

ООО «РегионСерт»
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
«РегионСерт»
Аттестат аккредитации № ТБ.RU.31640.ИЛ05
(Срок действия до 30.11.2021 г.)
443041, Самарская обл., г. Самара, ул. Льва Толстого, д. 123, ком 40.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ИЛ

«РегионСерт»



Васильев А.Н.

«28» февраля 2019 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 48РС-02/2019

**Комплектные трансформаторные подстанции наружной
установки типа КТПБ «Ангара», модели: КТПБ, РТПБ,
РПБ**

по ТУ 27.11.43-002-22841361-2018

Испытание на сейсмостойкость

1. Объект испытаний:

Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки типа КТПБ «Ангара», модели: КТПБ, РТПБ, РПБ, выпускаемые по ТУ 27.11.43-002-22841361-2018.

2. Заказчик испытаний:

ООО МК «Линейщик»; Адрес: 664040, Иркутская обл., г. Иркутск, ул. Розы Люксембург, д. 168/5.

3. Изготовитель:

ООО МК «Линейщик»; Адрес: 664040, Иркутская обл., г. Иркутск, ул. Розы Люксембург, д. 168/5.

4. Цель испытаний:

Определение стойкости изделия при сейсмических нагрузках интенсивностью до 9 баллов включительно по шкале MSK-64 по ГОСТ 30546.1-98 (расчетным методом).

5. Программа испытаний:

Расчет проводился с помощью программного комплекса ANSYS по программе и методике испытаний с учетом амплитудных параметров сейсмических воздействий согласно:

- ГОСТ 30546.1-98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости;
- ГОСТ 30546.2-98 Испытания на сейсмостойкость машин, приборов и других технических изделий. Общие положения и методы испытаний;
- ГОСТ 30546.3-98 Методы определения сейсмостойкости машин, приборов и других технических изделий, установленных на месте эксплуатации при их аттестации или сертификации на сейсмическую безопасность;
- СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

6. Результат испытаний:

Расчет на сейсмическое воздействие в Приложении 1.

По результатам расчёта:

- определены собственные частоты колебаний конструкции, полученные значения частот и форм колебаний необходимы для определения перемещений и ускорений конструкции от сейсмического воздействия;
- определены расчетно-спектральным методом перемещения конструкции, а также напряжения и ускорения от сейсмического воздействия, воздействие в соответствии с ГОСТ 30546.1, пункт 4.2, воздействие в точках крепления конструкции;
- действующие напряжения не превышают допустимых напряжений из условия прочности.

7. Заключение:

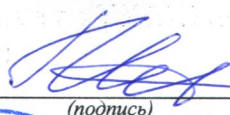
Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки типа КТПБ «Ангара», модели: КТПБ, РТПБ, РПБ, выпускаемые по ТУ 27.11.43-002-22841361-2018, изготовитель ООО МК «Линейщик», соответствуют:

ГОСТ 30546.1-98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости;

ГОСТ 30546.2-98 Испытания на сейсмостойкость машин, приборов и других технических изделий. Общие положения и методы испытаний;

ГОСТ 30546.3-98 Методы определения сейсмостойкости машин, приборов и других технических изделий, установленных на месте эксплуатации при их аттестации или сертификации на сейсмическую безопасность (исполнение сейсмостойкости 9 баллов по шкале MSK-64);

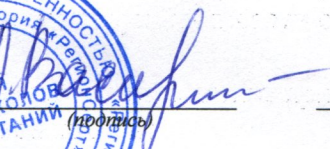
Исполнитель


(подпись)

/ Мельник В.И./
(Ф.И.О.)

Руководитель лаборатории




(подпись)

/ Васильев А.Н./
(Ф.И.О.)

ООО «РегионСерт»
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
«РегионСерт»
Аттестат аккредитации № ТБ.RU.31640.ИЛ05

(Срок действия до 30.11.2021 г.)
443041, Самарская обл., г. Самара, ул. Льва Толстого, д. 123, ком 40.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ИЛ

ООО «РегионСерт»



Васильев А.Н.

«28» февраля 2019 г.

**Комплектная трансформаторная подстанция наружной
установки типа КТПБ «Ангара»
по ТУ 27.11.43-002-22841361-2018**

Расчет на сейсмическое воздействие

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.

Справ. №

Оглавление

1	Общие сведения.....	3
2	Задача расчета.....	4
3	Нагрузки и воздействия.....	5
4	Методика расчета.....	6
5	Расчет на сейсмическую прочность КТПБ.....	10
6	Заключение.....	25

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

					Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.			
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разраб.					Комплектная трансформаторная подстанция наружной установки типа КТПБ «Ангара» по ТУ 27.11.43-002-22841361-2018	Литера	Лист	Листов
Проверил							2	25
Н. контр.								
Утвердил								

1 Общие сведения

Расчет на сейсмическое воздействие комплектной трансформаторной подстанции наружной установки типа КТПБ «Ангара» (далее по тексту КТПБ).

Расчет выполнен в соответствии со следующими нормативными документами:

- ГОСТ 30546.1-98. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости;
- СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах.

Общий вид КТПБ приведен на рисунке 1.

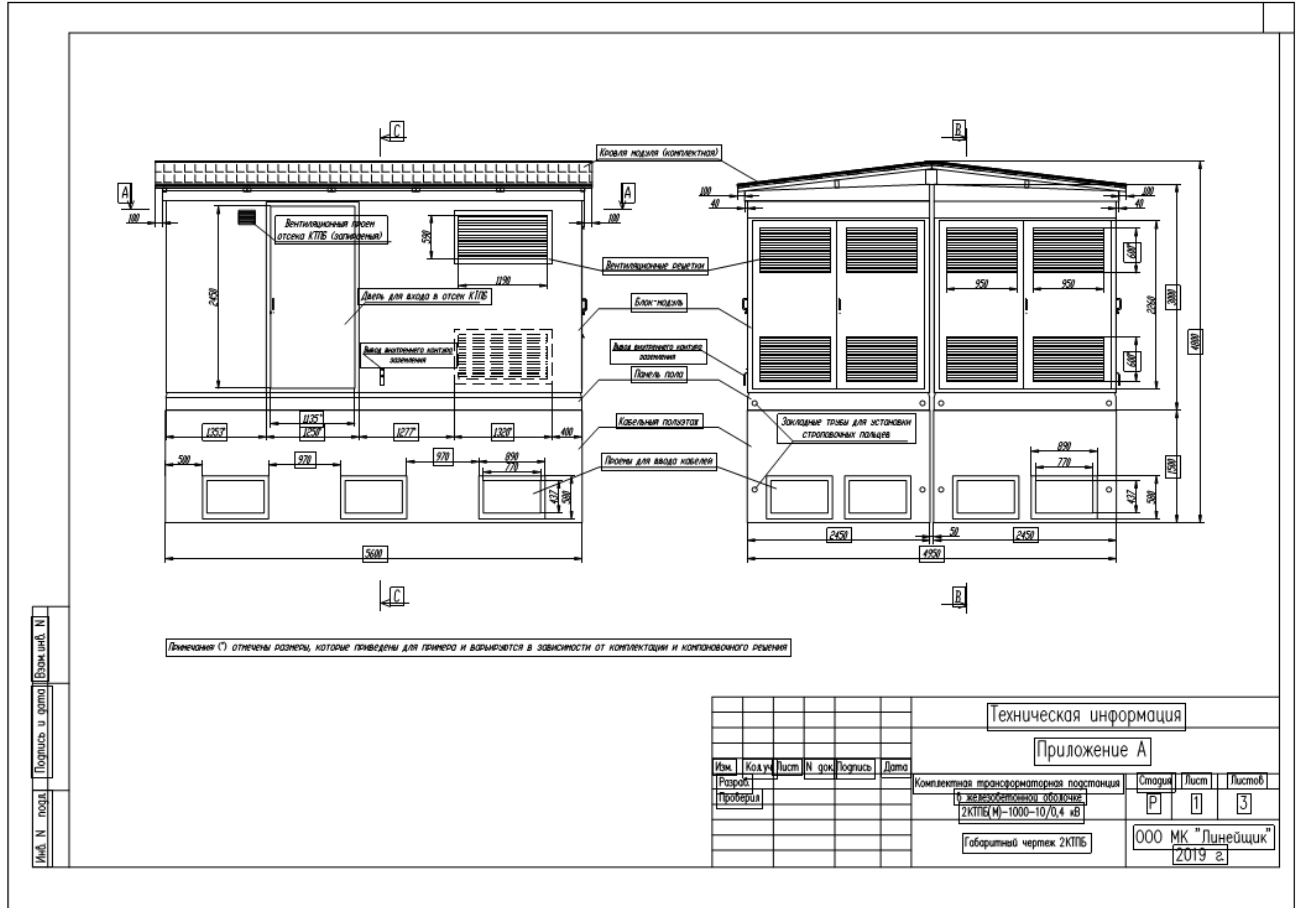


Рисунок 1.1 – Общий вид КТПБ

Перв. примен.	
Справ. №	

2 Задача расчета

На основании конструкторской документации, была смоделирована КТПБ. Расчетная модель КТПБ показана на рисунке 4.

При проведении расчета необходимо определить следующие показатели:

- Амплитуды собственных частот колебаний КТПБ;
- Напряженно-деформированное состояние КТПБ от сейсмического воздействия 9 баллов по шкале MSK-64;

Целью расчёта является подтверждение сейсмостойкости КТПБ при сейсмическом воздействии интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

3 Нагрузки и воздействия

Расчет выполнен на особое сочетание нагрузок включающих в себя следующие нагрузки:

- собственный вес с коэффициентом 1,1;
- сейсмическое воздействие 9 баллов по шкале MSK-64.

На рисунке 2 показан график зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации – расчетный спектр воздействия, в соответствии с ГОСТ 30546.1, пункт 4.2.

В таблице 1 указаны значения частоты и ускорения для характеристических точек крепления КТПБ по рисунку 2 (сейсмическое воздействие).

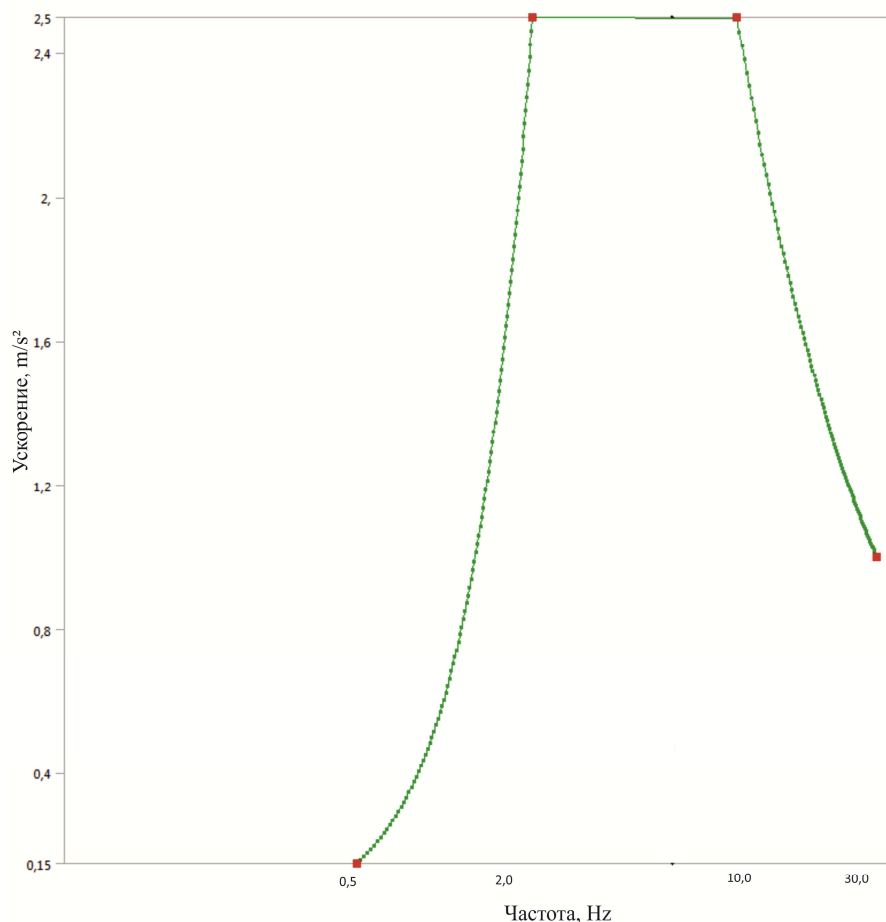


Рисунок 2 – График зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации, в соответствии с ГОСТ 30546.1, пункт 4.2, воздействие в точках крепления КТПБ (сейсмическое воздействие)

Таблица 1 – Значения частоты и ускорения для характеристических точек

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

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

4 Методика расчета

ANSYS — универсальная программная КТП 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 станции. 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 теплоКТПБ). Эти матрицы приводят к КТПм совместных уравнений, которые обрабатываются так называемыми “решателями”.

Для материалов с линейными свойствами напряжения связаны с деформациями прямо пропорционально, следующим соотношением:

$$\{\sigma\} = [D] \{\epsilon e\}, \quad (1)$$

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);

$\{\epsilon e\} = \{\epsilon\} - \{\epsilon th\}$ - 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 3. 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.

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лист
					6

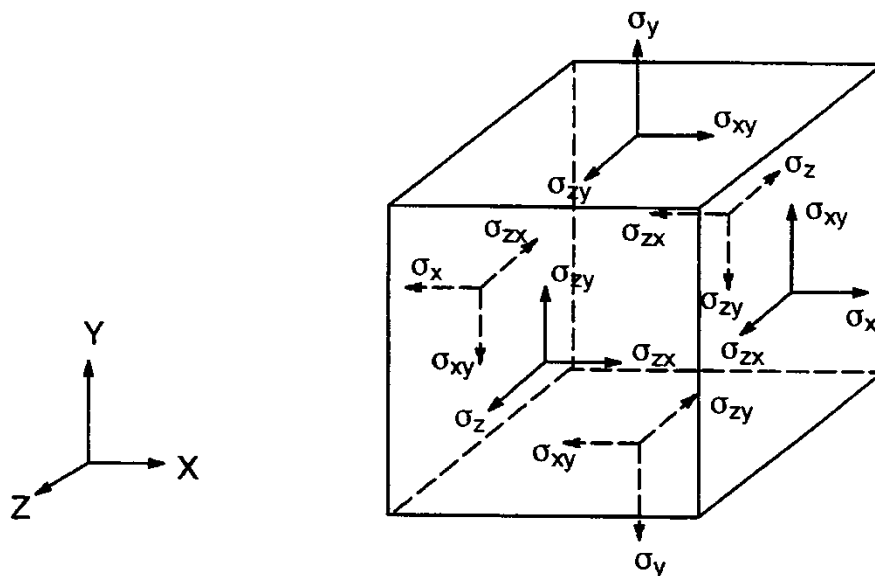


Рисунок 3 - Компоненты вектора напряжений

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 .

Перв. примен.	<p>Матрица $[D]^{-1}$ должна быть положительно определенной. Кроме того, эта матрица должна быть симметричной, поэтому для ортотропных материалов предполагается существование соотношений:</p> $v_{yx} / E_x = v_{xy} / E_y \quad (5)$ $v_{zx} / E_x = v_{xz} / E_z \quad (6)$ $v_{zy} / E_y = v_{yz} / E_z \quad (7)$ <p>или</p> $v^*_{yx} / E_y = v^*_{xy} / E_x \quad (8)$ $v^*_{zx} / E_z = v^*_{xz} / E_x \quad (9)$ $v^*_{zy} / E_z = v^*_{yz} / E_y \quad (10)$ <p>Согласно приводимым 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.</p> <p>Из равенства (2) в развернутом виде, используя выражения (3), а также (5) ... (7), получаем шесть уравнений:</p> $\epsilon_x = \alpha_x \Delta T + \sigma_x / E_x - v_{xy} \sigma_y / E_y - v_{xz} \sigma_z / E_z \quad (11)$ $\epsilon_y = \alpha_y \Delta T + \sigma_y / E_y - v_{xy} \sigma_x / E_x - v_{yz} \sigma_z / E_z \quad (12)$ $\epsilon_z = \alpha_z \Delta T + \sigma_z / E_z - v_{xz} \sigma_x / E_x - v_{yz} \sigma_y / E_y \quad (13)$ $\epsilon_{xy} = \sigma_{xy} / G_{xy} \quad (14)$ $\epsilon_{yz} = \sigma_{yz} / G_{yz} \quad (15)$ $\epsilon_{xz} = \sigma_{xz} / G_{xz} , \quad (16)$ <p>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).</p> <p>Уравнение (1) можно переписывать в развернутом виде, используя обратную матрицу (3), что вместе с уравнениями (5) ... (7) дает шесть соотношений для напряжений:</p> $\sigma_x = E_x/h [1 - (v_{yz})^2 E_y/E_z] (\epsilon_x - \alpha_x \Delta T) + E_x/h [v_{xy} + v_{xz}v_{yz} E_y/E_z] (\epsilon_y - \alpha_y \Delta T) + E_x/h [v_{xz} + v_{yz}v_{xy}] (\epsilon_z - \alpha_z \Delta T) \quad (17)$ $\sigma_y = E_x/h [v_{xy} + v_{xz}v_{yz} E_y/E_z] (\epsilon_x - \alpha_x \Delta T) + E_y/h [1 - (v_{xz})^2 E_x/E_z] (\epsilon_y - \alpha_y \Delta T) + E_y/h [v_{yz} + v_{xz}v_{xy} E_x/E_y] (\epsilon_z - \alpha_z \Delta T) \quad (18)$ $\sigma_z = E_x/h [v_{xz} + v_{yz}v_{xy}] (\epsilon_x - \alpha_x \Delta T) + E_y/h [v_{yz} + v_{xz}v_{xy} E_x/E_y] (\epsilon_y - \alpha_y \Delta T) + \quad (19)$				
	Справ. №				
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.

Перв. примен.	$Ez/h [1 - (v_{xy})^2 E_x/E_y] (\epsilon_z - \alpha_z \Delta T)$					
	$\sigma_{xy} = G_{xy} \epsilon_{xy}$					(20)
Справ. №	$\sigma_{yz} = G_{yz} \epsilon_{yz}$					(21)
	$\sigma_{xz} = G_{xz} \epsilon_{xz},$					(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:						
$G_{xy} = (E_x E_y) / (E_x + E_y + 2 v_{xy} E_x)$					(23)	
$G_{yz} = G_{xy}$					(24)	
$G_{xz} = G_{xy}$					(25)	
При определении собственных форм колебаний, за критерий усечения был принят набор собственных масс 85-90 %.						
Определение перемещений, напряжений и ускорений в конструкции КТПБ от сейсмического воздействия выполнено с помощью линейно-спектрального анализа.						
Линейно-спектральный анализ проведен однофакторным методом (SPRS), точкам крепления заданы равные кривые спектра ответа. Для получения отклика был применен метод SPRS, метод квадратного корня из суммы квадратов (SRSS), метод основывается на вычислении квадратного корня из суммы квадратов смежных собственных форм колебаний, умноженных на связывающий коэффициент.						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
						Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.
						Лист
						9
	Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

5 Расчет на сейсмическую прочность КТПБ

Model

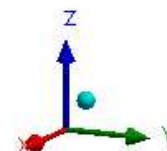
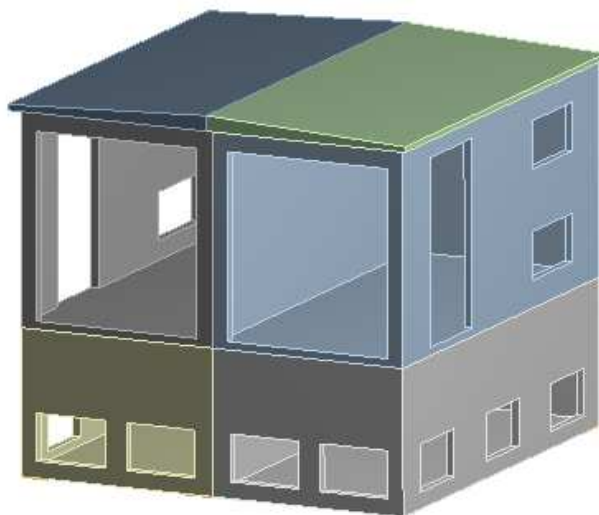


Рисунок 4 - Расчетная геометрическая модель КТПБ

Перв. примен.	
Справ. №	

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

Лист
10

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

B: Modal
Figure
Type: Total Deformation
Frequency: 21,773 Hz
Unit: m

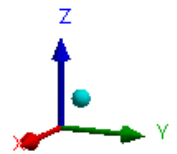
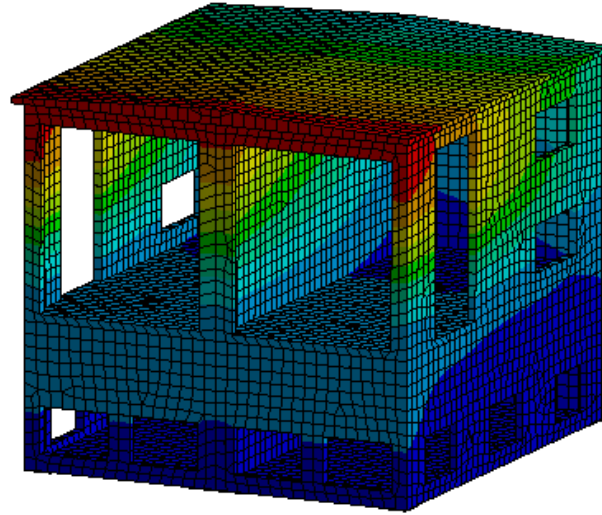
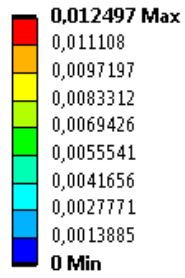


Рисунок 5 – Амплитуда при 1-й форме колебаний [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

B: Modal
Figure
Type: Total Deformation
Frequency: 39,792 Hz
Unit: m

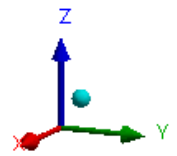
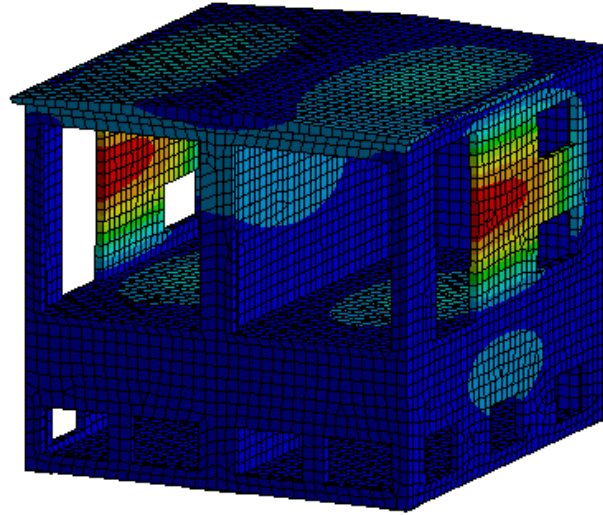
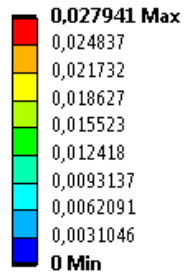


Рисунок 6 – Амплитуда при 2-й форме колебаний [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

B: Modal
Figure
Type: Total Deformation
Frequency: 40,621 Hz
Unit: m

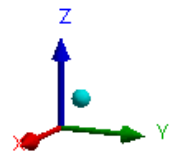
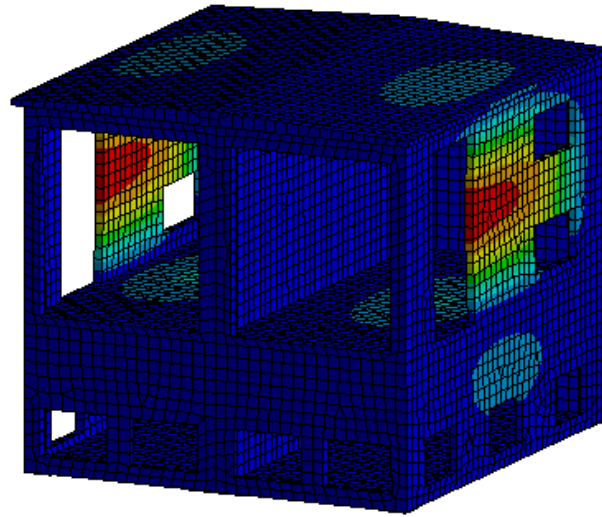
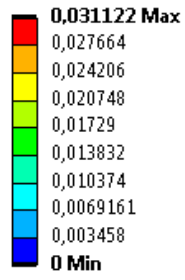


Рисунок 7 – Амплитуда при 3-й форме колебаний [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

B: Modal
Figure
Type: Total Deformation
Frequency: 52,89 Hz
Unit: m

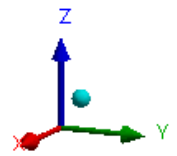
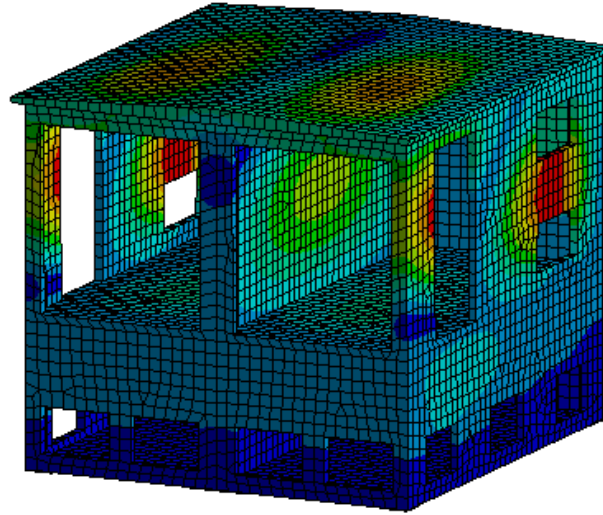
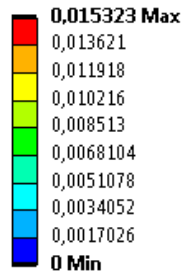


Рисунок 8 – Амплитуда при 4-й форме колебаний [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

B: Modal
Figure
Type: Total Deformation
Frequency: 53,09 Hz
Unit: m

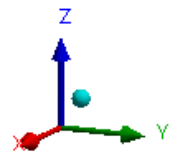
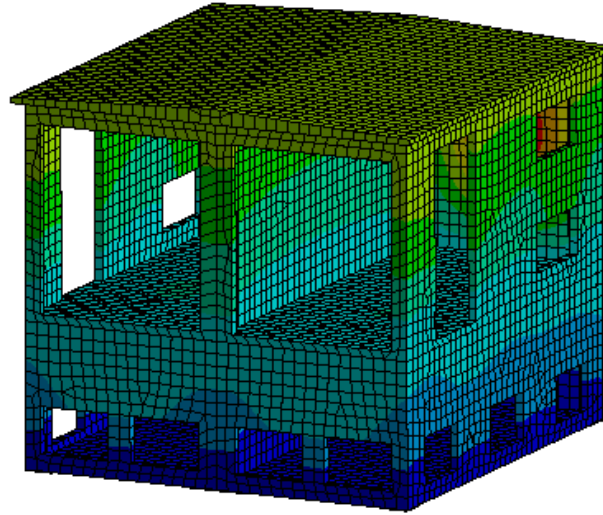
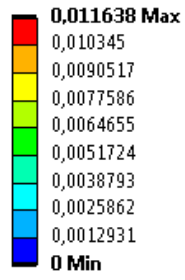


Рисунок 9 – Амплитуда при 5-й форме колебаний [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

B: Modal
Figure
Type: Total Deformation
Frequency: 57,043 Hz
Unit: m

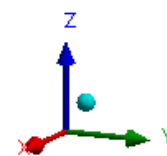
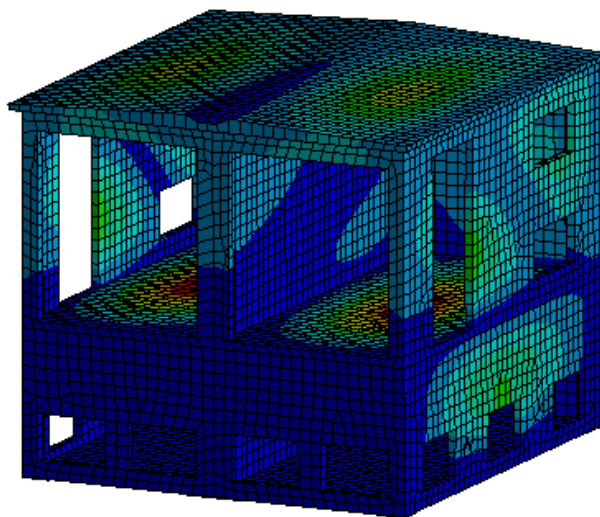
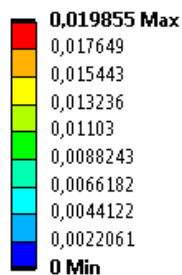


Рисунок 10 – Амплитуда при 6-й форме колебаний [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum
Figure
Type: Directional Deformation(X Axis)
Unit: m
Solution Coordinate System
Time: 0

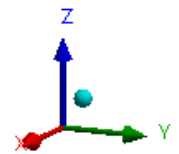
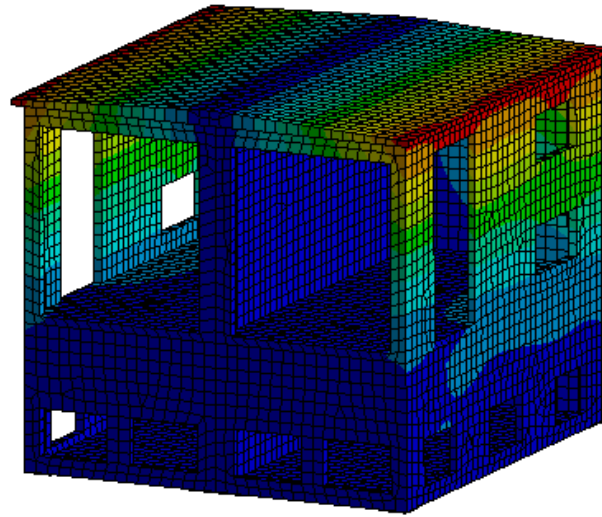
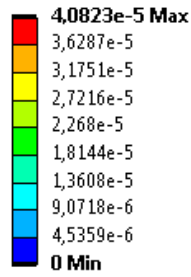


Рисунок 11 – Перемещения по X при сейсмическом воздействии [м]

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.

Лист

17

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum
Figure
Type: Directional Deformation(Y Axis)
Unit: m
Solution Coordinate System
Time: 0

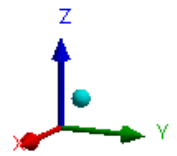
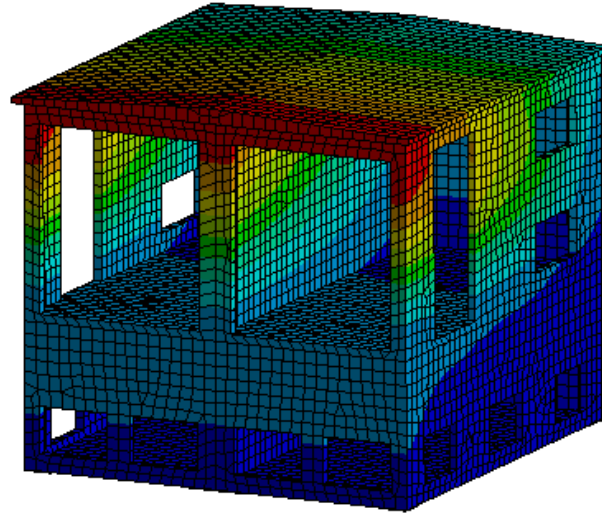
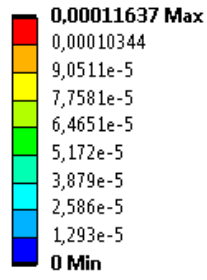


Рисунок 12 – Перемещения по Y при сейсмическом воздействии [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum
Figure
Type: Directional Deformation(Z Axis)
Unit: m
Solution Coordinate System
Time: 0

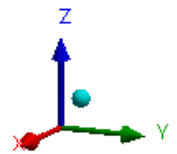
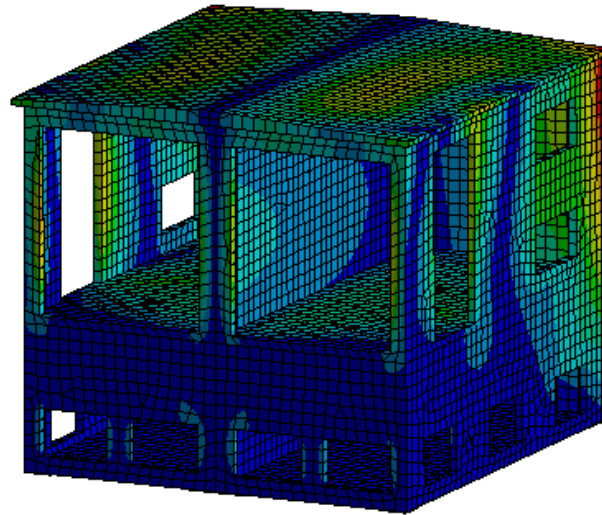
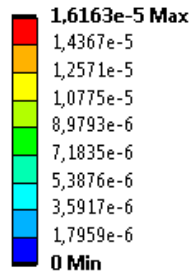


Рисунок 13 – Перемещения по Z при сейсмическом воздействии [м]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum

Figure
Type: Equivalent Stress
Unit: Pa
Time: 0

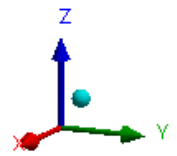
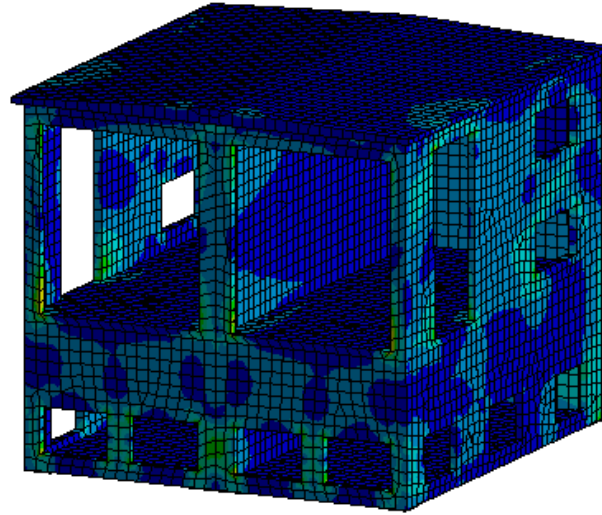
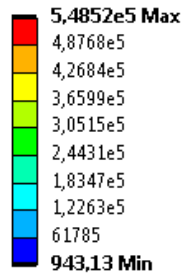


Рисунок 14 – Эквивалентные напряжения при сейсмическом воздействии [Па]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum
Figure
Type: Directional Acceleration
Unit: m/s²
Solution Coordinate System
Time: 0

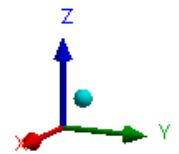
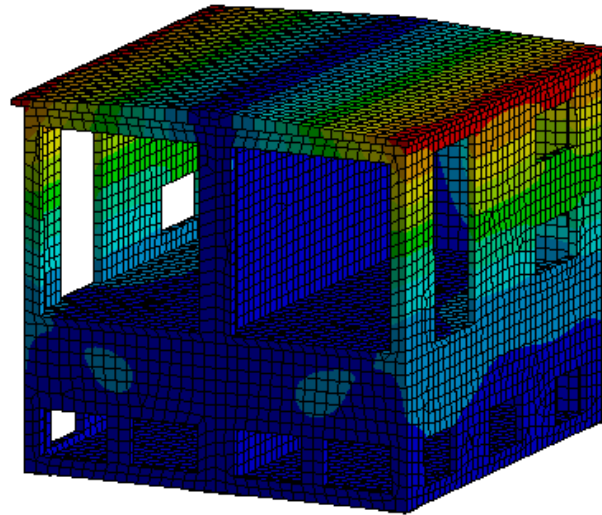
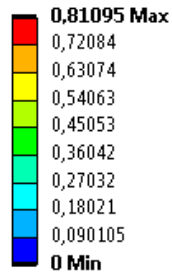


Рисунок 15 – Ускорения по X при сейсмическом воздействии [м/с²]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum
Figure
Type: Directional Acceleration
Unit: m/s²
Solution Coordinate System
Time: 0

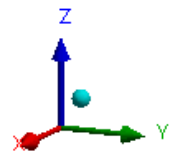
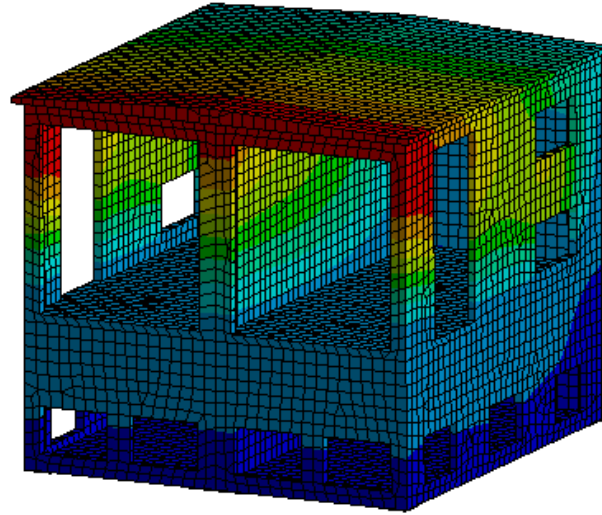
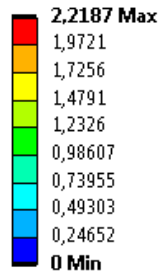


Рисунок 16 – Ускорения по Y при сейсмическом воздействии [м/с²]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

C: Response Spectrum

Figure

Type: Directional Acceleration

Unit: m/s²

Solution Coordinate System

Time: 0

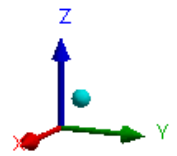
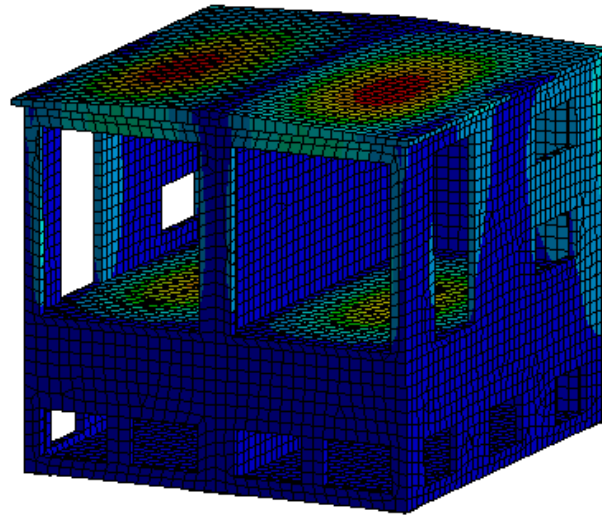
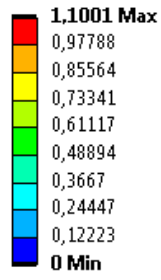


Рисунок 17 – Ускорения по Z при сейсмическом воздействии [м/с²]

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

D: Transient Structural
Figure
Type: Safety Factor
Time: 1

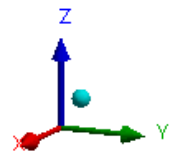
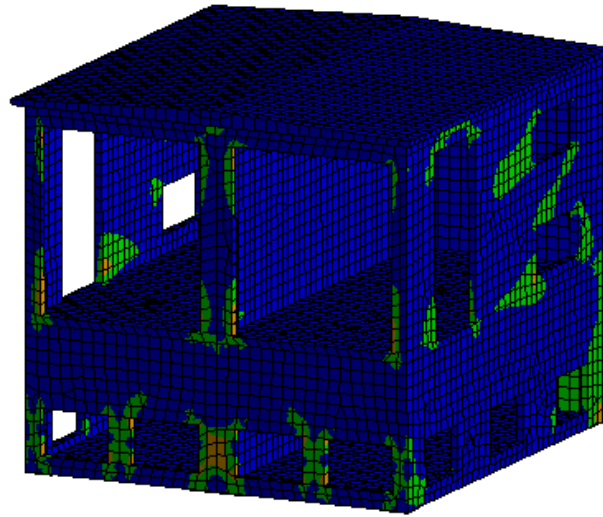
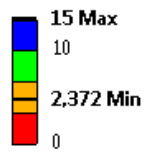


Рисунок 18 – Визуализация коэффициента запаса прочности при сейсмическом воздействии

6 Заключение

Выполнен расчёт на сейсмическую прочность комплектной трансформаторной подстанции наружной установки типа КТПБ «Ангара».

По результатам расчёта:

- определены собственные частоты колебаний КТПБ, см. рисунки 5-10, полученные значения частот и форм колебаний необходимы для определения перемещений и ускорений конструкции от сейсмического воздействия;
- определены расчетно-спектральным методом перемещения КТПБ, а также напряжения и ускорения от сейсмического воздействия, см. рисунки 11-17, воздействие в соответствии с ГОСТ 30546.1, пункт 4.2, воздействие в точках крепления КТПБ;
- действующие напряжения не превышают допустимых напряжений из условия прочности.

Сейсмическая прочность комплектной трансформаторной подстанции наружной установки типа КТПБ «Ангара» от сейсмического воздействия интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64 обеспечена.

При сейсмическом воздействии интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64 обеспечено сохранение целостности и работоспособности комплектной трансформаторной подстанции наружной установки типа КТПБ «Ангара».

Исполнитель



/ Мельник В.И. /
(Ф.И.О.)

Пере. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Протокол № 48РС-02/2019 от 28.02.2019 г.