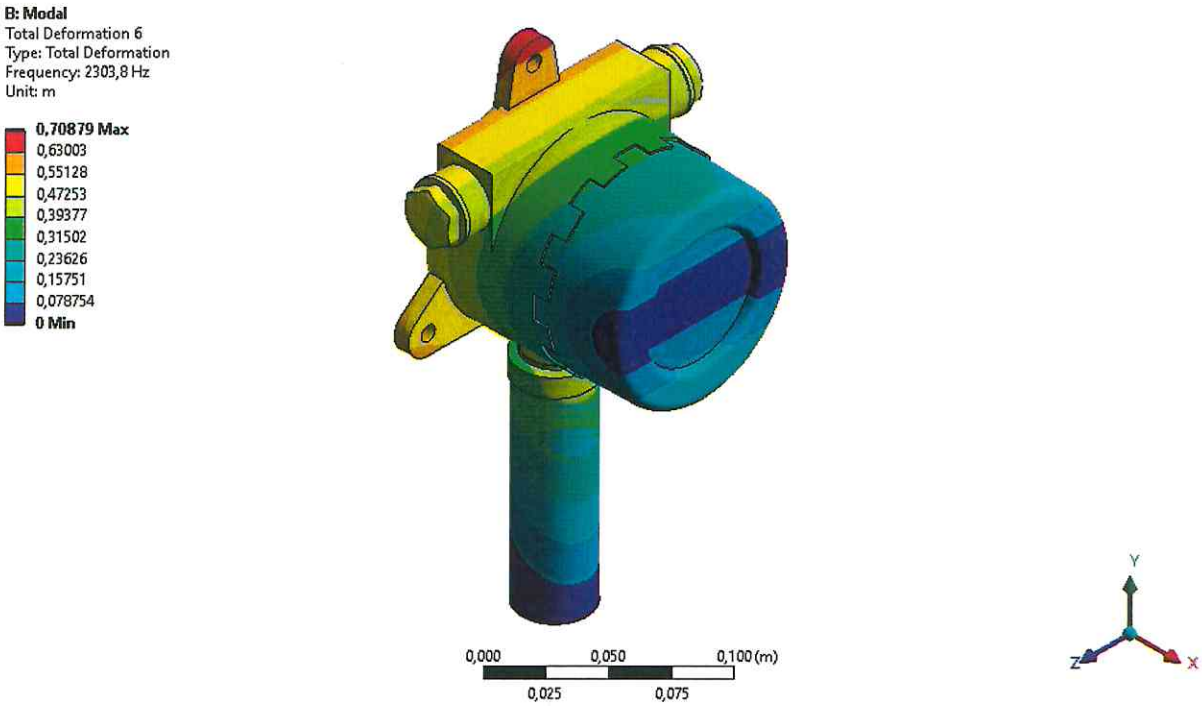

Рис. 10. Амплитуда при 6-й форме колебаний

4.2. Анализ сейсмического воздействия на газоанализатор

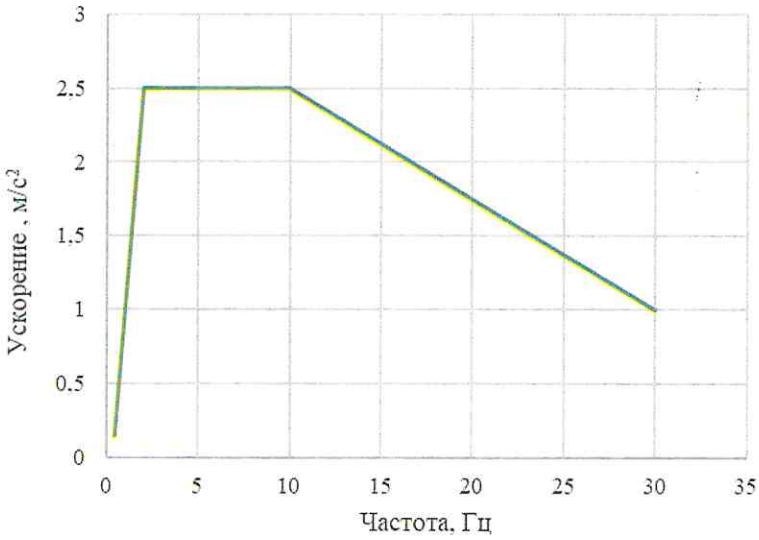

Рис. 11. График зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации – расчетный спектр воздействия

Частота, Гц	Ускорение, м/с²
0.5	0.15
2.0	2.5
10.0	
30.0	1.0

Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие» Н.Т «Вольтекс» Москва

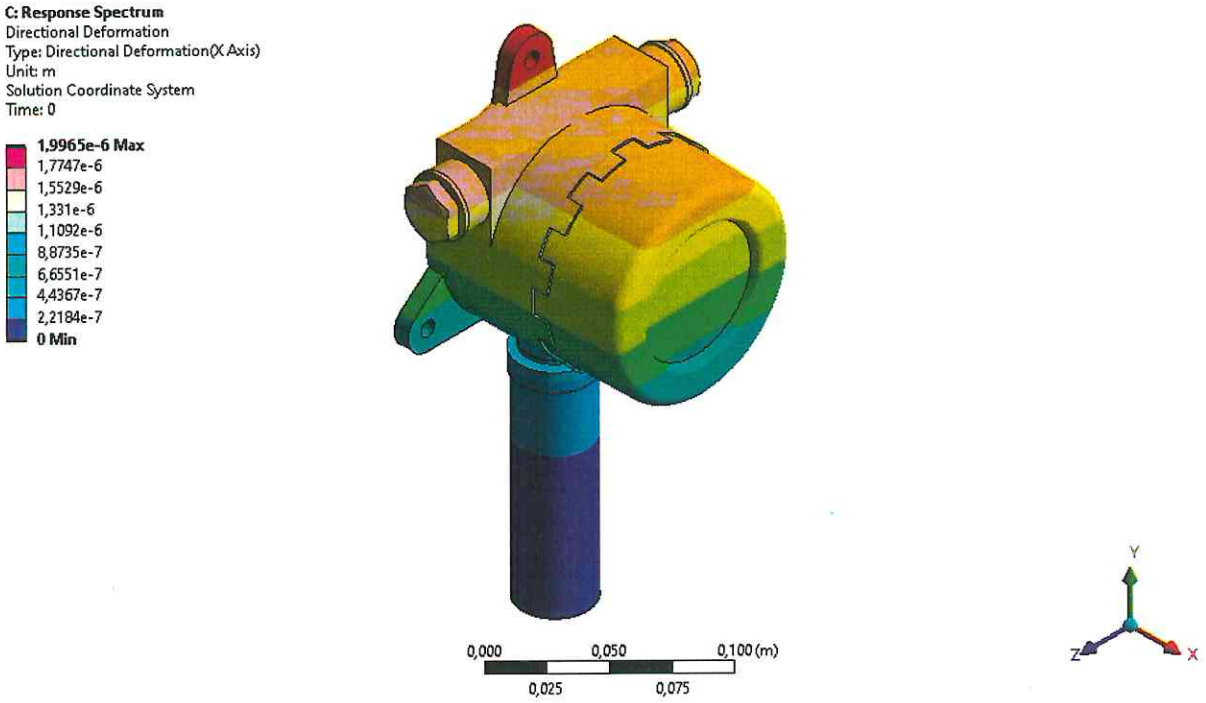

Рис. 12. Перемещения по оси X [м]

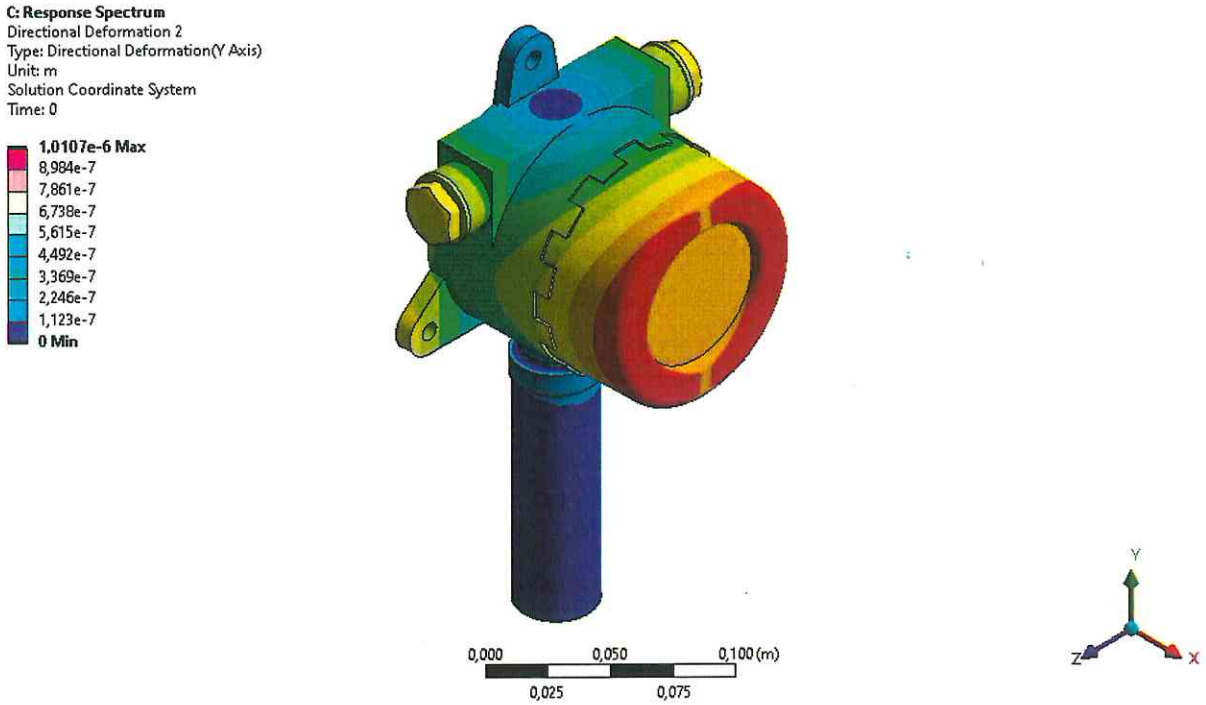

Рис. 13. Перемещения по оси Y [м]

ПСТ «Вольтекс»
Москва

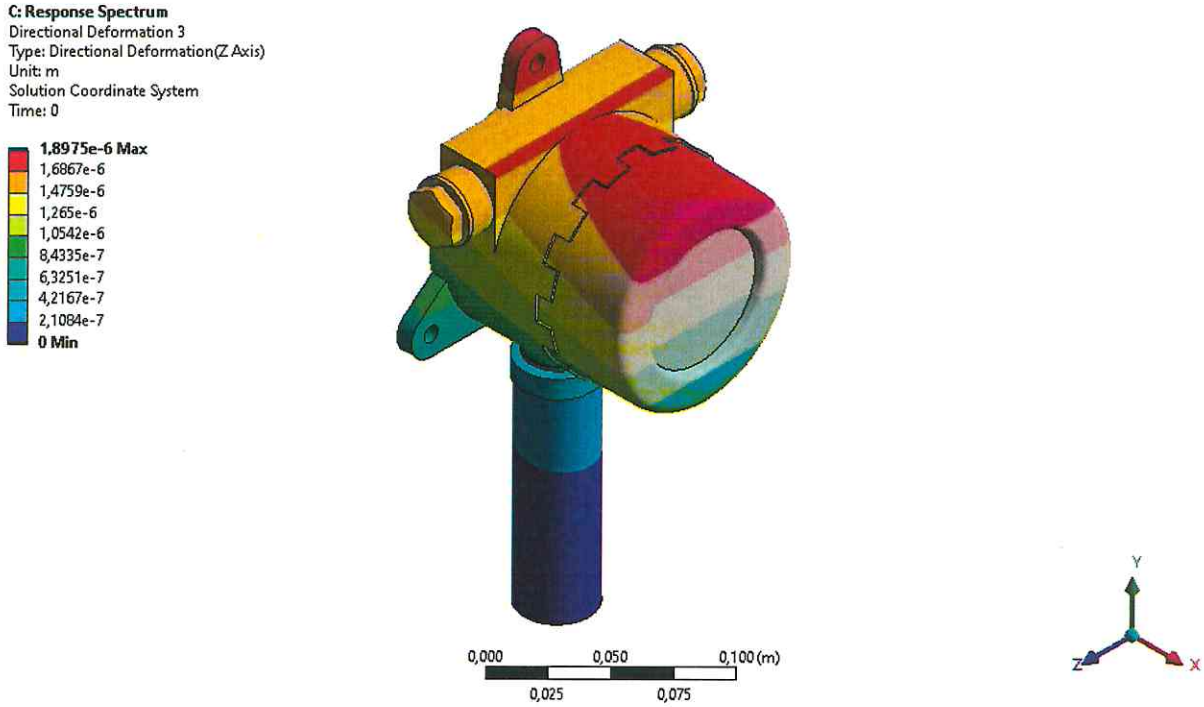

Рис. 14. Перемещения по оси Z [м]

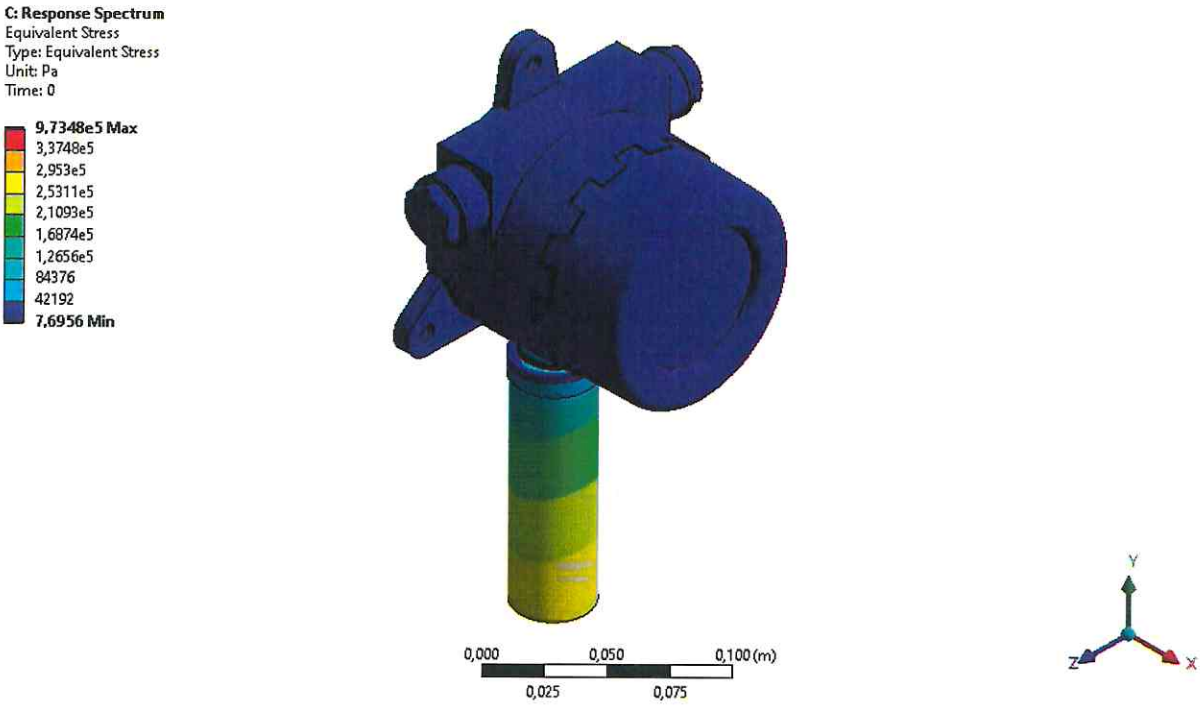

Рис. 15. Эквивалентные напряжения [Па]

ИП «Вольтекс»

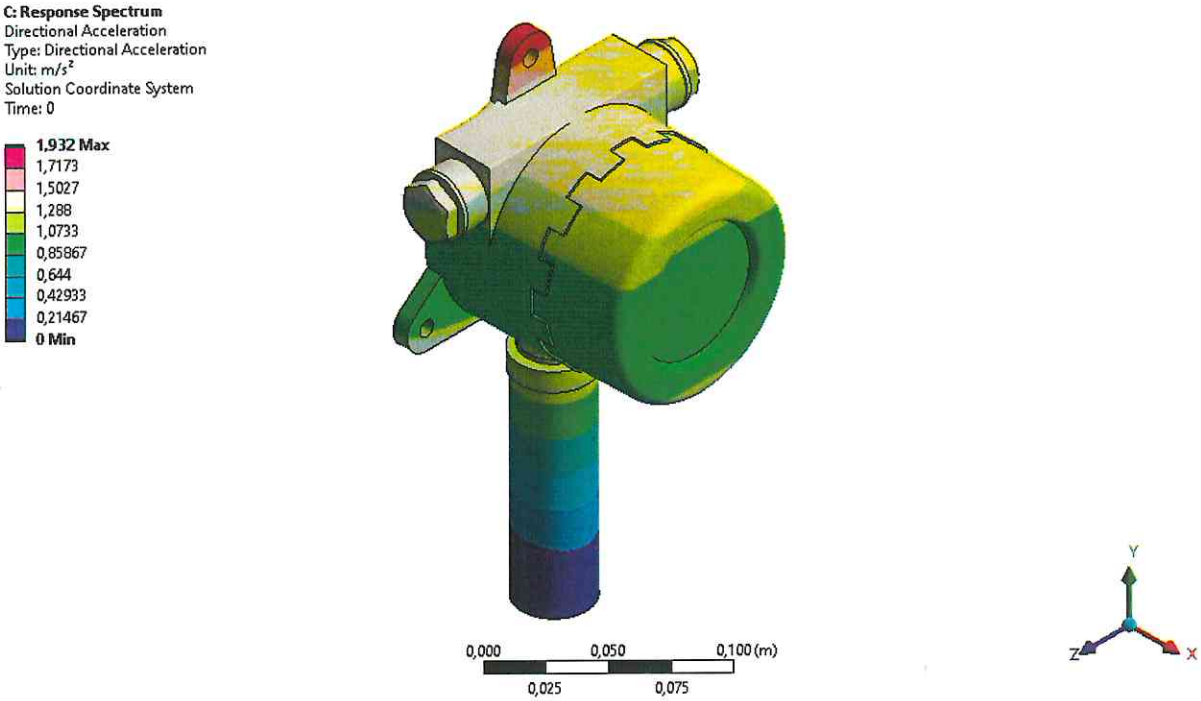

Рис. 16. Ускорение по оси X [м/с^2]

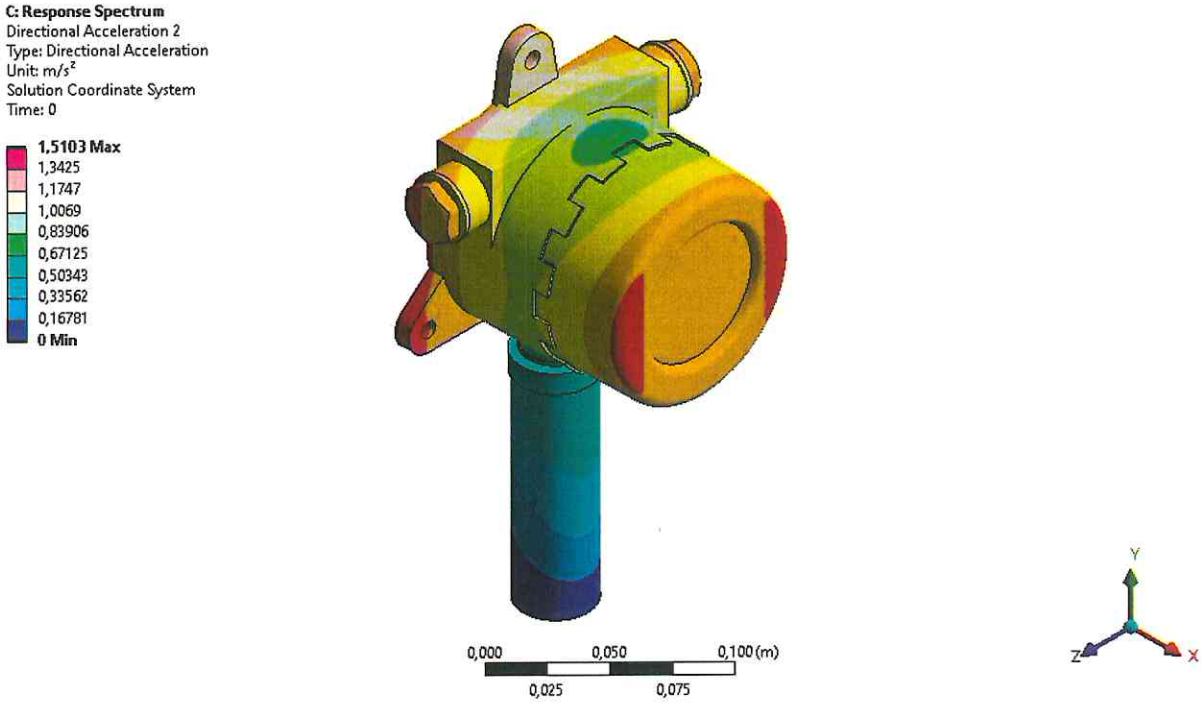

Рис. 17. Ускорение по оси Y [м/с^2]

Общество с ограниченной ответственностью
НЦТ «Вольтекс»
Москва

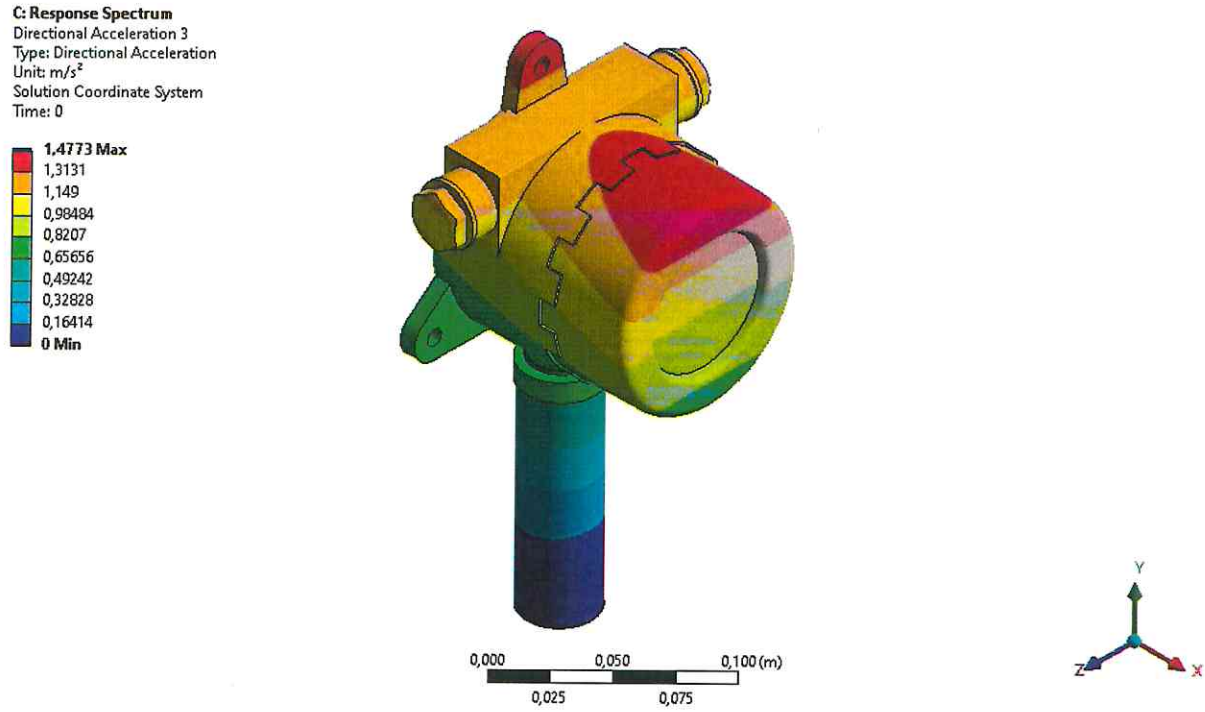

Рис. 18. Ускорение по оси Z [м/с^2]

4.3. Визуализация коэффициента запаса прочности от сейсмического воздействия

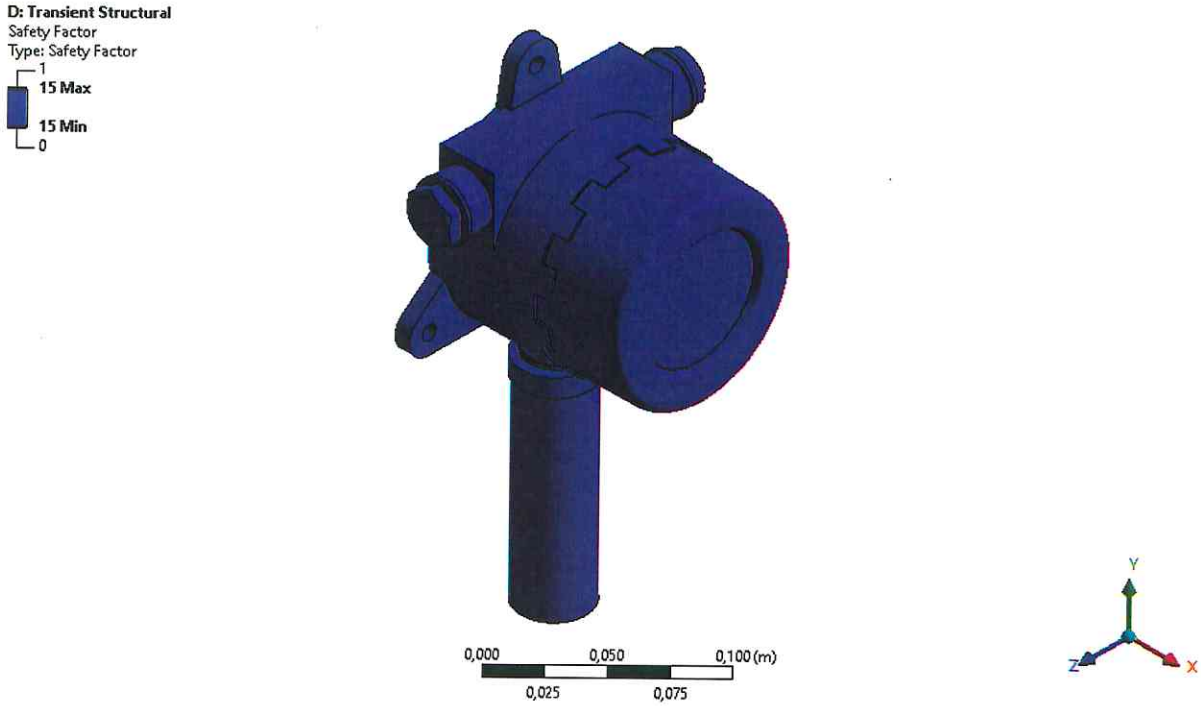

Рис. 19. Визуализация коэффициента запаса прочности

ООО «Вольтекс»
Москва

5. Общие выводы

1. Испытание на сейсмическое воздействие газоанализатора «Сенсон», выпускаемого по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017, выполнено расчетным методом 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»;
2. В испытании представлены: собственные частоты колебаний газоанализатора, сейсмическое воздействие на газоанализатор, визуализация коэффициента запаса прочности;
3. На основании проведенного испытания можно сделать вывод, что прочность газоанализатора «Сенсон», выпускаемого по ТУ 26.51.53-002-17182181-2017, от сейсмического воздействия уровня в 9 баллов по шкале MSK-64 обеспечена.