

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ЗАО «АТЭС»

Э. А. Николаенко

« 05 » _____ 2013 г.

ЛИЦЕНЗИИ

ЦО-02-101-4532 от 23 декабря 2008 г.

ЦО-03-101-4533 от 23 декабря 2008 г.

ПРОТОКОЛ АТТЕСТАЦИИ

на сейсмостойкость

6/11-12-12

Объект испытаний
(расчета)

МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ НАПОЛЬНЫХ ШКАФОВ ТИПА
RACKCENTER, RACKLAN, RACKNET, RACKSERV,
разработчик и изготовитель Solution Eurolan Europe AB, Швеция.

Вид испытаний,
документ на
соответствие
которому
проводились
испытания

ГОСТ 17516.1-90, ГОСТ 30546.1,2,3-98, ГОСТ 16962.2-90, ГОСТ
30631-99, НП-031-01, ПНАЭГ-7-002-86 в части сейсмостойкости
и требований в части стойкости к механическим воздействиям,
ANSI/IEEE Std. 344-1987

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Результаты аттестации положительные.

Вывод:

Металлоконструкции напольных шкафов типа Rackcenter, Racklan, Racknet, Rackserv,
разработчик и изготовитель Solution Eurolan Europe AB, Швеция

соответствуют:

- требованиям ГОСТ 17516.1-90, ГОСТ 30546.3-98, ГОСТ 16962.2-90, ПНАЭ Г-7-002-86,
НП-031-01 в части сейсмостойкости при сейсмических воздействиях интенсивностью 9
баллов (по шкале MSK-64), высотная отметка +30,0 м включительно при выполнении
рекомендаций по раскреплению устройств к основанию (см. стр.21 Протокола).

Место проведения испытаний:

ООО «Евролан»
г. Москва

Дата проведения испытаний:

«21» декабря 2012 г.

В испытаниях приняли участие:

От ООО «Евролан»:

Технический директор

Новиков С.М.

От ЗАО «АТЭС»:

Ведущий специалист

Щугорев А.В.



Ведущий специалист, к.т.н.

Касьянов К.Г.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп. и дата

Содержание

1 Объект испытаний	4
2 Цель испытаний	4
3 Методика испытаний	4
4 Испытательные воздействия.....	5
5 Условия проведения испытаний.....	5
6 Результаты испытаний.....	5
7 Средства измерений и испытаний.....	6
8 Результаты прочностных расчетов.....	6
Заключение	21
Список литературы	22
Приложение А (обязательное) Результаты динамических испытаний	23

Подп. и дата		Инв. № дудл.		Взам. инв №		Подп. и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	6/11-12-12		
Разраб.	А.Д. Емельянова	15.01.13		15.01.13	Лит.	Лист	Листов
Провер.	А.П. Казновский	15.01.13		15.01.13	3	34	34
Инв. № подл.					ЗАО «АТЭС» Металлоконструкции напольных шкафов типа Rackcenter, Racklan, Racknet, Rackserv. Протокол аттестации на сейсмостойкость		

1 Объект испытаний

Серийные образцы металлоконструкций напольных шкафов типа Rackcenter, Racklan, Racknet, Rackserv, разработчик и изготовитель Solution Eurolan Europe AB, Швеция.

Изделия выполнены в металлических корпусах. Для проведения испытаний и расчетов типопредставители изделий были установлены на жестком основании в соответствии с руководством по монтажу для имитации установки изделий при реальных условиях эксплуатации. Для имитации весовых характеристик при эксплуатации в изделиях было смонтировано типовое оборудование, равномерно распределенное по высоте изделий.

2 Цель испытаний

Целями испытаний являются:

- определение сейсмостойкости изделия при сейсмических нагрузках интенсивностью до 9 баллов включительно по шкале MSK-64 и высотной установке до +30,0 м по ГОСТ 17516.1-90 и ГОСТ 30546.1-98 (расчетно-экспериментальным методом);

- анализ результатов, полученных в процессе проведения испытаний изделия, в случае необходимости, выдача рекомендаций по обеспечению сейсмостойкости.

3 Методика испытаний (аттестации)

Испытания проводились согласно:

- ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам;

- ГОСТ 16962.2-90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам;

- 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 и сертификации на сейсмическую безопасность;

- ПНАЭ Г-7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок;

- НП 031-01 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций;

Инв. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата		
	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата		
	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата		
	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата		
	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	3/11-12-12	Лист
						4

- ANSI/IEEE Std. 344-1987 (Revision of ANSI/IEEE Std/ 344-1975). – Практика, рекомендуемая IEEE для аттестации на сейсмостойкость оборудования класса 1E (первая категория сейсмостойкости) для атомных станций.

4 Испытательные и расчетные воздействия

Испытательные воздействия при определении динамических характеристик металлоконструкций задавались в соответствии с ГОСТ 30630.1.1-99.

Расчетные воздействия принимались в соответствии с ГОСТ 30546.1-98 для интенсивности землетрясения 9 баллов по шкале MSK-64 при высотной установке изделия до +30,0 м.

5 Условия проведения испытаний

Испытания проводились в нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150-69:

- температура воздуха +25⁰С;
- относительная влажность воздуха - 80%;
- атмосферное давление - 84 кПа (730 мм ртутного столба).

6 Результаты испытаний

Определены резонансные частоты металлоконструкций изделий в трех ортогональных направлениях (OX, OY, OZ) и рассчитаны декременты колебаний. Полученные данные использовались для прочностных расчетов. Результаты испытаний изделий представлены в приложении А. Схема расположения вибропреобразователей представлена на рисунке А.1 (приложение А). Фактическое расположение вибропреобразователей, регистрирующих колебания изделий представлено на рисунках А.4 – А. 9.

Определение динамических характеристик металлоконструкций производилось методом 100-3 «Метод свободных колебаний для определения собственных частот и декрементов затухания изделий» согласно ГОСТ 30630.1.1-99.

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	3/11-12-12	Лист
						5

7 Средства измерений и испытаний

Таблица 7.1 – Перечень испытательного оборудования и измерительных приборов для проведения испытаний

№	Наименование и тип	Диапазон измерения контролируемых величин	Класс точности или предел допускаемой погрешности	Заводской №	Примечание
1	Акселерометр пьезоэлектрический 356A26	0,3-5000 Гц	<1%	105629	Поверен 31.01.2012г. Св-во № 1118/44
2	Преобразователь напряжения измерительный E14-140 М	-	-	3R812677	-
3	Портативный компьютер ASUS Eee PC 1201НА типа Netbook с программным обеспечением LGraph	-	-	-	Для регистрации и записи исходных акселерограмм
4	Молоток с резиновым наконечником	-	-	-	Для возбуждения затухающих колебаний

8 Результаты прочностных расчетов

Исходными данными для построения расчетных моделей являются рабочие чертежи и конструктивные схемы изделий.

Ускорения сейсмических воздействий принимались по обобщенным спектрам ответа по рекомендациям норм [1], при минимально допустимом относительном демпфировании $K=0,02$ для сейсмичности площадки 9 баллов и высотной отметки размещения +30,0 м.

Частоты собственных колебаний определялись в результате динамических испытаний и уточнялись расчетом, формы собственных колебаний получены расчетным путем.

Допускаемые напряжения устанавливались в соответствии с нормами [1].

8.1 Расчет напольного шкафа типа Rackserv

8.1.1 Описание конструкции. Расчетная модель

Конструктивная схема напольного шкафа типа Rackserv показана на рисунке 8.1.1. Изделие представляет собой металлоконструкцию, собранную из сложных профилей. Изделие установлено на цоколь. Цоколь крепится к основанию при помощи четырех болтов, либо путем приварки.

Масса испытанного образца напольного шкафа типа Rackserv – 166 кг.

Име. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Име. № дудл.	Подп и дата	3/11-12-12	Лист

Максимально возможная масса заполненного оборудованием шкафа типа Rackserv – 1000 кг.

Отметка размещения конструкции по высоте составляет до +30,0 м.

Согласно рекомендациям [1] и [2] расчет на сейсмостойкость проводился линейно-спектральным методом.

Расчетная модель изделия представляет собой стержневую систему с массой, распределенной по элементам (рисунок 8.1.2).

Расчет проводился с использованием многоцелевого универсального программного комплекса Зенит-95 [3].

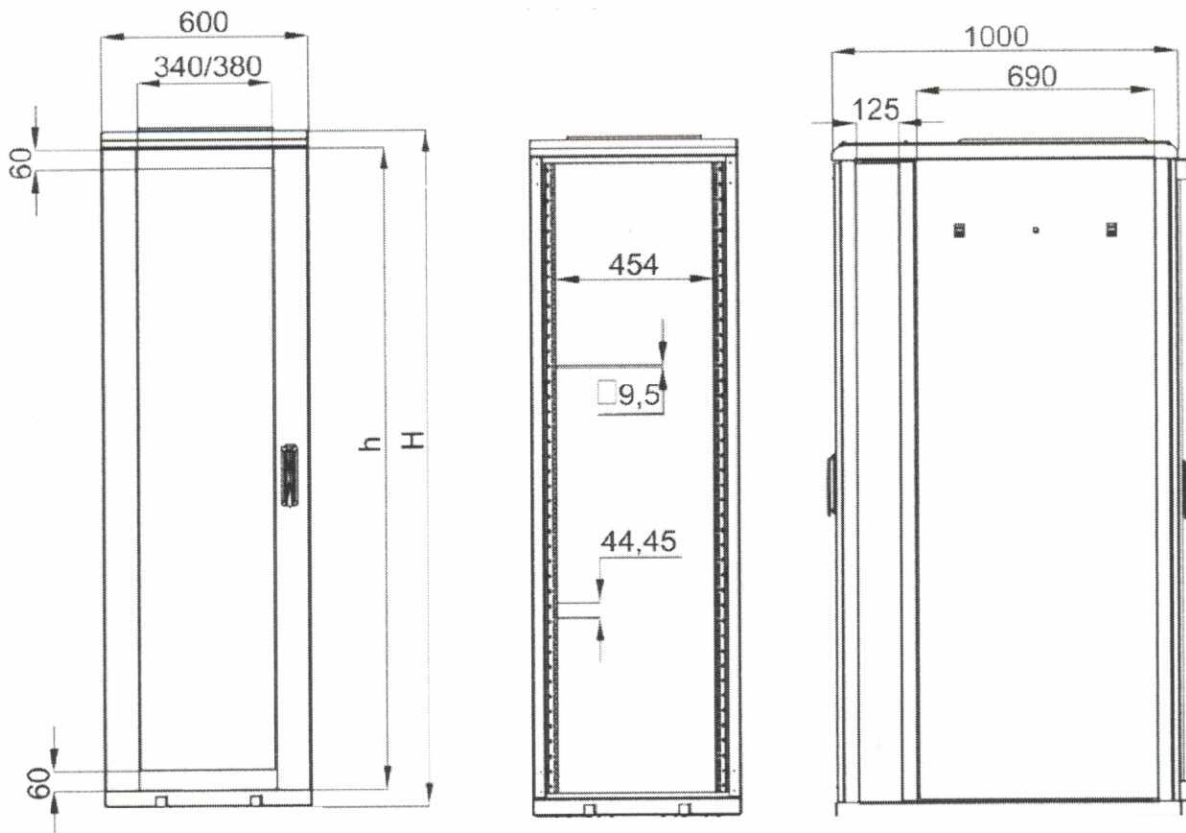
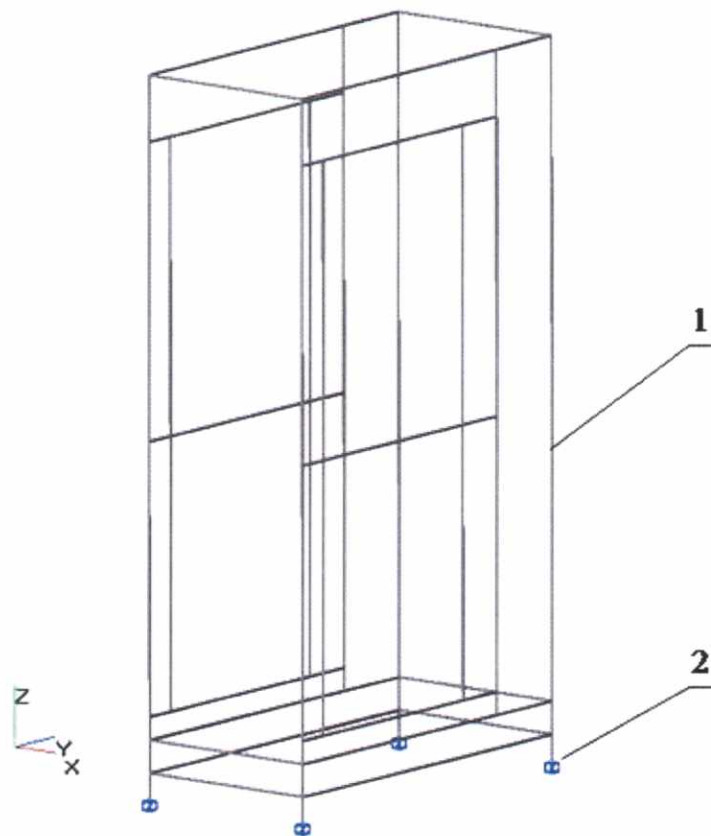


Рисунок 8.1.1 – Конструктивная схема напольного шкафа типа Rackserv

Инв. № подл.	Подп. И дата
Взам. инв №	Инв. № дудл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	3/11-12-12	Лист 7
------	------	----------	---------	------	------------	-----------



1 – каркас изделия; 2 – узлы крепления цоколя к основанию

Рисунок 8.1.2 – Расчетная схема напольного шкафа типа Rackserv

8.1.2 Расчетный анализ динамических характеристик

Результаты расчета частот собственных колебаний представлены в таблице 8.1. Анализ результатов расчета показал хорошее согласование с результатами динамических испытаний. Низшая расчетная частота собственных колебаний изделия составила 2,6 Гц и обусловлена колебаниями конструкции вдоль оси x . На рисунке 8.1.3 дано графическое представление двух низших форм собственных колебаний.

Таблица 8.1 – Результаты расчета частот и форм собственных колебаний

№ собственной формы	Расчет, Гц	Характеристика собственной формы колебаний
1	2,6	Колебания конструкции вдоль оси x
2	5,5	Колебания конструкции вдоль оси y

Подп и дата

Взам. инв № Инв. № дудл.

Подп. И дата

Инв. № подл.

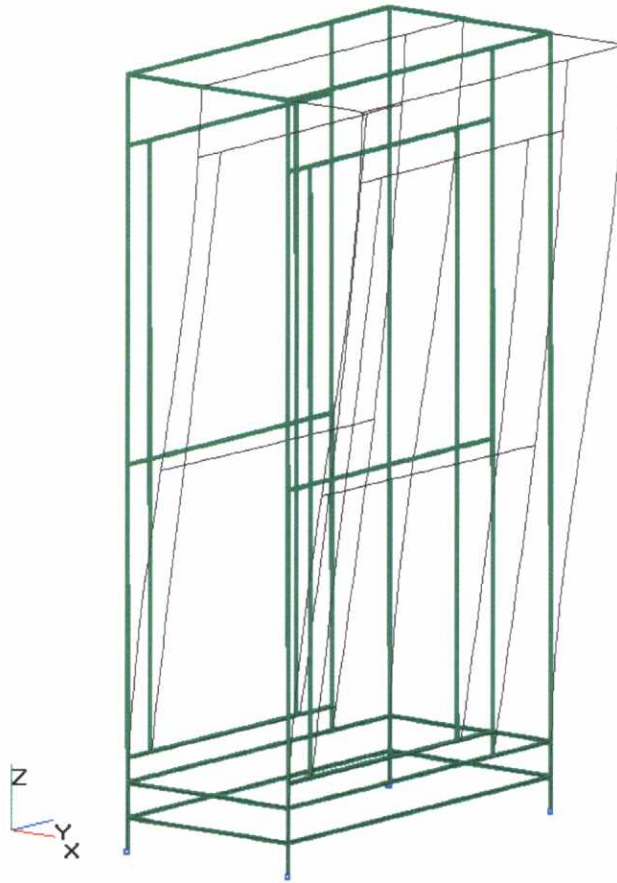
Изм. Лист № докум. Подпись Дата

3/11-12-12

Лист

8

а) Форма 1 (2,6 Гц)



б) Форма 2 (5,5 Гц)

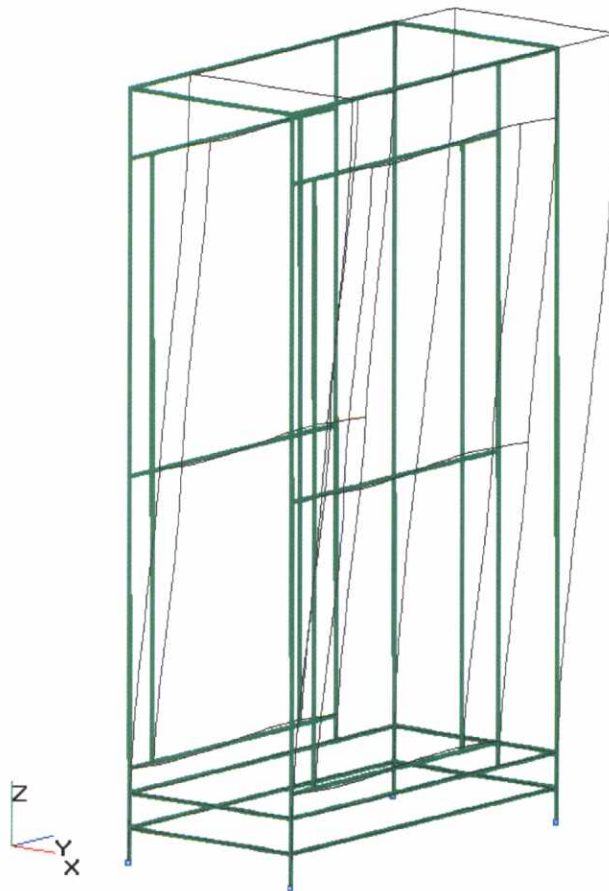


Рисунок 8.1.3 – Формы собственных колебаний

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

9

8.1.3 Результаты расчета на сейсмостойкость

Расчет на сейсмостойкость выполняется с учетом максимально возможной массы изделия - 1000 кг.

В качестве критерия сейсмостойкости принята прочность болтов крепления изделия к основанию. Также требуется рассчитать необходимые размеры сварных швов в случае крепления изделия к основанию путем приварки к закладным элементам.

В результате расчета получено распределение усилий в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x , y , z (рисунки 8.1.4-8.1.6).

Максимальные усилия в наиболее нагруженных местах раскрепления составляют:

$$F_x = 2646 \text{ Н}, F_y = 3818 \text{ Н}, F_z = 11323 \text{ Н}.$$

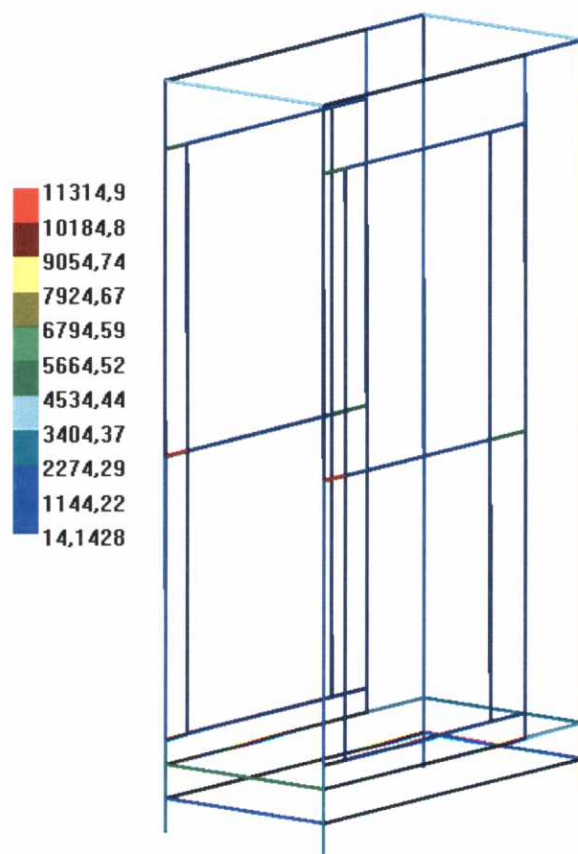


Рисунок 8.1.4 – Распределение продольных усилий F_x (Н) в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x , y , z

Инд. № подл.	Подп. И дата
Взам. инв №	Индв. № дудл.
Подп. И дата	Подп. И дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

3/11-12-12

Лист

10

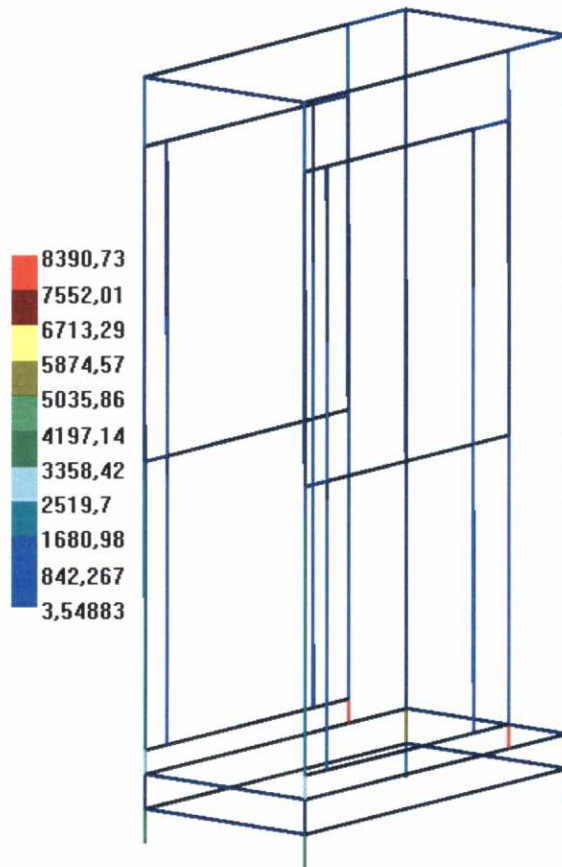


Рисунок 8.1.5 – Распределение перерезывающих усилий F_y (Н) в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x, y, z

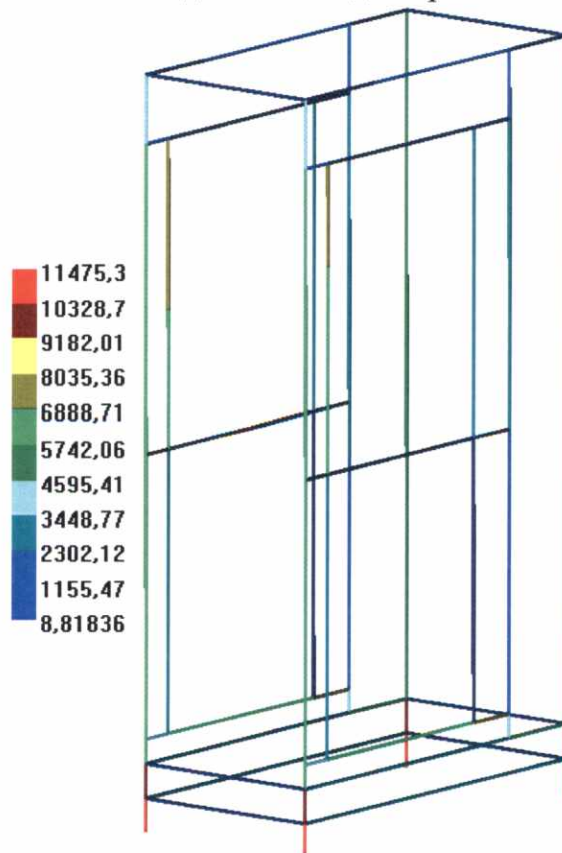


Рисунок 8.1.6 – Распределение перерезывающих усилий F_z (Н) в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x, y, z

Инев. № подл.	Подп. И дата
Взам. инв №	Инев. № дудл.
Подп. И дата	
Подп. И дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

3/11-12-12

Лист

11

Номинальное допускаемое напряжение для материала болтов и шпилек (класс прочности 5.8) определяется как

$$[\sigma]_w = 0,5R_{p0,2}^T, \quad (1)$$

где $R_{p0,2}^T = 400$ МПа – минимальное значение предела текучести при расчетной температуре для болтов класса прочности 5.8. Тогда, согласно формуле (1)

$$[\sigma]_w = 0,5 \cdot 400 = 200 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение растяжения при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ составляет

$$(\sigma_s)_{mw} = 1,4[\sigma]_w, \quad (2)$$

и равно

$$(\sigma_s)_{mw} = 1,4 \cdot 200 = 280 \text{ МПа}$$

Допускаемые касательные напряжения среза при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ составляют

$$(\tau_s)_s = 0,7[\sigma]_w \quad (3)$$

и равны

$$(\tau_s)_s = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ МПа}$$

Определим требуемый диаметр болтов класса прочности 5.8. крепления из условий прочности на растяжение и срез.

Условие прочности при растяжении при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{(P_{0w} + P_z)}{A_w} \leq 1,4[\sigma]_w, \quad (4)$$

где P_{0w} , Н – усилие начальной затяжки болта, определяемое по формуле

$$P_{0w} = A_w[\sigma]_w, \quad (5)$$

$P_z = 11323$ Н - максимально возможное продольное усилие на один болт от сейсмических нагрузок МРЗ,

A_w , м² – площадь поперечного сечения по наименьшему диаметру резьбы, определяемая по формуле

$$A_w = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad (6)$$

Тогда условие прочности на растяжение принимает вид:

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{P_z}{A_w} \leq 0,4[\sigma]_w, \quad (7)$$

откуда следует что

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4P_z}{\pi \cdot 0,4[\sigma]_w}}, \quad (8)$$

и будет равно

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 11323}{\pi \cdot 0,4 \cdot 200}} = 13,43 \text{ мм}$$

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата	3/11-12-12	Лист

Условие прочности на срез при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ от действия максимального усилия среза в наиболее нагруженном узле размещения болта

$$(\tau_s)_s = \frac{P_{\max}}{A_w}, \quad (9)$$

Из условия прочности на срез получаем

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\max}}{\pi \cdot (\tau_s)_s}},$$

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \quad (10)$$

$$P_{\max} = \sqrt{2646^2 + 3818^2} = 4645 \text{ Н}$$

Тогда

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4645}{\pi \cdot 140}} = 6,5 \text{ мм}$$

Таким образом, крепление изделия к основанию должно выполняться с помощью четырех болтов М16 класса прочности 5.8, с наименьшим диаметром резьбы 13,546 мм и площадью поперечного сечения $A_w = 144 \text{ мм}^2$.

Рассмотрим вариант крепления изделия с помощью приварки к закладным элементам. Суммарное усилие среза для наиболее нагруженного сварного шва определяется как

$$F_{\max} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (11)$$

и будет равно

$$F_{\max} = \sqrt{2646^2 + 3818^2 + 11323^2} = 12239 \text{ Н}$$

Определим расчетную длину сварного шва, исходя из сейсмических нагрузок и допускаемого касательного напряжения для сварных швов – 98 МПа (материал: электрод Э42):

$$l_p \geq \frac{F_{\max}}{0,7\delta[\tau_s]} \quad (12)$$

и получим

$$l_p \geq \frac{12239}{0,7 \cdot 3 \cdot 98} = 60 \text{ мм},$$

где $\delta = 3 \text{ мм}$ - катет сварного шва, принятый равным толщине крепежных элементов.

Проектная длина сварного шва одной точки крепления с учетом возможного непровара составляет

$$l = l_p + 2\delta \quad (13)$$

и будет равной

$$l = 60 + 2 \cdot 3 = 66 \text{ мм}$$

Таким образом, в случае крепления изделия к основанию с помощью приварки, крепление должно осуществляться в четырех точках сварными швами с минимальной длиной 66 мм и с катетом шва 3 мм.

Инд. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инд. № дудл.	Подп и дата

8.2 Расчет напольного шкафа типа Rackcenter

8.2.1 Описание конструкции. Расчетная модель

Конструктивная схема напольного шкафа типа Rackcenter показана на рисунке 8.2.1. Изделие представляет собой металлоконструкцию, собранную из сложных профилей. Изделие установлено на регулируемые опоры-ножки, жесткого закрепления к основанию не предусмотрено.

Масса испытанного образца напольного шкафа типа Rackcenter составляет 166 кг.

Максимально возможная масса заполненного оборудованием шкафа типа Rackcenter – 1000 кг.

Отметка размещения конструкции по высоте составляет до +30,0 м.

Согласно рекомендациям [1] и [2] расчет на сейсмостойкость проводился линейно-спектральным методом.

Расчетная модель изделия представляет собой стержневую систему с массой, распределенной по элементам (рисунки 8.2.2).

Расчет проводился с использованием многоцелевого универсального программного комплекса Зенит-95 [3].

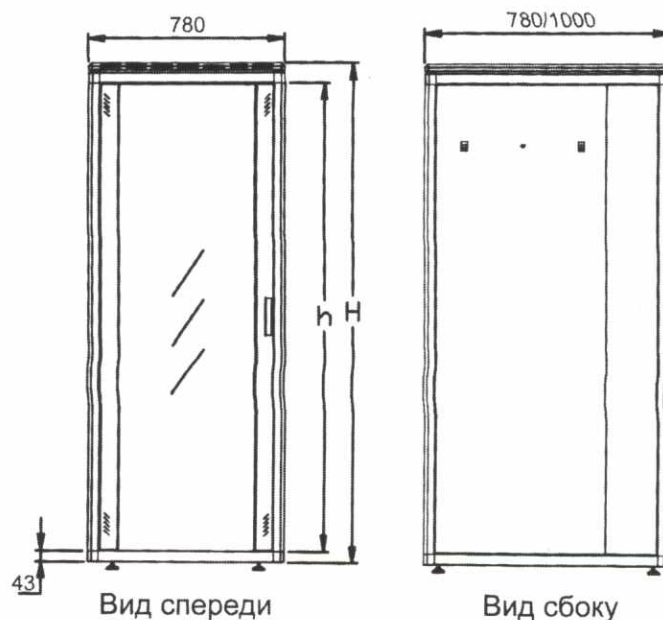


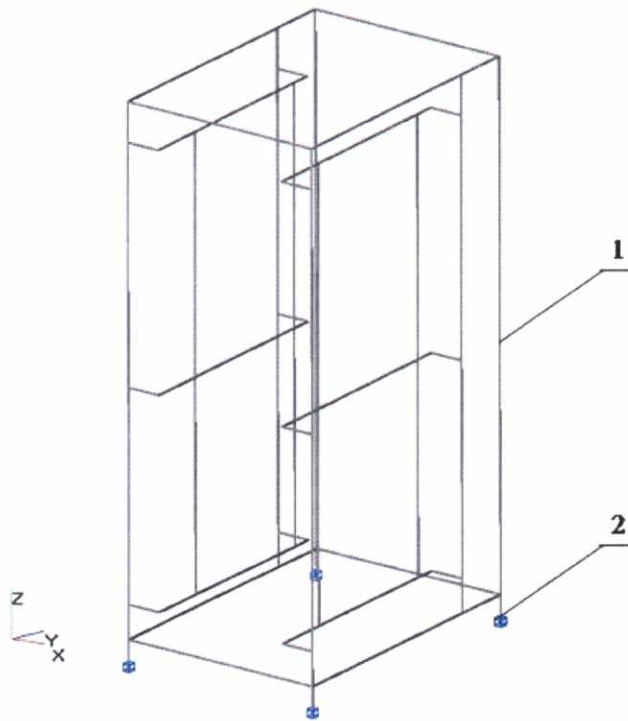
Рисунок 8.2.1 – Конструктивная схема напольного шкафа типа Rackcenter

Инов. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инов. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист
14



1 – каркас изделия; 2 – узлы крепления изделия к основанию

Рисунок 8.2.2 – Расчетная схема напольного шкафа типа Rackcenter

8.2.2 Расчетный анализ динамических характеристик

Результаты расчета частот собственных колебаний представлены в таблице 8.2. Анализ результатов расчета показал хорошее согласование с результатами динамических испытаний. Низшая расчетная частота собственных колебаний изделия составила 4,3 Гц и обусловлена колебаниями конструкции вдоль оси x . На рисунке 8.2.3 дано графическое представление двух низших форм собственных колебаний.

Таблица 8.2 – Результаты расчета частот и форм собственных колебаний

№ собственной формы	Расчет, Гц	Характеристика собственной формы колебаний
1	4,3	Колебания конструкции вдоль оси x
2	5,5	Колебания конструкции вдоль оси y

Инев. № подл. Подп. И дата Взам. инв № Инв. № докл. Подп и дата

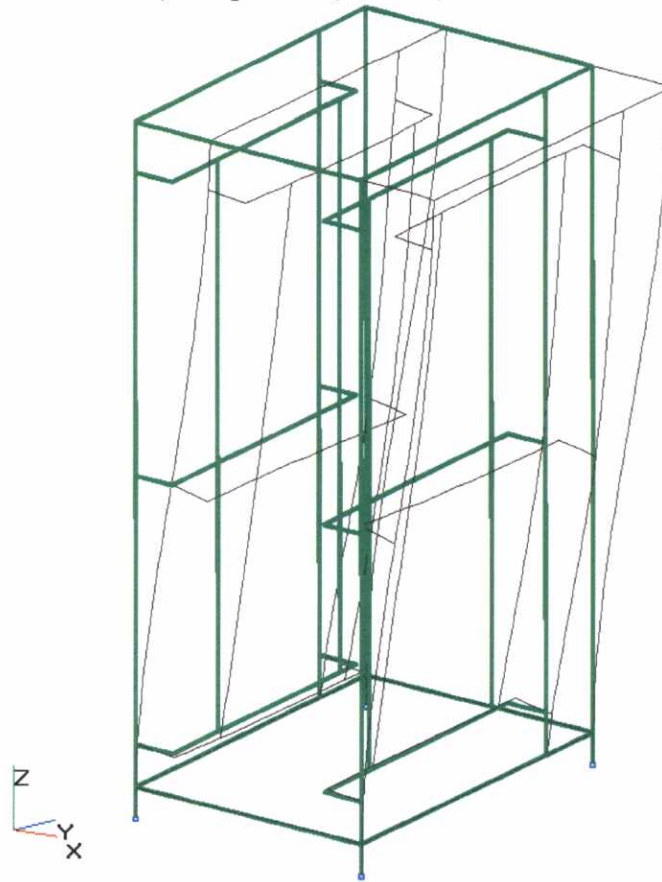
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

3/11-12-12

Лист

15

а) Форма 1 (4,3 Гц)



б) Форма 2 (5,5 Гц)

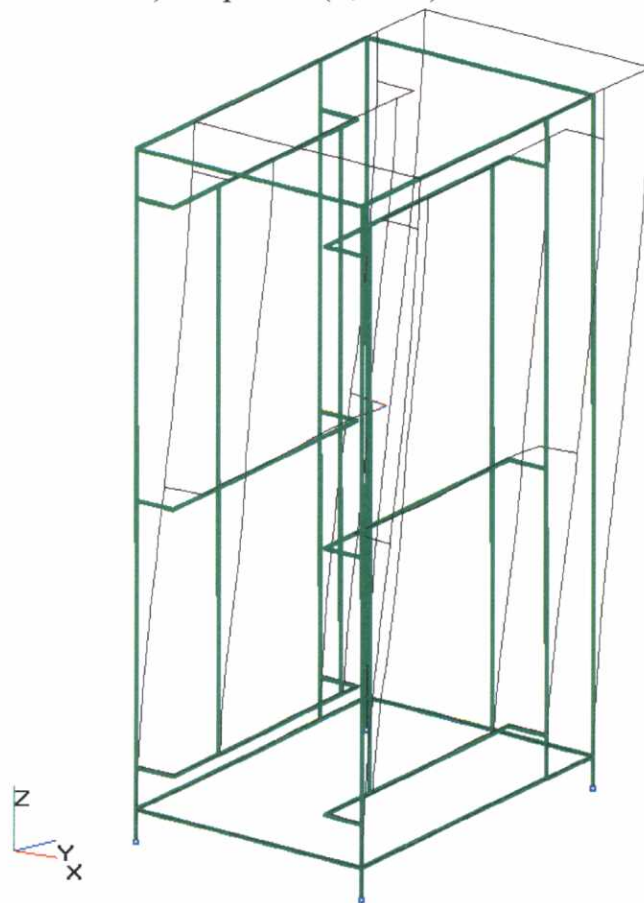


Рисунок 8.2.3 – Формы собственных колебаний

Инв. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

16

8.3 Результаты расчета на сейсмостойкость

Расчет на сейсмостойкость выполняется с учетом максимально возможной массы изделия - 1300 кг.

Для обеспечения сейсмостойкости необходимо обеспечить жесткое закрепление изделия к основанию. Для этого было предложено крепление изделия при помощи швеллеров (№10, ГОСТ 8240-89, длина 900 мм), как представлено на рисунке 8.2.4 вдоль боковых стенок изделия. Тогда в качестве критерия сейсмостойкости принята прочность сварных соединений шкафа к швеллерам и швеллеров к закладным элементам.



1 – сварные швы крепления каркаса шкафа к швеллерам; 2 – узлы крепления (сварные швы/болты) изделия к основанию

Рисунок 8.2.4 – Схема крепления изделия при помощи швеллеров

В результате расчета получено распределение усилий в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x , y , z (рисунки 8.2.5-8.2.7).

Максимальные усилия в наиболее нагруженных местах крепления шкафа к швеллеру составляют:

$$F_x = 3145 \text{ Н}, F_y = 3560 \text{ Н}, F_z = 5082 \text{ Н}.$$

Максимальные усилия в наиболее нагруженных местах крепления изделия к основанию составляют:

$$F_x = 3455 \text{ Н}, F_y = 6052 \text{ Н}, F_z = 9071 \text{ Н}.$$

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

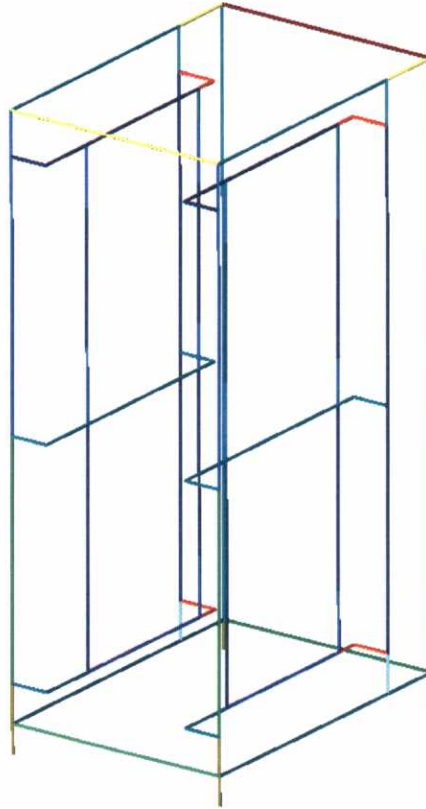
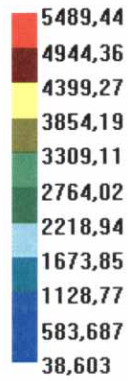


Рисунок 8.2.5 – Распределение продольных усилий F_x (Н) в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x, y, z

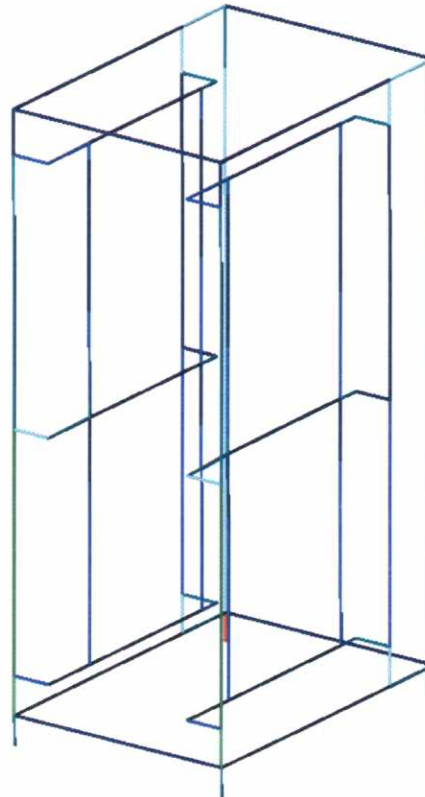
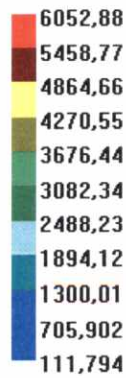


Рисунок 8.2.6 – Распределение перерезывающих усилий F_y (Н) в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x, y, z

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. ине №	Инев. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

18

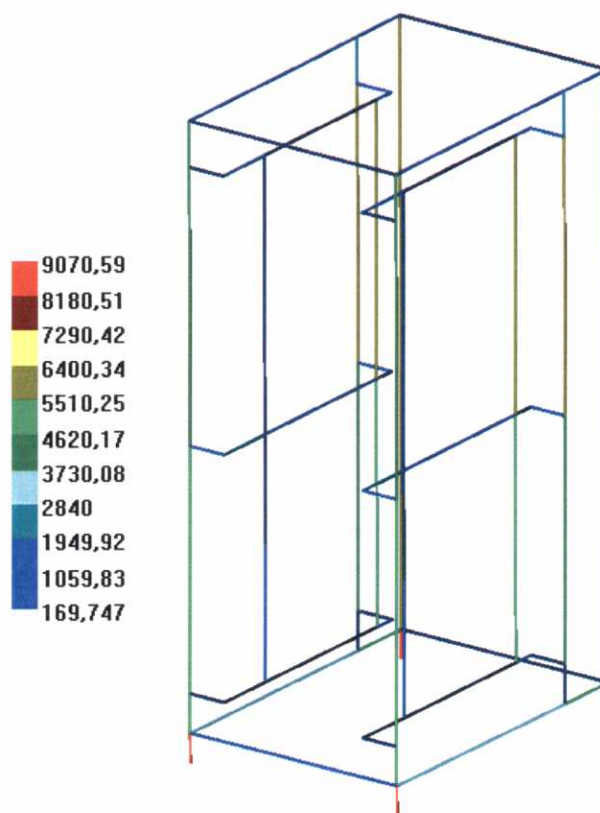


Рисунок 8.2.7 – Распределение перерезывающих усилий F_z (Н) в элементах изделия от сейсмического воздействия одновременно по осям x, y, z

Определим необходимый размер сварных швов крепления каркаса шкафа к швеллерам. Суммарное усилие среза для наиболее нагруженного сварного шва определяется по формуле (10) и будет равно

$$F_{\max} = \sqrt{3145^2 + 3560^2 + 5082^2} = 6956 \text{ Н}$$

Определим расчетную длину сварного шва, исходя из сейсмических нагрузок и допускаемого касательного напряжения для сварных швов – 98 МПа (материал: электрод Э42), которая определяется по формуле (11), и получим

$$l_p \geq \frac{6956}{0,7 \cdot 3 \cdot 98} = 38 \text{ мм,}$$

Проектная длина сварного шва одной точки крепления с учетом возможного непровара определяется по формуле (12) и будет равной

$$l = 38 + 2 \cdot 3 = 44 \text{ мм}$$

Таким образом, крепление каркаса шкафа к швеллерам должно осуществляться в четырех точках в соответствии со схемой, представленной на рисунке 8.2.4 сварными швами с минимальной длиной 44 мм и с катетом шва 3 мм.

Определим необходимый размер сварных швов крепления изделия к основанию. Суммарное усилие среза для наиболее нагруженного сварного шва определяется по формуле (10) и будет равно

Ине. № подл.	Подп. И дата	Взам. ине №	Ине. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

19

$$F_{\max} = \sqrt{3455^2 + 6052^2 + 9071^2} = 11439 \text{ Н}$$

Определим расчетную длину сварного шва, исходя из сейсмических нагрузок и допускаемого касательного напряжения для сварных швов – 98 МПа (материал: электрод Э42), которая определяется по формуле (11), и получим

$$l_p \geq \frac{11439}{0,7 \cdot 3 \cdot 98} = 56 \text{ мм},$$

Проектная длина сварного шва одной точки крепления с учетом возможного непровара определяется по формуле (12) и будет равной

$$l = 56 + 2 \cdot 3 = 62 \text{ мм}$$

Таким образом, в случае крепления изделия к основанию с помощью приварки, крепление должно осуществляться в четырех точках в соответствии со схемой, представленной на рисунке 8.2.4 сварными швами с минимальной длиной 62 мм и с катетом шва 3 мм.

Рассмотрим вариант крепления изделия к основанию при помощи болтов. Определим требуемый диаметр болтов класса прочности 5.8. крепления из условий прочности на растяжение и срез.

Из условия прочности при растяжении при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ (4) согласно формуле (8) минимальный диаметр будет равен

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 9071}{\pi \cdot 0,4 \cdot 200}} = 12,02 \text{ мм}$$

Из условия прочности на срез (9) минимальный диаметр болта крепления равен

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 6969}{\pi \cdot 140}} = 7,96 \text{ мм},$$

где $P_{\max} = \sqrt{3455^2 + 6052^2} = 6969 \text{ Н}$, согласно формуле (10).

Таким образом, в случае крепления изделия к основанию при помощи болтов, должно выполняться с помощью четырех болтов М16 класса прочности 5.8, с наименьшим диаметром резьбы 13,546 мм и площадью поперечного сечения $A_w = 144 \text{ мм}^2$.

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	3/11-12-12	Лист
						20

Заключение

Проведена расчетно-экспериментальная проверка стойкости металлоконструкции напольных шкафов типа Rackcenter, Racklan, Racknet, Rackserv к сейсмическим воздействиям интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64 и высотной установке изделий до +30,0 м включительно.

Для обеспечения требуемой сейсмостойкости необходимо выполнение следующих рекомендаций.

Крепление металлоконструкций напольных шкафов типа Rackserv должно выполняться с помощью четырех анкерных болтов М16, изготовленных из стали класса прочности 5.8, либо с помощью приварки к закладным деталям не менее чем в четырех точках с длиной каждого сварного шва 66 мм и катетом шва 3 мм.

Крепление металлоконструкций напольных шкафов типа Rackcenter к основанию должно выполняться при помощи двух швеллеров №10 (ГОСТ 8240-89) длиной 900 мм каждый, ориентированных вдоль боковых стенок изделий (рисунок 8.2.4). Крепление каркасов изделий к каждому швеллеру должно выполняться путем приварки двумя сварными швами длиной 44 мм и катетом шва 3 мм, крепление каждого швеллера к основанию должно осуществляться при помощи двух сварных швов длиной 62 мм и катетом шва 3 мм, либо при помощи болтов М16 класса прочности не менее 5.8.

Вывод

Металлоконструкции напольных шкафов типа Rackcenter, Racklan, Racknet, разработчик и изготовитель Solution Eurolan Europe AB, Швеция соответствуют:

- требованиям ГОСТ 17516.1-90, ГОСТ 30546.3-98, ГОСТ 16962.2-90, ГОСТ 30631-99, ПНАЭ Г-7-002-86, НП-031-01 в части сейсмостойкости при сейсмических воздействиях интенсивностью 9 баллов (по шкале MSK-64), высотная отметка +30,0 м включительно при выполнении рекомендаций по раскреплению устройств к основанию.

Инв. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата	3/11-12-12	Лист

Список литературы

- 1 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) / Госатомэнергонадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат. 1989. – 525 с.
- 2 ГОСТ 17516.1-90. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам.
- 3 Программа расчета динамики и прочности конструкций, механизмов и приводов «Зенит-95». Интерфейс пользователя. Работа с программой. – СПб., 2010.

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
				3/11-12-12
				Лист
				22

Приложение А

(обязательное)

Результаты динамических испытаний

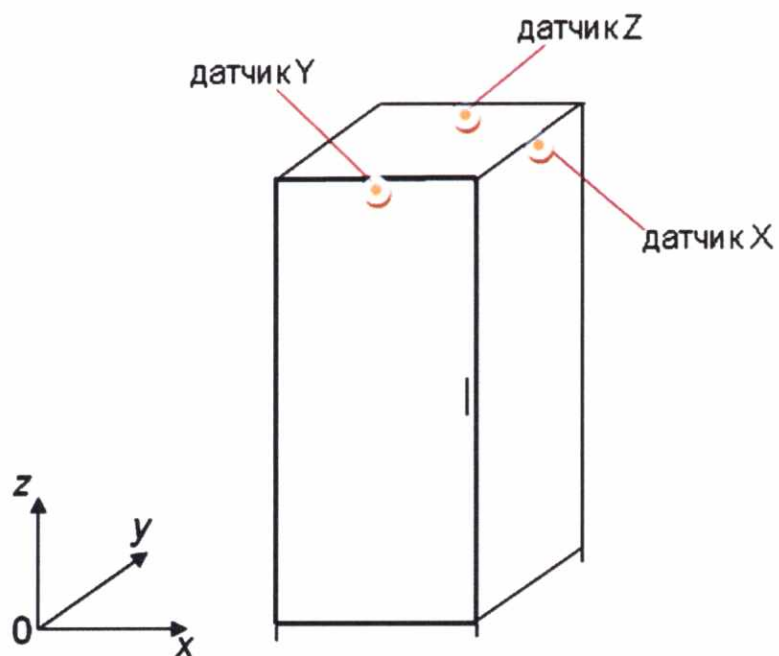


Рисунок А.1 – Расположение датчиков, регистрирующих колебания изделий. Направления динамических воздействий (X, Y, Z)

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

23

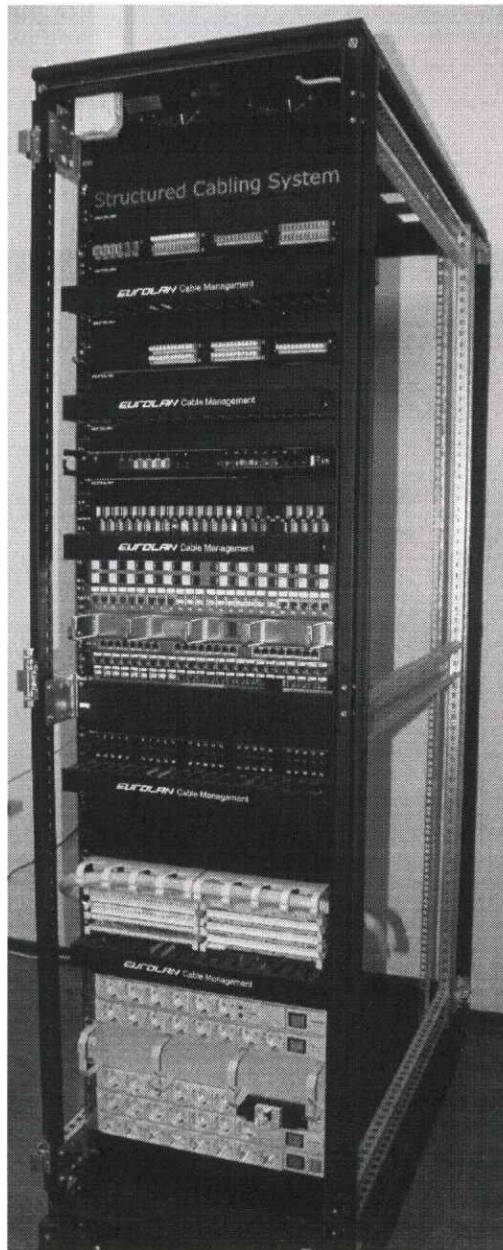


Рисунок А.2 – Общий вид металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv

Инв. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

24

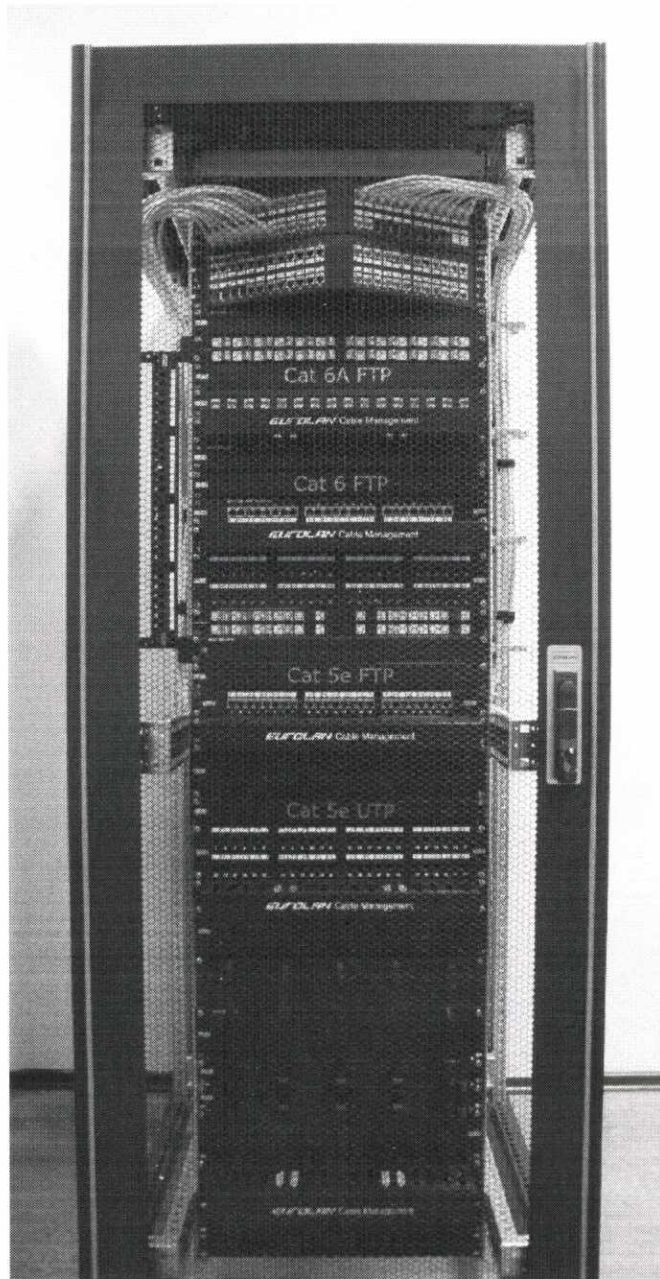


Рисунок А.3 – Общий вид металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter

Инва. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инв. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12



Рисунок А.4 – Расположение акселерометра 333В40, регистрирующего колебания металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv в горизонтальном направлении 0X

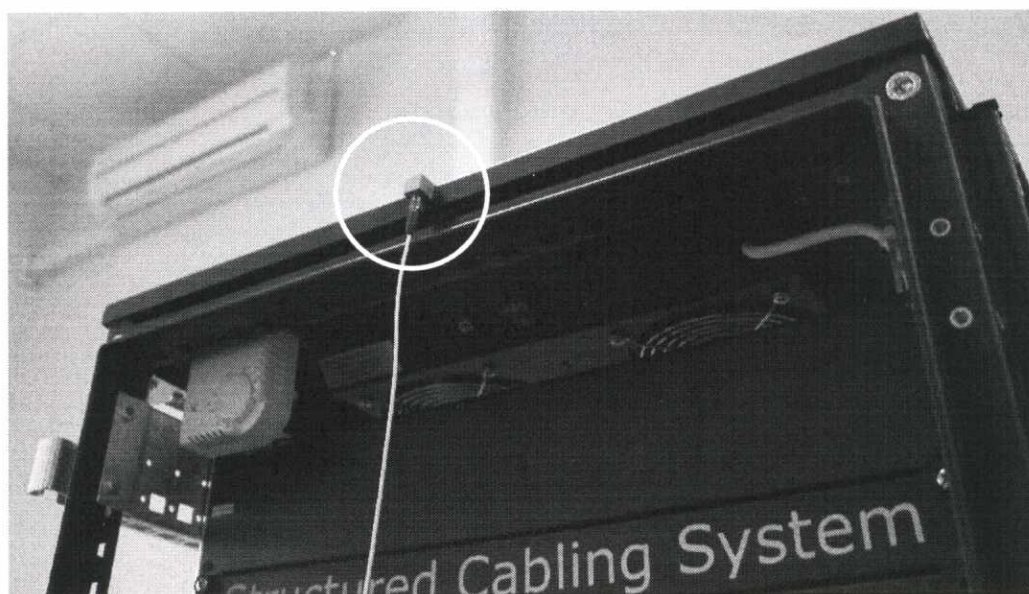


Рисунок А.5 – Расположение акселерометра 333В40, регистрирующего колебания металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv в горизонтальном направлении 0Y

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

26

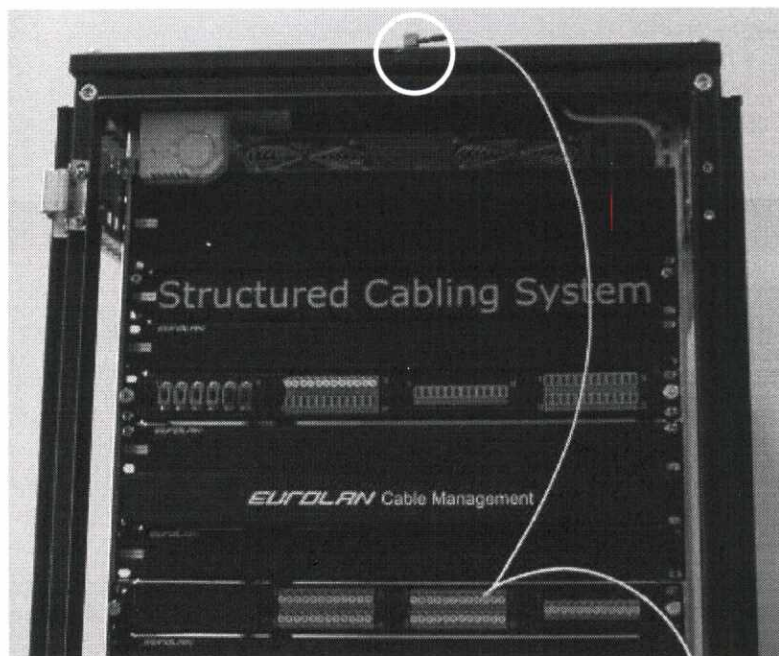


Рисунок А.6 – Расположение акселерометра 333В40, регистрирующего колебания металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv в вертикальном направлении 0Z

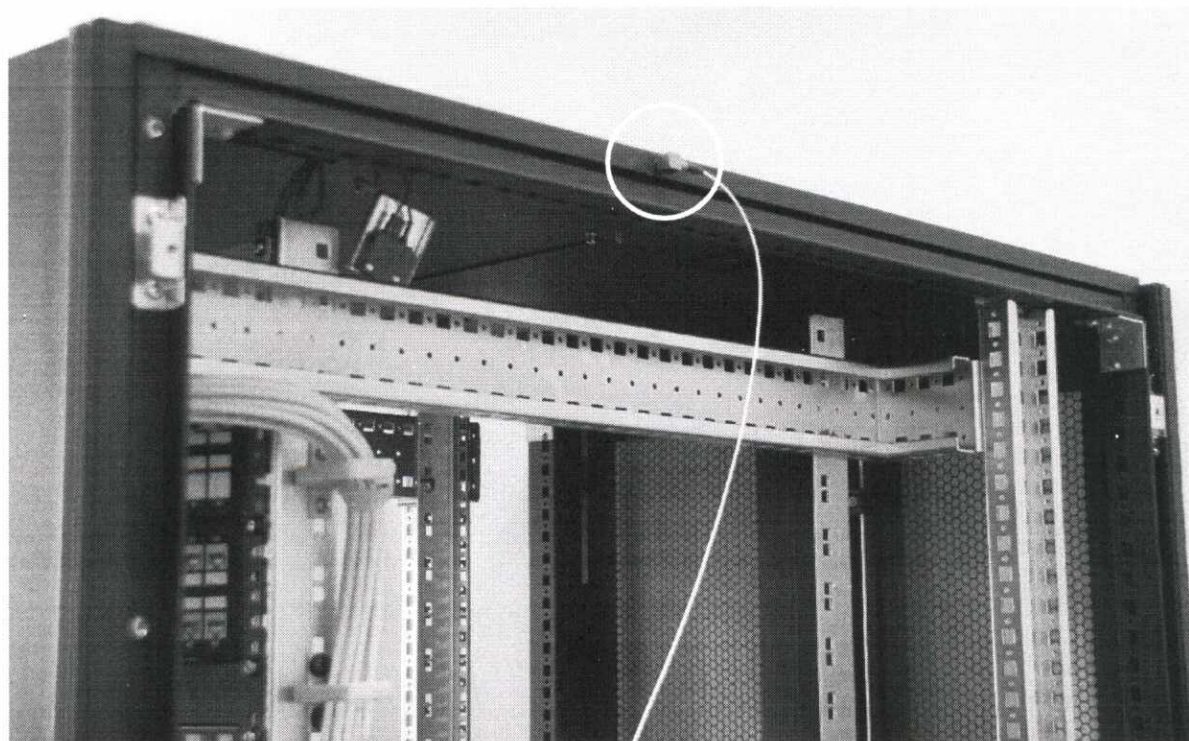


Рисунок А.7 – Расположение акселерометра 333В40, регистрирующего колебания металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter в горизонтальном направлении 0X

Инев. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв №	Инев. № дудл.	Подп и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

Лист

27

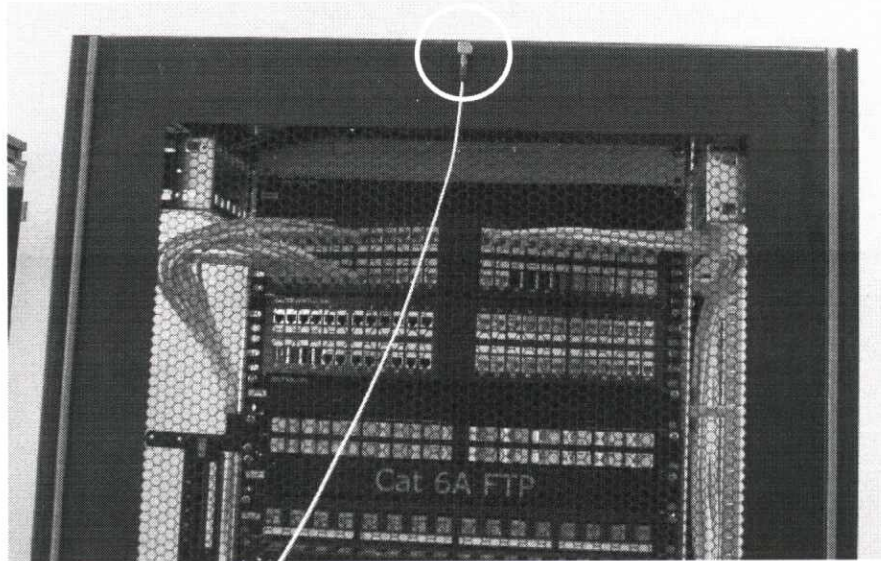


Рисунок А.8 – Расположение акселерометра 333В40, регистрирующего колебания металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter в горизонтальном направлении 0Y

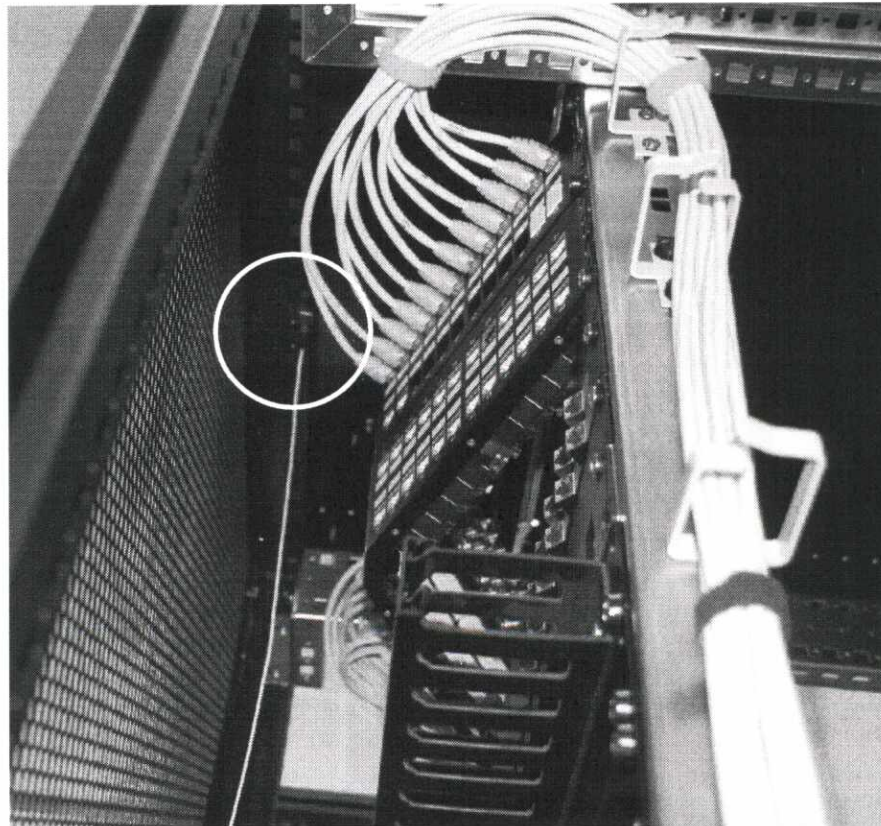


Рисунок А.9 – Расположение акселерометра 333В40, регистрирующего колебания металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter в вертикальном направлении 0Z

Ине. № подл.	Подп. И дата	Взам. ине №	Ине. № дудл.	Подп и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3/11-12-12

ускорение, м/с²

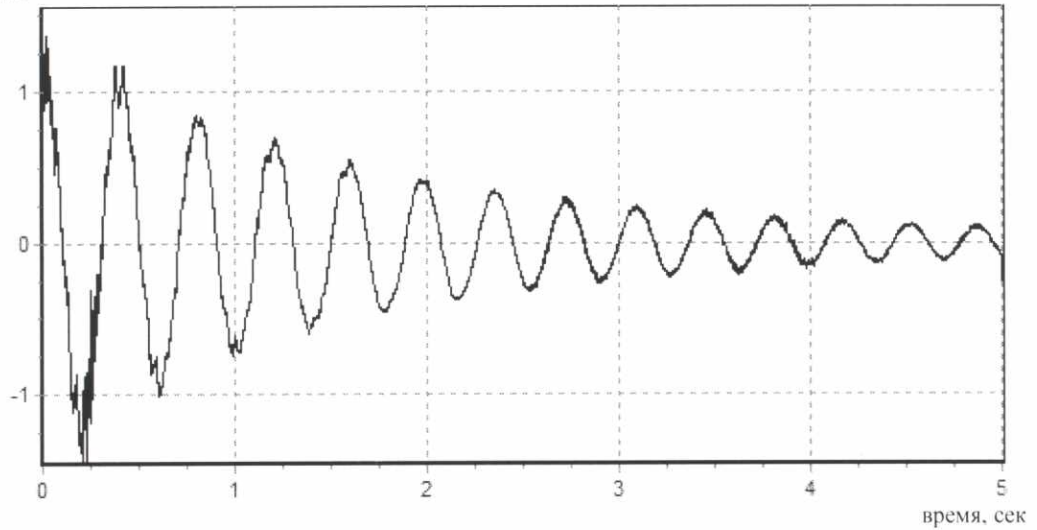


Рисунок А.10 – Акселерограмма затухающих колебаний металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv, вызванных оттяжкой. Направление воздействия горизонтальное (0X)

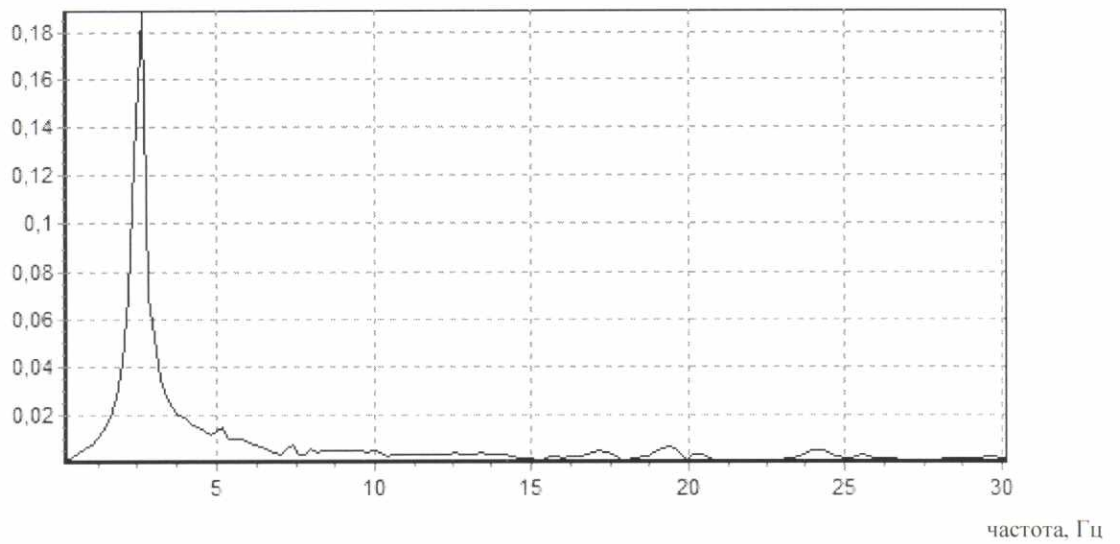


Рисунок А.11– Спектр Фурье

Таблица А.1

№ пика	Частота, Гц	Декремент колебаний, %
1	2,6	3,4

Инв. № подл. | Подп. И дата | Взам. инв № | Инв. № дудл. | Подп и дата

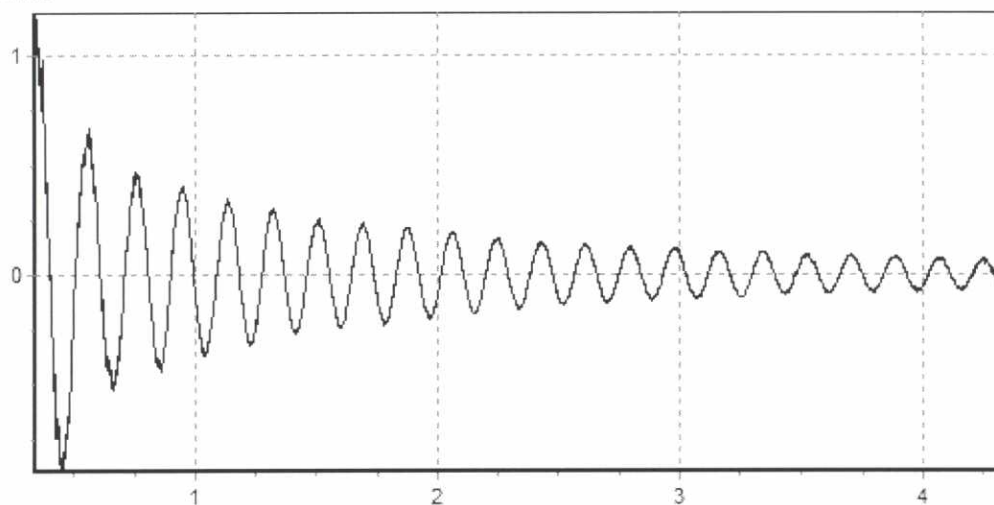
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

3/11-12-12

Лист

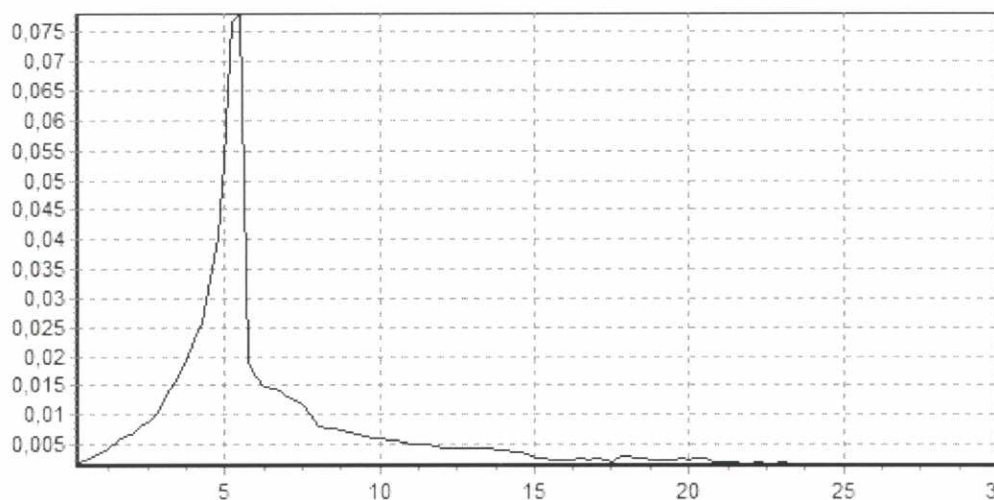
29

ускорение, м/с²



время, сек

Рисунок А.12 – Акселерограмма затухающих колебаний металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv, вызванных оттяжкой. Направление воздействия горизонтальное (0Y)



частота, Гц

Рисунок А.13 – Спектр Фурье

Таблица А.2

№ пика	Частота, Гц	Декремент колебаний, %
1	5,5	1,5

Подп и дата

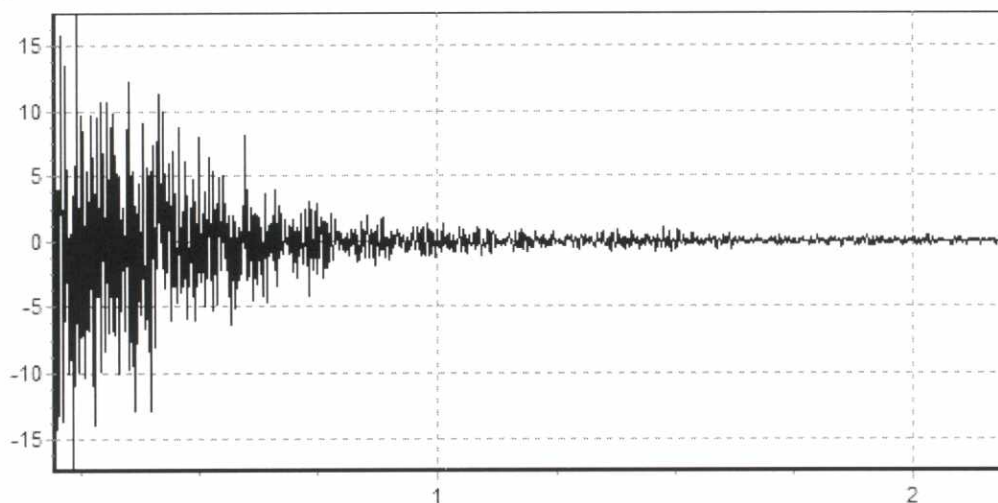
Взам. инв № Инв. № дудл.

Взам. инв № Инв. № дудл.

Подп. И дата

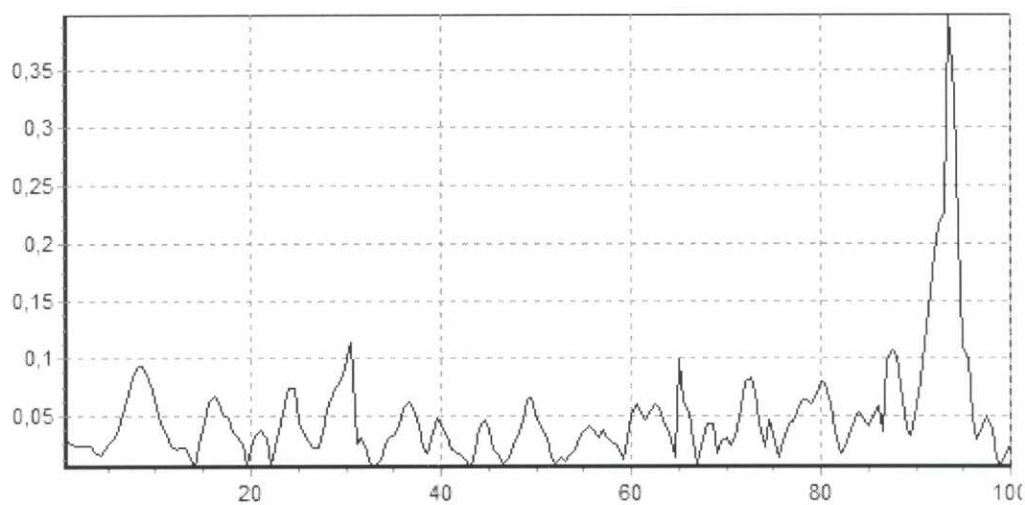
Инв. № подл.

ускорение, м/с²



время, сек

Рисунок А.14 – Акселерограмма затухающих колебаний металлоконструкции напольного шкафа типа Rackserv, вызванных ударом. Направление воздействия вертикальное (0Z)



частота, Гц

Рисунок А.15 – Спектр Фурье

Таблица А.3

№ пика	Частота, Гц	Декремент колебаний, %
1	93,5	0,6

Подп и дата

Взам. инв № Инв. № дудл.

Подп. И дата

Инв. № подл.

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

3/11-12-12

Лист

31

ускорение, м/с²

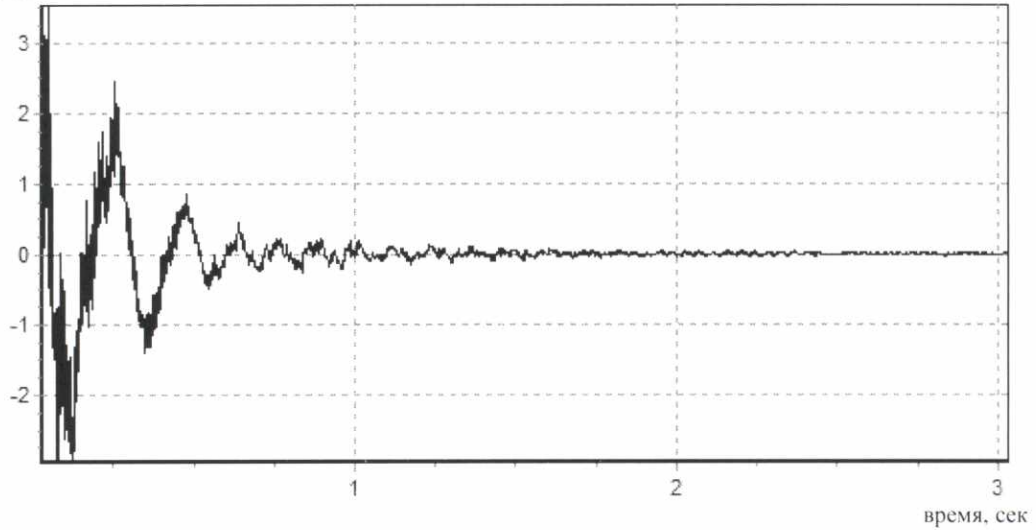


Рисунок А.16 – Акселерограмма затухающих колебаний металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter, вызванных оттяжкой. Направление воздействия горизонтальное (OX)

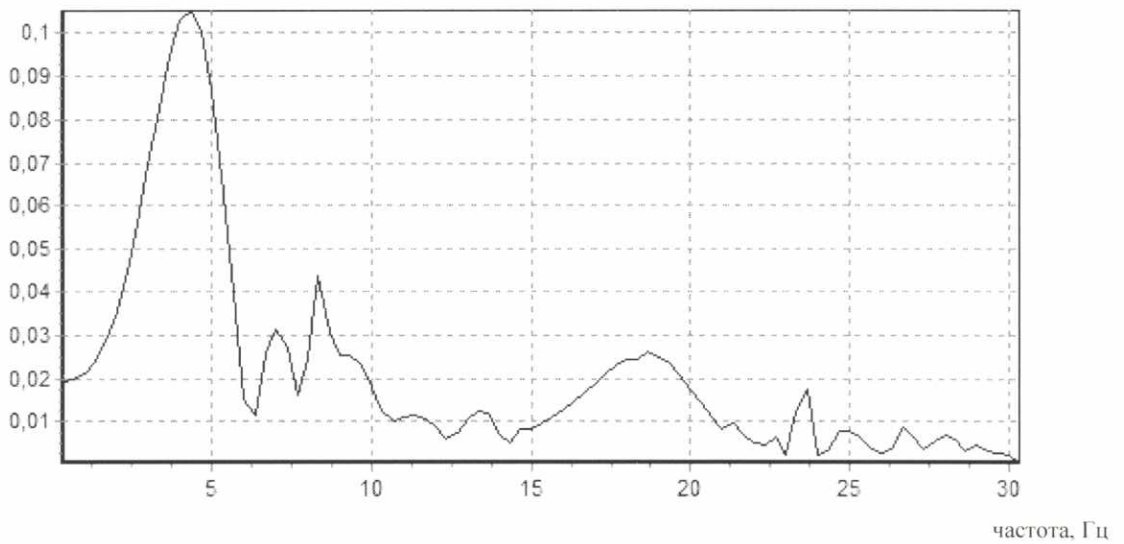


Рисунок А.17– Спектр Фурье

Таблица А.4

№ пика	Частота, Гц	Декремент колебаний, %
1	4,3	13,8

Подп и дата

Взам. инв № Инв. № дудл.

Взам. инв № Инв. № дудл.

Подп. И дата

Инв. № подл.

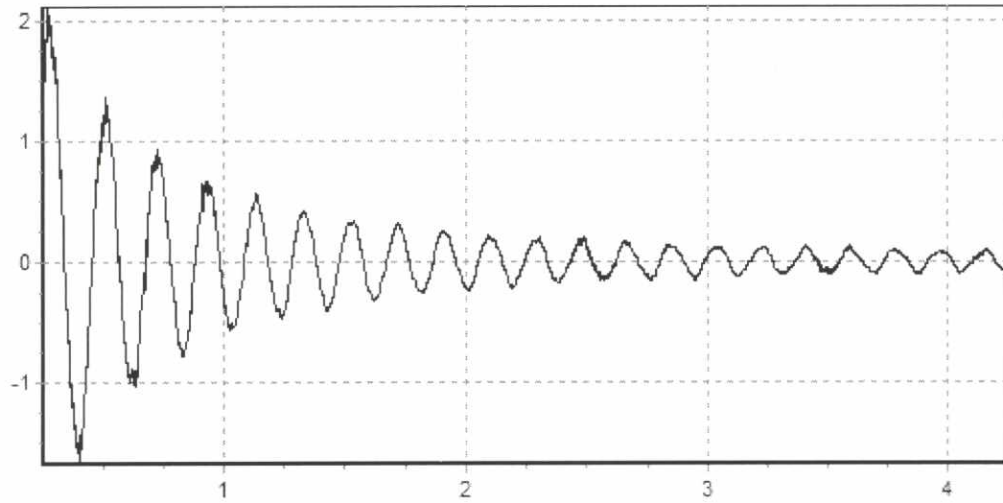
Изм. Лист № докум. Подпись Дата

3/11-12-12

Лист

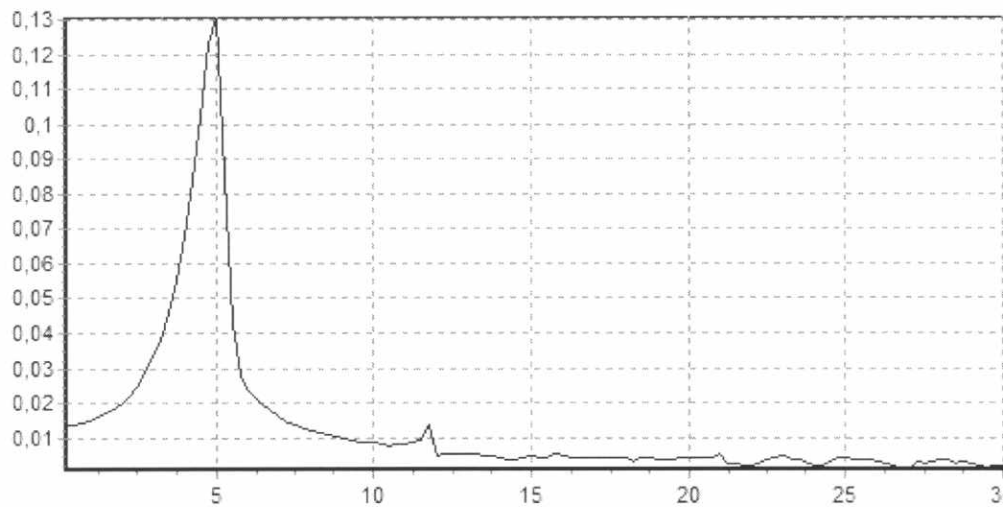
32

ускорение, м/с²



время, сек

Рисунок А.18 – Акселерограмма затухающих колебаний металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter, вызванных оттяжкой. Направление воздействия горизонтальное (0Y)



частота, Гц

Рисунок А.19 – Спектр Фурье

Таблица А.5

№ пика	Частота, Гц	Декремент колебаний, %
1	5,0	1,9

Подп и дата

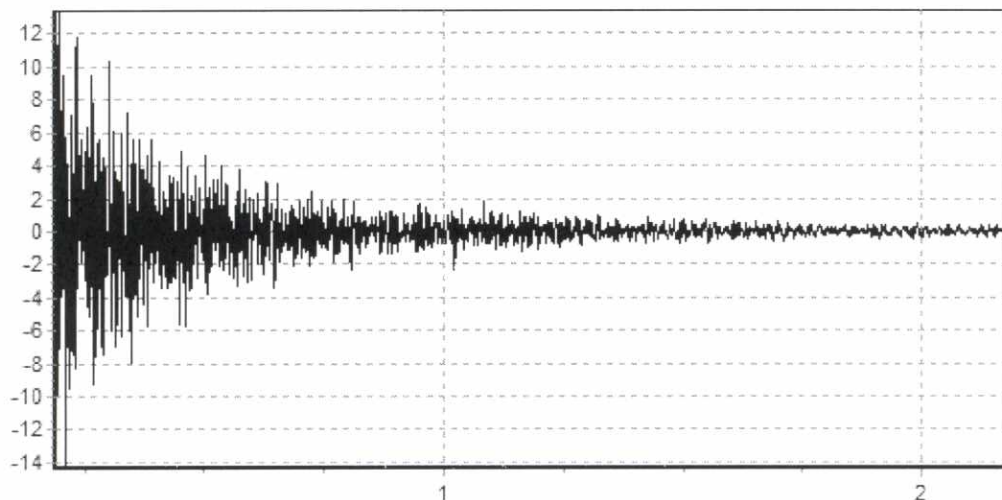
Взам. инв № Инв. № дудл.

Взам. инв № Инв. № дудл.

Подп. И дата

Инв. № подл.

ускорение, м/с²



время, сек

Рисунок А.20 – Акселерограмма затухающих колебаний металлоконструкции напольного шкафа типа Rackcenter, вызванных ударом. Направление воздействия вертикальное (0Z)

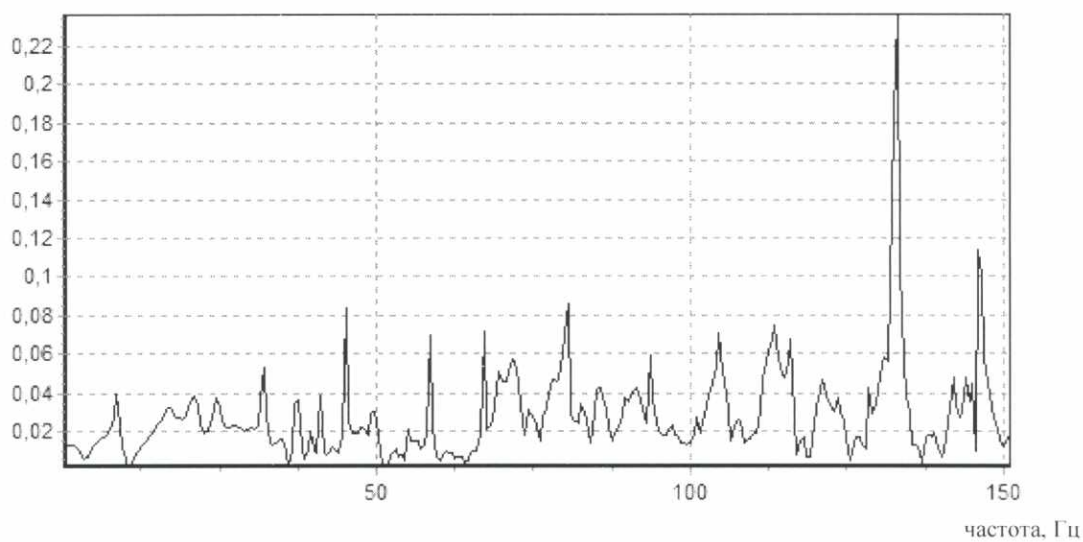


Рисунок А.21 – Спектр Фурье

Таблица А.6

№ пика	Частота, Гц	Декремент колебаний, %
1	133,0	-

Подп и дата

Взам. инв. № Инв. № дудл.

Подп. И дата

Инв. № подл.

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

3/11-12-12

Лист

34