



Открытое акционерное общество  
«Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский  
институт атомного энергетического машиностроения» (ОАО «ВНИИАМ»)

**Лицензии:**

ДЭ-00-006885 (КС) от 17 октября 2007 г.

ЦО-11-101-3905 от 12 декабря 2007 г.

ЦО-03-101-4013 от 19 февраля 2008 г.



Утверждаю

директор ОАО «ВНИИАМ»

В.П. Кузнецов

2009 г.

**ПРОТОКОЛ АТТЕСТАЦИИ**  
на сейсмостойкость № 95.2-03-09

Объект испытаний  
(расчета)

Низковольтное комплектное устройство, включающее  
11 типов оборудования, изготовленное в соответствии с  
типовыми монтажными инструкциями, разработанными  
заводом концерна АББ - STRIEBEL & JOHN GmbH & Co. KG

Вид испытаний, документ на  
соответствие которому проводились  
испытания.

ГОСТ 17516.1-90 ГОСТ 30546.3-98, ГОСТ 16962.2-90,  
НП 031-01, ПНАЭГ-7-002-86, в части сейсмостойкости и  
требований в части стойкости к механическим  
воздействиям, ANSI/IEEE Std. 344-1987

**ПРОТОКОЛ СОДЕРЖИТ:**

Цель аттестации	стр. 2
Методика испытаний	стр. 3
Испытательные воздействия	стр. 3
Результаты испытаний	стр. 4
Результаты прочностных расчетов	стр. 4
Заключение	стр. 14
Приложения	стр. 15-42
Всего листов	42

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

Результаты аттестации положительные.

Низковольтное комплектное устройство, включающее 11 типов оборудования, изготовленное в  
соответствии с типовыми монтажными инструкциями, разработанными заводом концерна АББ -  
STRIEBEL & JOHN GmbH & Co. KG

соответствует требованиям сейсмостойкости при сейсмических воздействиях интенсивностью  
9 баллов (по шкале MSK-64), высотная отметка размещения в здании +70,0 м включительно.

Заведующий техническим отделом

Л.Н. Гречухин

Заведующий отделом сейсмической безопасности  
промышленных объектов, д.т.н., профессор

С.П. Казновский

Заведующий лабораторией динамических расчетов,  
д.ф.-м.н.

Г.В. Встовский

Заведующий лабораторией динамических испытаний,  
к.т.н.

П.С. Казновский

Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв №

Подп. и дата

Инв. № подл.

24024 10.04.09

ООО «АББ»  
г. Москва

" 18 " июня 2009 г.

В испытаниях приняли участие:

От ООО «АББ»:

Абрамов Ф.Е.  
Волобуев А.В.

От ОАО «ВНИИАМ»:

Встовский Г.В.  
Казновский А.П.  
Казновский П.С.

### 1. Объект испытаний (аттестации):

Низковольтное комплектное устройство, включающее 11 типов оборудования, изготовленное в соответствии с типовыми монтажными инструкциями, разработанными заводом концерна АББ - STRIEBEL & JOHN GmbH & Co. KG. Изготовитель образца для испытаний - сертифицированный партнер ЗАО «Георг Энерго». НКУ выполнено в металлических шкафах. Каждый шкаф был зафиксирован к полу анкерными болтами, имитирующими закрепление в натуральных условиях. До и после испытаний проводилось тестирование работоспособности устройства и его элементов.

### Элементы оборудования в составе НКУ:

1. Металлические шкафы производства завода АББ - STRIEBEL & JOHN GmbH & Co. KG
2. Автоматический выключатель серии Emax E2 выкатного исполнения с моторным приводом
3. Автоматический выключатель серии Tmax T1
4. Автоматический выключатель серии Tmax T3
5. Выключатель-разъединитель серии SlimLine XR00 с предохранителями NH 00/gG
6. Выключатель-разъединитель серии SlimLine XR1 с предохранителями NH 1/gG
7. Выключатель-разъединитель серии SlimLine XR3 с предохранителями NH 3/gG
8. Трансформатор тока ASK
9. Трансформатор тока ASR
10. Трансформатор тока СТ
11. Амперметр AMT IQ48

### 2. Цель испытаний (аттестации):

- определение сейсмостойкости изделия при сейсмических нагрузках интенсивностью до 9 баллов по MSK-64 и высотной установке размещения в здании до +70,0 м включительно по ГОСТ 17516.1-90 и ГОСТ 30546.1-98 (расчетно-экспериментальным методом);

				95.2-03-09		Ли
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата			2

- анализ результатов, полученных в процессе проведения испытаний изделия и, 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;
- 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 воздействия

принимались в соответствии с ГОСТ 30546.1-98 для интенсивности землетрясения 9 баллов по шкале MSK-64 при высотной установке изделия в здании до +70 м согласно Приложения 6 табл. 12, черт 1, 2 ГОСТ 17516.1-90.

### 5. Условия проведения испытаний

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

- температуре воздуха +25°C
- относительной влажности воздуха - 80%
- атмосферное давление - 84 кПа (730 мм ртутного столба)

5.2. Изделие было зафиксировано к полу анкерными болтами, имитирующими закрепление в реальных условиях эксплуатации.

5.3. Качество функционирования изделия оценивалось по отсутствию или наличию следующих нарушений его функционирования до и после испытательных воздействий:

- самопроизвольные отключения или переключения режимов работы;
- прекращение подачи напряжения;
- нарушения световой индикации.

5.4. На изделие была задана динамическая нагрузка эквивалентная для интенсивности землетрясения 9 баллов по шкале MSK-64 при высотной установке

					95.2-03-09		Лист
							3
Изм.		№ докум.	Подпись	Дата			

размещения изделий до +70,0 м. Датчик, регистрирующий колебания изделия, располагался в верхней части изделия с целью определения его собственных частот и декрементов колебаний в направлениях OX, OY, OZ.

На элементы оборудования шкафа в направлениях OX, OY, OZ задавалась широкополосная динамическая нагрузка, превышающая эквивалентную интенсивности землетрясения 9 баллов по шкале MSK-64 при высотной установке размещения изделий до +70,0 м.

## 6. Результаты испытаний

6.1. Определена резонансная частота металлоконструкции изделия в направлении параллельном лицевой стороне изделий, которая составляет 11,1 Гц, декремент 2,5% (Рис. 2 приложения А).

6.2. Определены резонансные частоты металлоконструкции изделия в направлении перпендикулярном лицевой стороне изделия, низшие из которых составляют 7,8 Гц; 12,9 Гц, декремент 1,9% (Рис. 4 приложения А).

6.3. Определены резонансные частоты металлоконструкции изделия в вертикальном направлении, низшие из которых составляют 26,4 Гц; 38,7 Гц, декремент 1,6% (Рис. 6 приложения А).

6.4. Определена реакция при воздействии и работоспособность после воздействия динамических нагрузок, создаваемых в его основании до  $12,0 \text{ м/с}^2$ .

6.5. Встроенные элементы испытывались на широкополосные динамические нагрузки в диапазоне 2-45 Гц с ускорением более  $100,0 \text{ м/с}^2$ , что соответствовало динамическим нагрузкам для демпфирования 2% при испытаниях изделий группы «В» встроенных в изделия группы «А» при сейсмических нагрузках до 9 баллов по MSK-64 и высотной установке до +70 м по ГОСТ 30546.1-98 и ГОСТ 17516.1-90 (Рис. 7-30 приложения А).

6.6. Максимальные ускорения в местах крепления комплектующих изделий определены путем использования спектров ответа 5% для МРЗ 9 баллов, отметка +70,0 м.

6.7. Полученные спектры ответа для задаваемых на встроенные элементы динамических нагрузок (рис. 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 приложения А) в ряде случаев значительно, в 2 и более раз, превышают требуемый спектр ответа, согласно Приложения 6 табл. 12, черт 2, ГОСТ 17516.1-90.

6.8. В результате проведенных испытаний можно констатировать, что испытательные нагрузки соответствовали нагрузкам по п. 4, при этом отсутствовали нарушения функционирования изделия указанные в п. 5.3 и механические деформации.

## 7. Результаты прочностных расчетов

### 7.1. Исходные данные для расчета на сейсмостойкость.

#### 7.1.1. Описание конструкции. Расчетная модель

Общий вид НКУ показан на рис. 7.1.1. НКУ представляет собой металлоконструкцию, собранную из сложных профилей, соединенных между собой болтами. НКУ состоит из двух частей, каждая из которых закреплена на независимом цоколе. Каждый цоколь крепится к бетонному основанию анкерными шпильками. В левой части шкафа располагается автоматический выключатель.

Масса шкафа с оборудованием равна 670 кг, в том числе масса автоматического выключателя серии Emax E2 – 78 кг, оборудования – 48 кг,

					95.2-03-09	Лист
						4
Изм.		№ докум.	Подпись	Дата		

каркаса левого шкафа – 57,5 кг, каркаса правого шкафа – 67,5 кг, медных шин – 140 кг.

Крепление шкафа к цоколю осуществляется болтами М12 (8 шт.), крепление цоколя к основанию – анкерными шпильками М12 (8 шт.) либо приваркой к закладным деталям. Отметка размещения в здании по высоте составляет до +70 м.

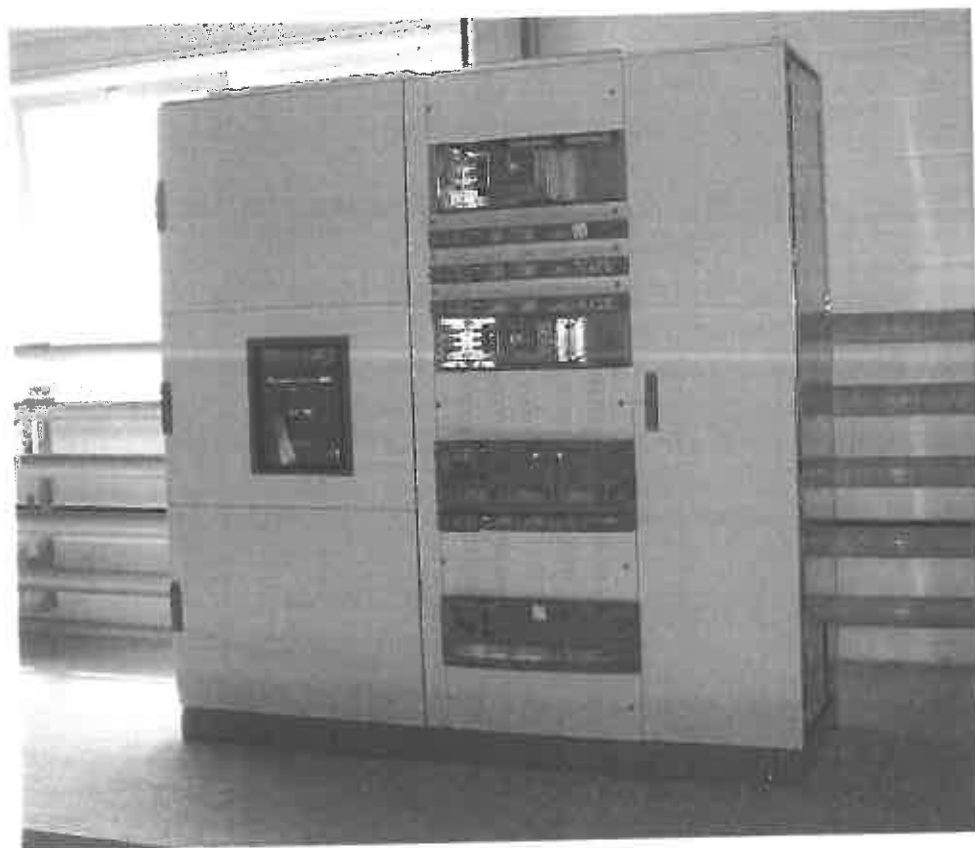


Рис. 7.1.1 – Общий вид НКУ

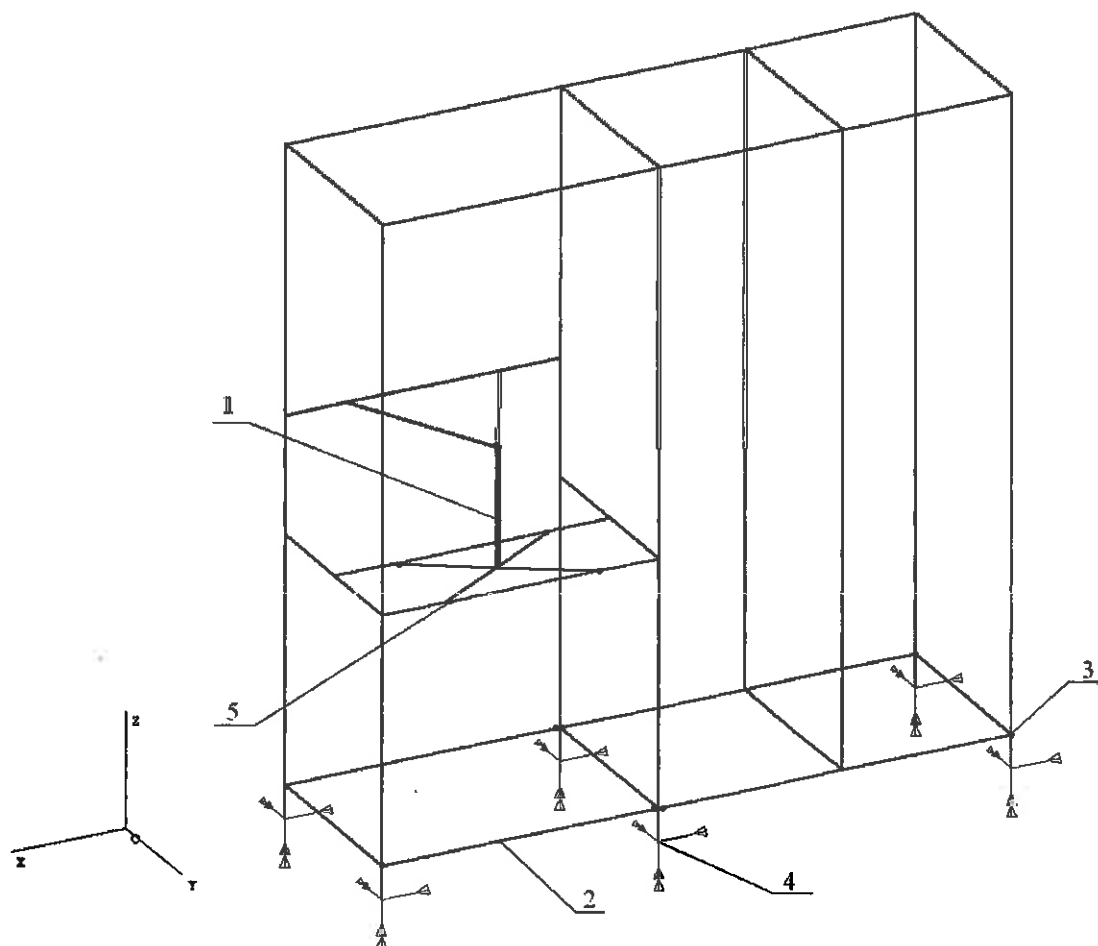
					95.2-03-09	Лист
						5
Изм.		№ докум.	Подпись	Дата		

Для обеспечения сейсмостойкости НКУ требуется рассчитать необходимый размер сварного шва в случае приварки цоколя к закладным элементам, а также крепление автоматического выключателя серии Emax E2 к металлоконструкции шкафа.

Согласно рекомендациям Норм ПНАЭ Г-7-002-86 и ГОСТ 17516.1-90 расчет на сейсмостойкость проводился линейно-спектральным методом.

Расчетная модель представляет собой стержневую систему с массой, распределенной по элементам (рис. 7.1.2).

Расчет проводился с использованием многоцелевого универсального программного комплекса CAN 2.2.



- 1 – автоматический выключатель серии Emax E2; 2 – цоколь; 3 – узлы крепления цоколя к раме; 4 – узлы крепления цоколя к анкерным болтам; 5 – узлы крепления автоматического выключателя серии Emax E2 к раме шкафа

Рис. 7.1.2 – Расчетная схема

### 7.1.2. Расчетный анализ динамических характеристик

Результаты расчета частот собственных колебаний представлены в таблице 7.1.1. Анализ результатов расчета показал хорошее согласование с результатами динамических испытаний (см. Приложение). Низшая расчетная частота собственных колебаний составила 7,8 Гц и обусловлена колебаниями конструкции вдоль оси  $y$ . На рис. 7.1.3 дано графическое представление четырех низших форм собственных колебаний.

Таблица 7.1.1

Результаты расчета частот и форм собственных колебаний шкафа

№ собственной формы	Частота колебаний, Гц	Характеристика собственной формы колебаний
1	7,8	Колебания конструкции шкафа вдоль оси $y$
2	10,1	Колебания конструкции шкафа вдоль оси $x$
3	11,5	Колебания конструкции шкафа вокруг оси $z$
4	27,3	Колебания элементов конструкции шкафа вдоль оси $z$

### 7.1.3. Результаты расчета на сейсмостойкость

В качестве критериев сейсмостойкости приняты оценка прочности болтов М12 крепления шкафа к цоколю, анкерных шпилек М12 крепления цоколя к основанию. Требуется рассчитать необходимый размер сварного шва в случае приварки цоколя к закладным элементам, а также размер болта крепления автоматического выключателя серии Еmax Е2 к металлоконструкции шкафа.

В результате расчета получено распределение усилий в элементах шкафа от сейсмического воздействия одновременно по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (рис. 7.1.4-7.1.6).

Максимальные усилия в наиболее нагруженных местах раскрепления составляют:

- на болт крепления шкафа к цоколю:

$$P_x = 3182 \text{ Н}, \quad P_y = 2127 \text{ Н}, \quad P_z = 7451 \text{ Н};$$

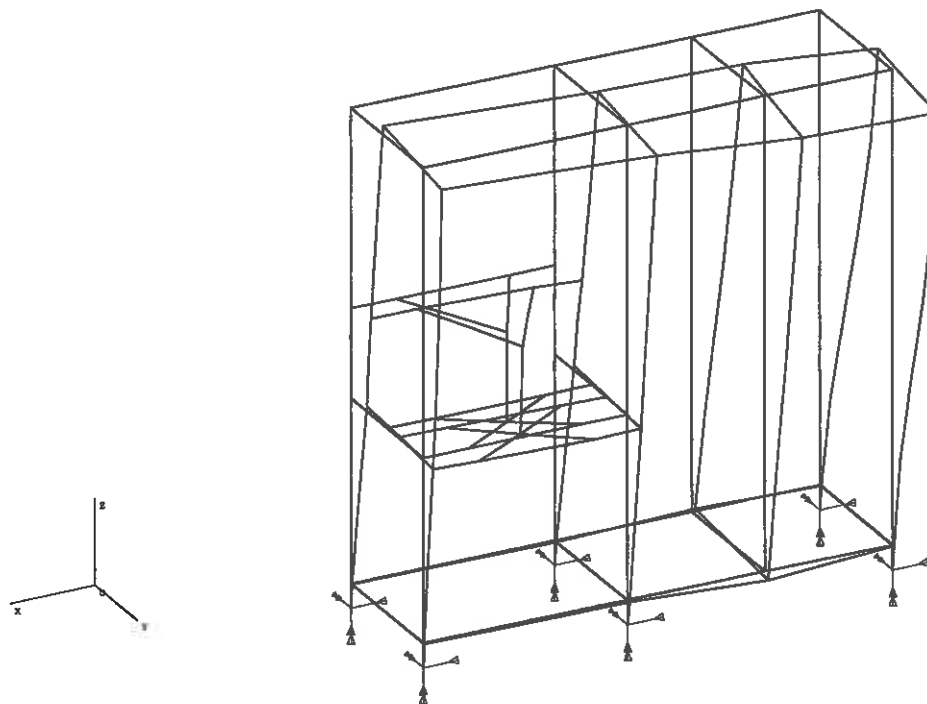
- на анкерную шпильку:

$$P_x = 6008 \text{ Н}, \quad P_y = 4237 \text{ Н}, \quad P_z = 14545 \text{ Н};$$

- на узел крепления автоматического выключателя серии Еmax Е2 к металлоконструкции шкафа:

$$P_x = 6842 \text{ Н}, \quad P_y = 3238 \text{ Н}, \quad P_z = 1957 \text{ Н}.$$

а) Форма 1 (7,8 Гц)



б) Форма 2 (10,1 Гц)

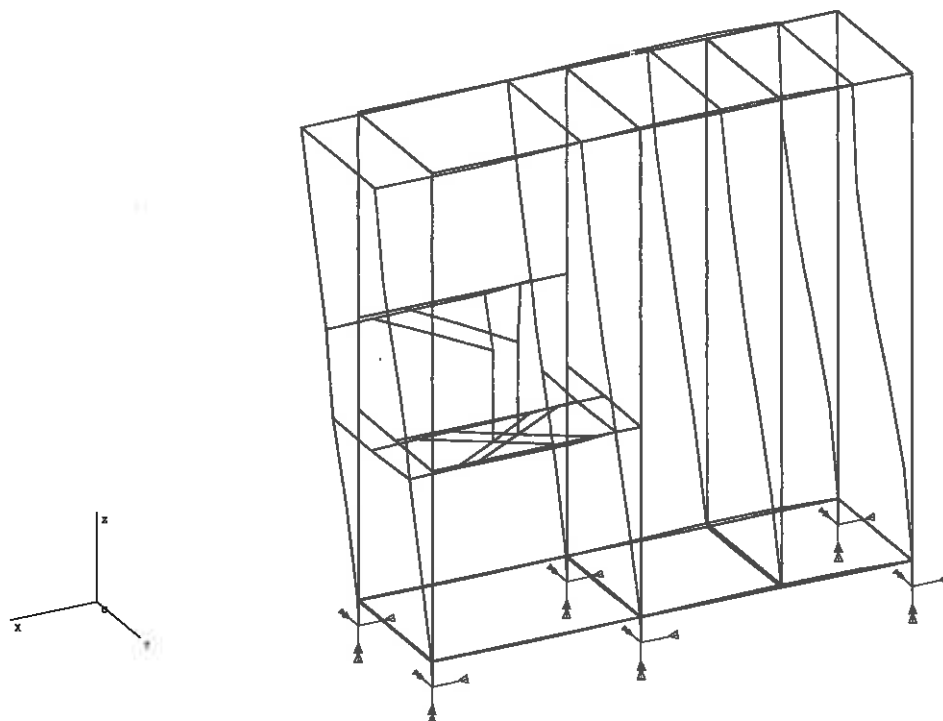


Рис. 7.1.3 – Формы собственных колебаний

Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

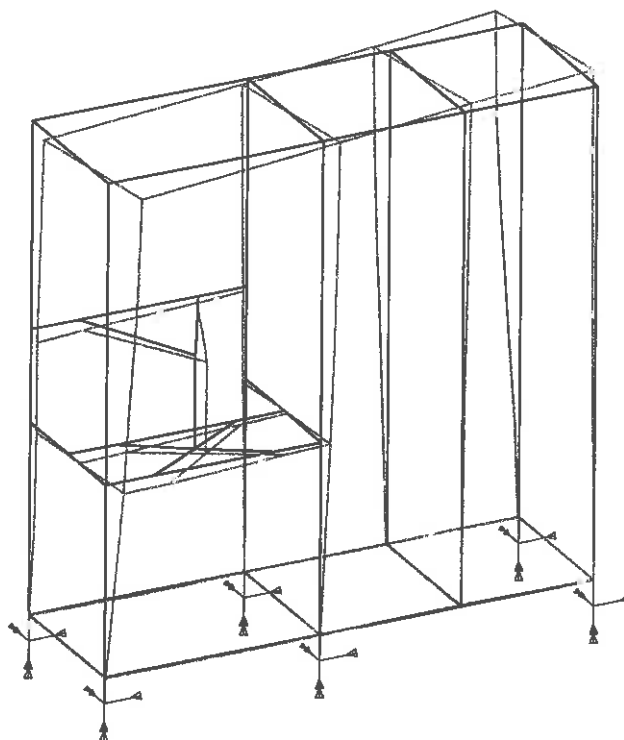
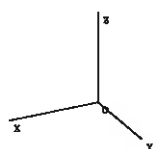
95.2-03-09

Лист

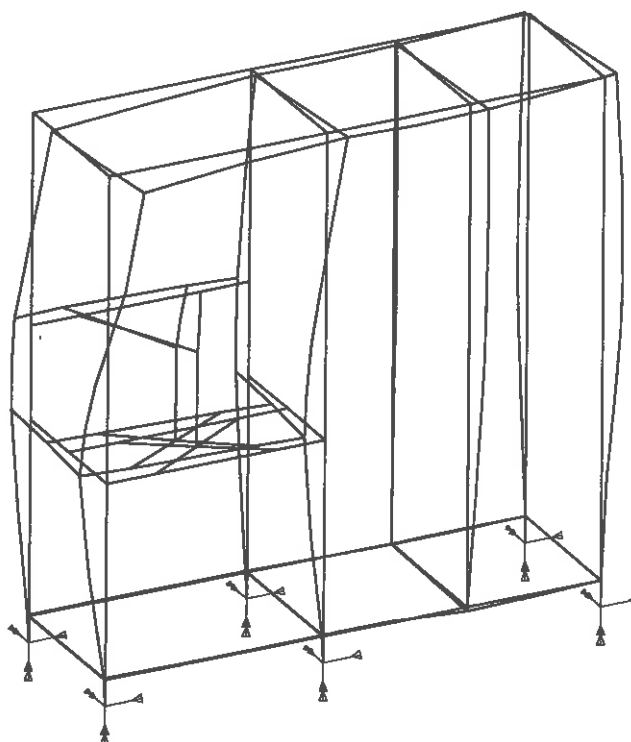
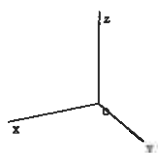
8



в) Форма 3 (11,5 Гц)



г) Форма 4 (27,3 Гц)



Продолжение рис. 7.1.3

Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

9

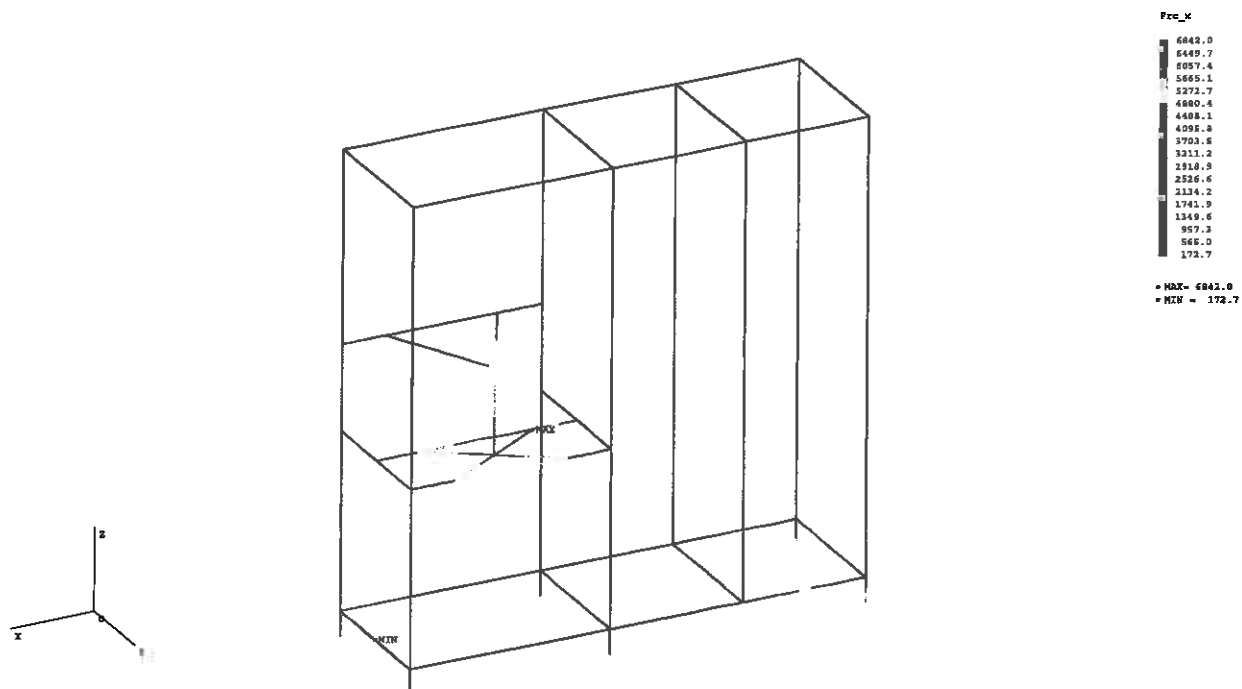


Рис. 7.1.4 – Распределение усилий  $P_x$  (H) в элементах шкафа от сейсмического воздействия одновременно по осям  $x, y, z$

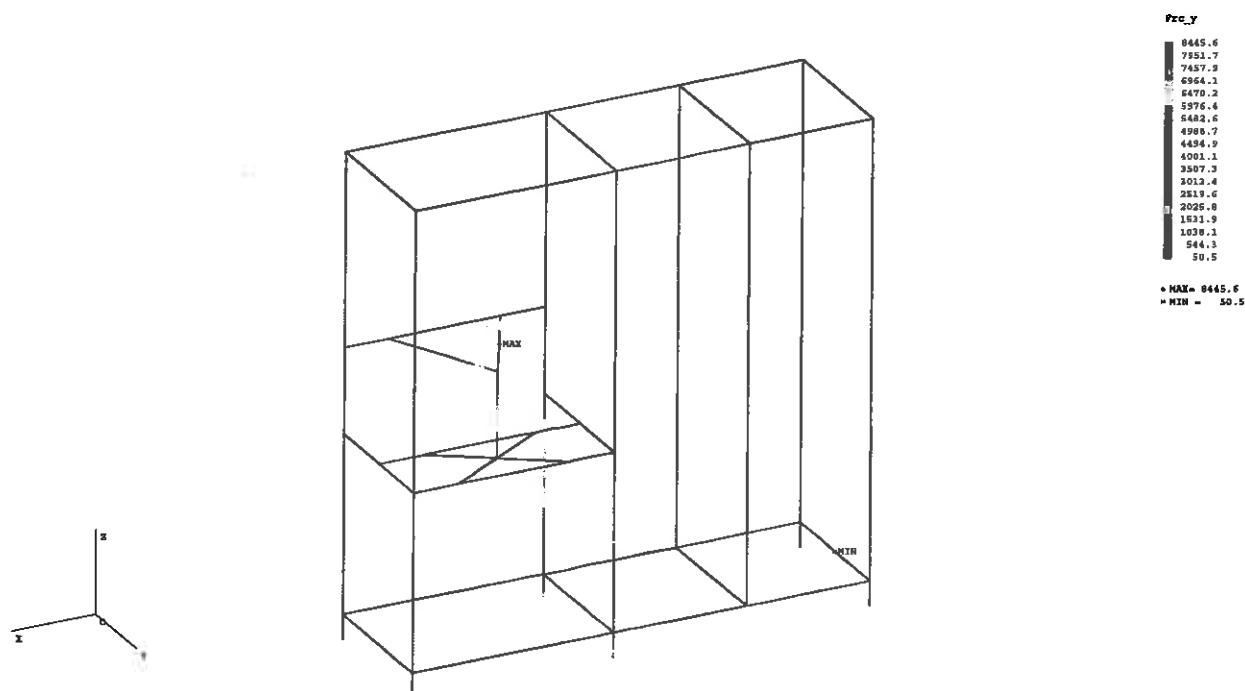


Рис. 7.1.5 – Распределение усилий  $P_y$  (H) в элементах шкафа от сейсмического воздействия одновременно по осям  $x, y, z$

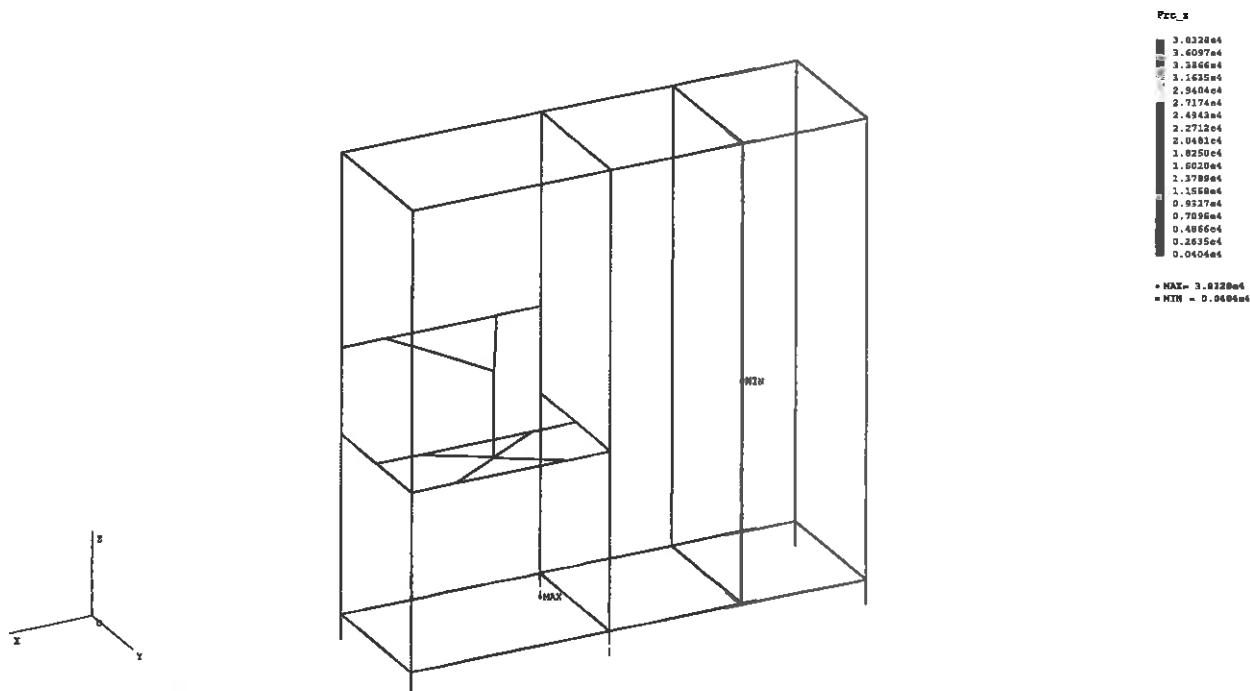


Рис. 7.1.6 – Распределение усилий  $P_z$  (Н) в элементах шкафа от сейсмического воздействия одновременно по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$

Номинальное допускаемое напряжение для материала болтов и шпилек (Ст35Х) равно:  $[\sigma]_w = 0,5R_{p0.2}^T = 0,5 \cdot 590 = 295$  МПа.

Допускаемое напряжение растяжения при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ составляет  $(\sigma_s)_{mw} = 1,4[\sigma]_w = 1,4 \cdot 295 = 413$  МПа.

Допускаемые касательные напряжения среза при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ равны  $(\tau_s)_s = 0,7[\sigma]_w = 0,7 \cdot 295 = 206,5$  МПа.

Оценим касательные напряжения среза  $(\tau_s)_s$  в болтах М12 крепления шкафа к цоколю от сейсмического воздействия одновременно по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Максимальное усилие среза составляет:

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{3182^2 + 2127^2} = 3827 \text{ Н.}$$

Таким образом, максимальные касательные напряжения среза равны

$$(\tau_s)_s = \frac{S_{\max}}{A_w} = \frac{3827}{76,2} = 50,2 \text{ МПа,}$$

где  $A_w = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi 9,853^2}{4} = 76,2 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения болта по наименьшему диаметру резьбы.

Отметим, что касательные напряжения среза в болтах от нагрузок НУЭ отсутствуют.

Из результатов расчета видно, что расчетные напряжения среза  $(\tau_s)_s$  в болтах М12 крепления шкафа к цоколю не превышают допустимой величины  $(\tau_s)_s = 206,5$  МПа.

Усилие начальной затяжки болта М12 составит

$$P_{0w} = A_w [\sigma]_w = 76,2 \cdot 295 = 22479 \text{ Н},$$

момент на ключе при затяжке гаек равен

$$M_{кл} = \zeta_1 P_{0w} d_0 = 0,37 \cdot 22479 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 99,8 \text{ Нм},$$

где приведенный коэффициент трения при отсутствии смазки принят согласно рекомендациям ПНАЭ Г-7-002-86  $\zeta_1 = 0,37$ .

Оценим касательные напряжения среза  $(\tau_s)_s$  в анкерных шпильках М12 крепления цоколя к основанию от сейсмического воздействия одновременно по осям  $x, y, z$ .

Максимальное усилие среза составляет:

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{6008^2 + 4237^2} = 7352 \text{ Н}.$$

Таким образом, максимальные касательные напряжения среза равны

$$(\tau_s)_s = \frac{S_{\max}}{A_w} = \frac{7352}{76,2} = 96,5 \text{ МПа},$$

где  $A_w = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi 9,853^2}{4} = 76,2 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения анкерной шпильки по наименьшему диаметру резьбы.

Отметим, что касательные напряжения среза в шпильках от нагрузок НУЭ отсутствуют.

Из результатов расчета видно, что расчетные напряжения среза  $(\tau_s)_s$  в анкерных шпильках М12 крепления цоколя к основанию не превышают допустимой величины  $(\tau_s)_s = 206,5$  МПа.

Усилие начальной затяжки шпильки М12 составит

$$P_{0w} = A_w [\sigma]_w = 76,2 \cdot 295 = 22479 \text{ Н},$$

момент на ключе при затяжке гаек равен

$$M_{кл} = \zeta_1 P_{0w} d_0 = 0,37 \cdot 22479 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 99,8 \text{ Нм},$$

где приведенный коэффициент трения при отсутствии смазки принят согласно рекомендациям ПНАЭ Г-7-002-86  $\zeta_1 = 0,37$ .

Рассмотрим вариант крепления шкафа к основанию с помощью приварки 8-ю швами к закладным деталям.

Суммарное усилие среза для одного наиболее нагруженного сварного шва равно

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{6008^2 + 4237^2 + 14545^2} = 16297 \text{ Н}.$$

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

$$l_p \geq \frac{P_{\max}}{0,7\delta[\tau_s]} = \frac{16297}{0,7 \cdot 5 \cdot 98} = 48 \text{ мм},$$

где  $\delta = 5$  мм - катет сварного шва, принятый равным толщине элементов цоколя шкафа в местах крепления.

Проектная длина одного сварного шва с учетом возможного непровара составляет

$$l = l_p + 2\delta = 158 + 2 \cdot 5 = 168 \text{ мм}.$$

Таким образом, в случае крепления шкафа к основанию с помощью приварки к закладным деталям 8-ю швами необходимая длина каждого сварного шва составляет 48 мм с катетом шва 5 мм.

Определим требуемый диаметр болтов крепления автоматического выключателя серии Еmax Е2 к металлоконструкции шкафа из условий прочности на растяжение и срез.

Условие прочности на растяжение при сочетании нагрузок НУЭ+МРЗ имеет вид

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

где  $P_{0w} = A_w [\sigma]_w$  – усилие начальной затяжки болта,  $P_z = 1957$  Н – максимально возможное продольное усилие на один болт от сейсмических нагрузок МРЗ.

Тогда условие прочности на растяжение принимает вид

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

откуда следует  $d_1 \geq \sqrt{\frac{4 P_z}{\pi \cdot 0,4 [\sigma]_w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1957}{\pi \cdot 0,4 \cdot 295}} = 4,6 \text{ мм}.$

Из условия прочности на срез в наиболее нагруженном узле крепления автоматического выключателя серии Еmax Е2 от действия максимального усилия

среза  $P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{6842^2 + 3238^2} = 7570$  Н имеем:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 P_{\max}}{\pi (\tau_s)_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7570}{\pi \cdot 206,5}} = 6,8 \text{ мм}.$$

Таким образом, крепление автоматического выключателя серии Еmax Е2 должно выполняться с помощью четырех болтов М10 с наружным диаметром  $d_0 = 10$  мм, с наименьшим диаметром резьбы  $d_1 = 8,16$  мм и площадью поперечного сечения по наименьшему диаметру резьбы

$$A_w = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8,16^2}{4} = 52,3 \text{ мм}^2.$$

Тогда усилие начальной затяжки болта М10 крепления автоматического выключателя серии Еmax Е2 составит

$$P_{0w} = A_w [\sigma]_w = 52,3 \cdot 295 = 15429 \text{ Н,}$$

момент на ключе при затяжке гаек равен

$$M_{кл} = \zeta_1 P_{0w} d_0 = 0,37 \cdot 15429 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 57,1 \text{ Нм,}$$

где приведенный коэффициент трения при отсутствии смазки принят согласно рекомендациям ПНАЭ Г-7-002-86  $\zeta_1 = 0,37$ .

#### 7.1.4. Вывод

Проведен расчет сейсмостойкости шкафа. Из результатов расчета следует, что элементы крепления шкафа к цоколю и цоколя к основанию отвечают требованиям сейсмостойкости при воздействии МРЗ 9 баллов по шкале MSK-64. Для обеспечения сейсмостойкости возможно крепление шкафа с помощью приварки к закладным швами длиной по 58 мм с катетом шва 5 мм не менее чем в 8-ми точках, крепление автоматического выключателя серии Еmax Е2 должно выполняться с помощью четырех болтов М10.

#### Заключение:

Результаты аттестации положительные.

Низковольтное комплектное устройство, включающее 11 типов оборудования, изготовленное в соответствии с типовыми монтажными инструкциями, разработанными заводом концерна АББ - STRIEBEL & JOHN GmbH & Co. KG соответствует требованиям сейсмостойкости при сейсмических воздействиях интенсивностью 9 баллов (по шкале MSK-64), высотная отметка размещения в здании +70,0 м включительно.

					95.2-03-09	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дата		14

## Приложение А. Результаты динамических испытаний

### ЭКСПЕРИМЕНТ № 1: Определение собственных частот изделия.

Направление воздействия	X	Y	Z
Полученные собственные частоты, Гц	11,1	7,8; 12,9	26,4; 38,7
Декремент на низшей собственной частоте, %	2,5	1,9	1,6

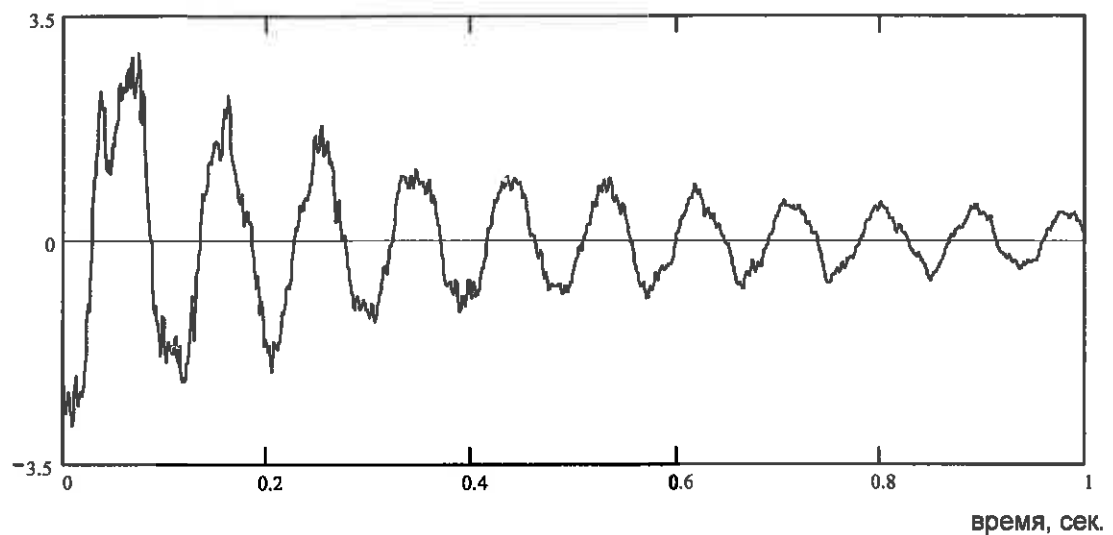


Рис. 1. Акселерограмма затухающих колебаний НКУ, направление горизонтальное (OX)

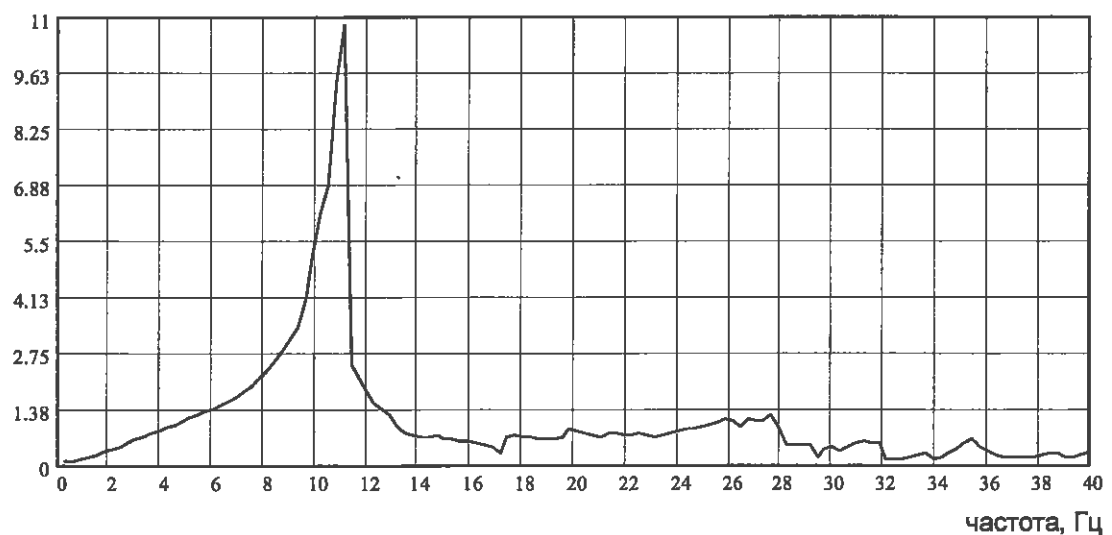


Рис. 2. Спектр собственных частот

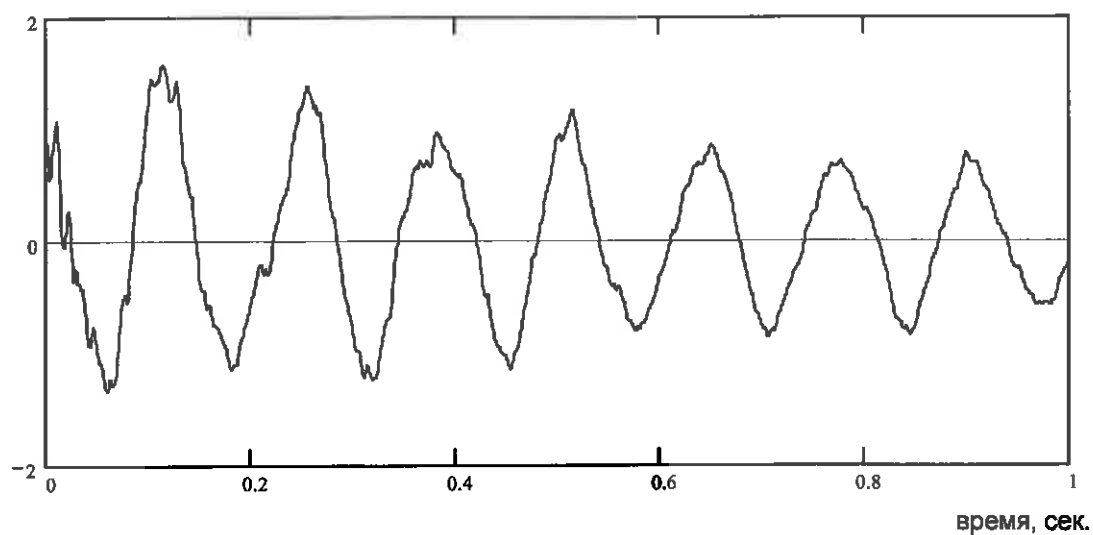


Рис. 3. Акселерограмма затухающих колебаний НКУ, направление горизонтальное (0Y)

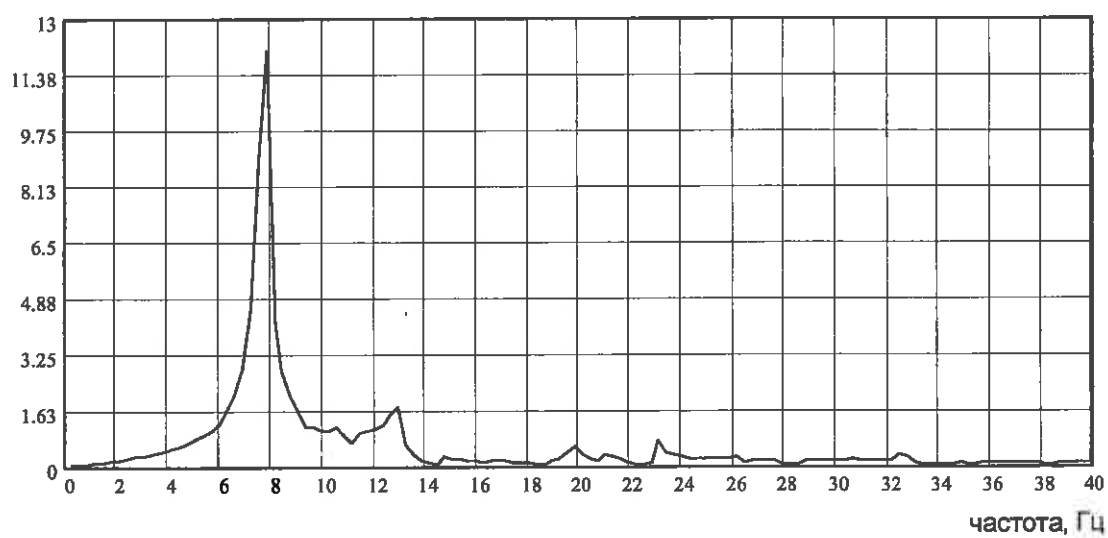


Рис. 4. Спектр собственных частот

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

16



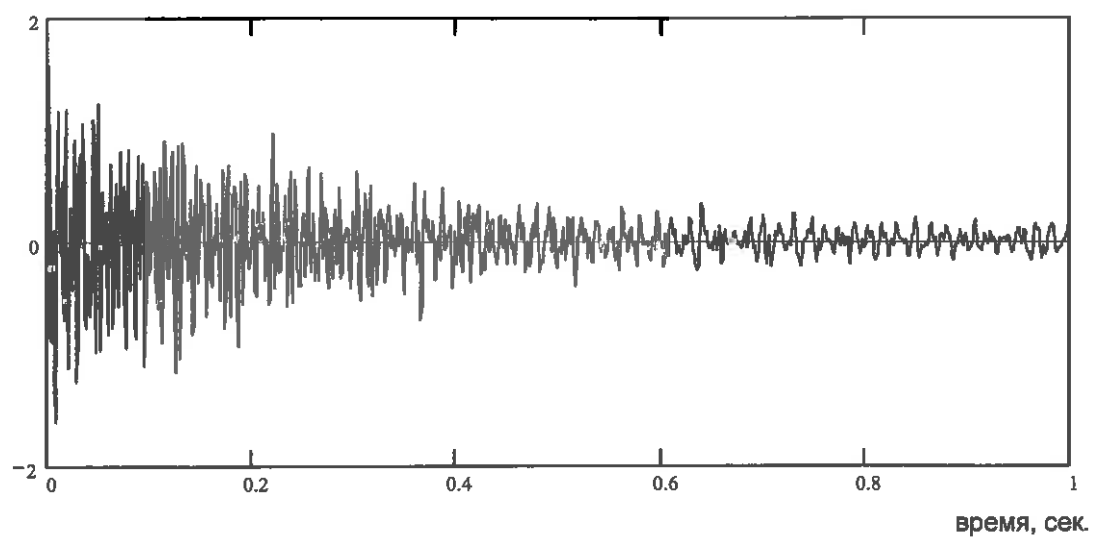


Рис. 5. Акселерограмма затухающих колебаний НКУ, направление вертикальное (OZ)

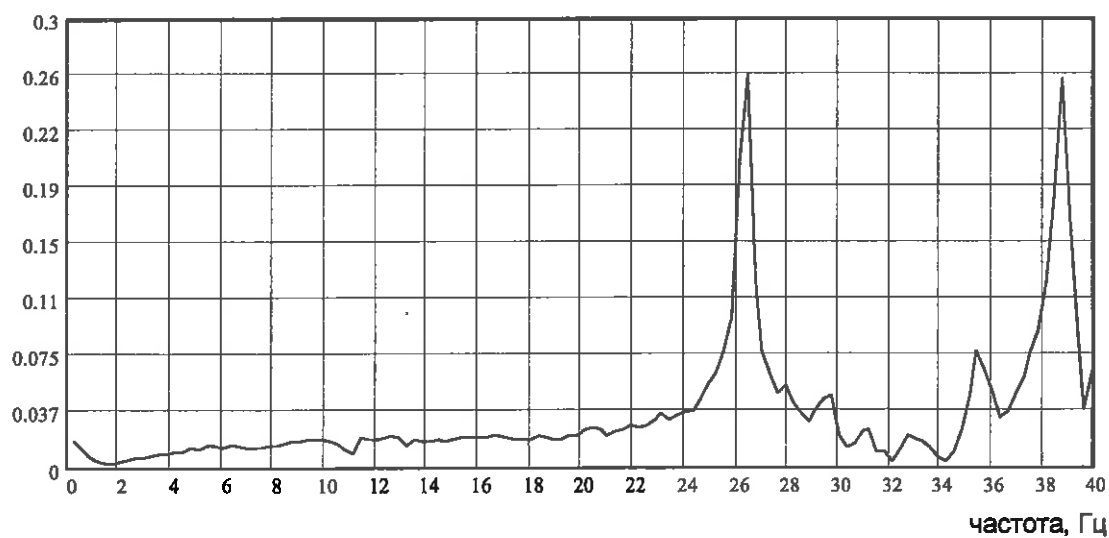


Рис. 6. Спектр собственных частот

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

17

ускорение, g

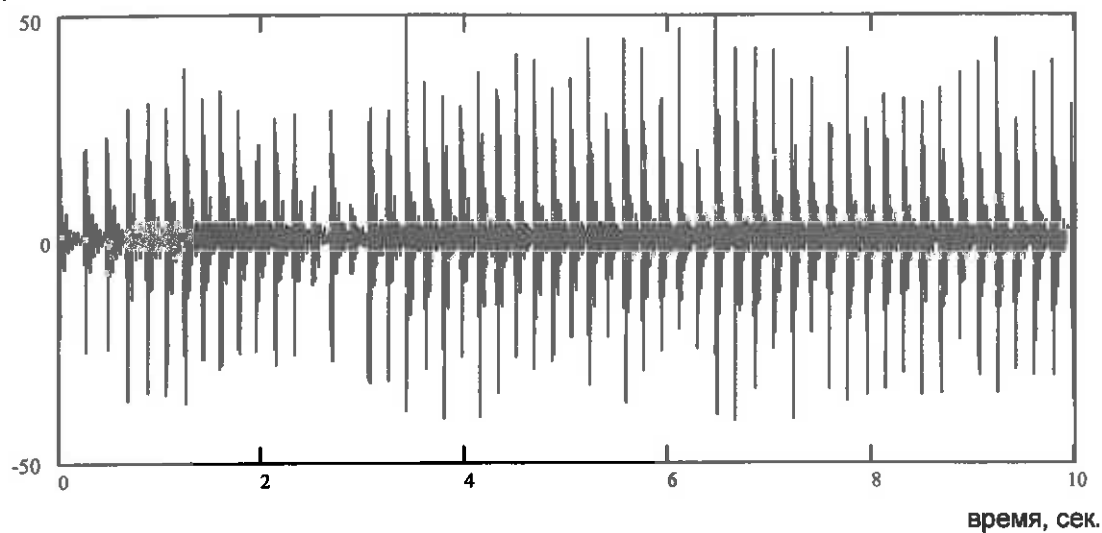


Рис. 7. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на автоматический выключатель серии Emax E2. Направление воздействия 0X.

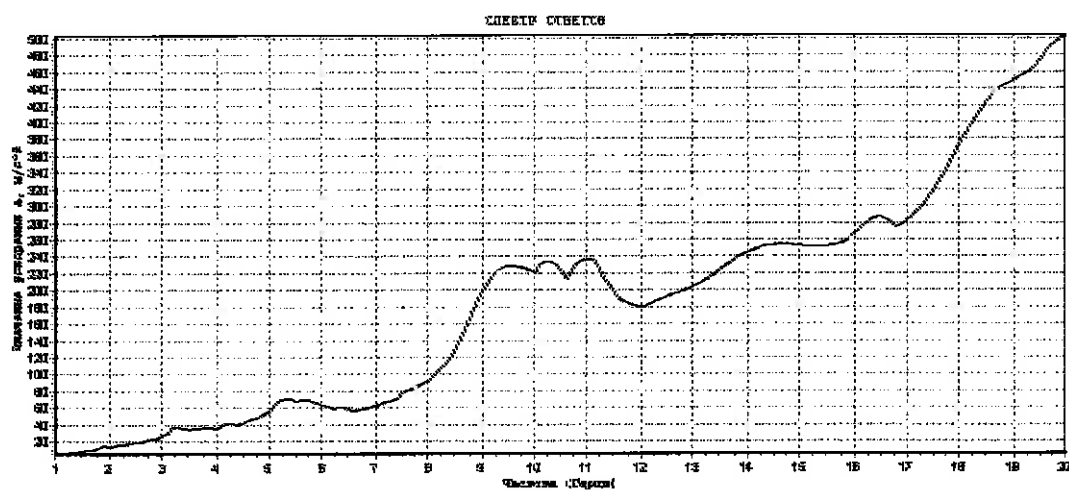


Рис. 8. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к автоматическому выключателю в направлении 0X. Относительный декремент колебаний 5%.

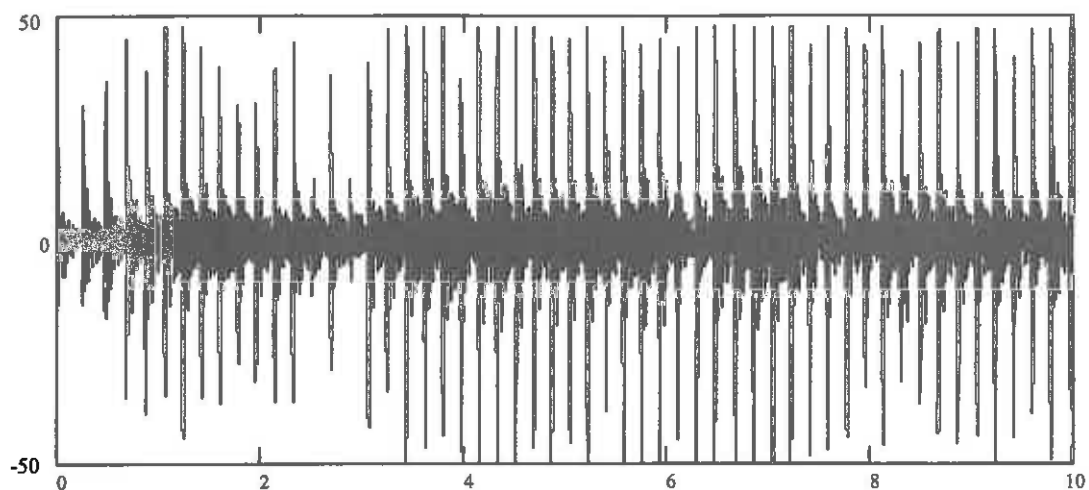
Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

18

ускорение, g



время, сек.

Рис. 9. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на автоматический выключатель серии Emax E2. Направление воздействия 0Y.

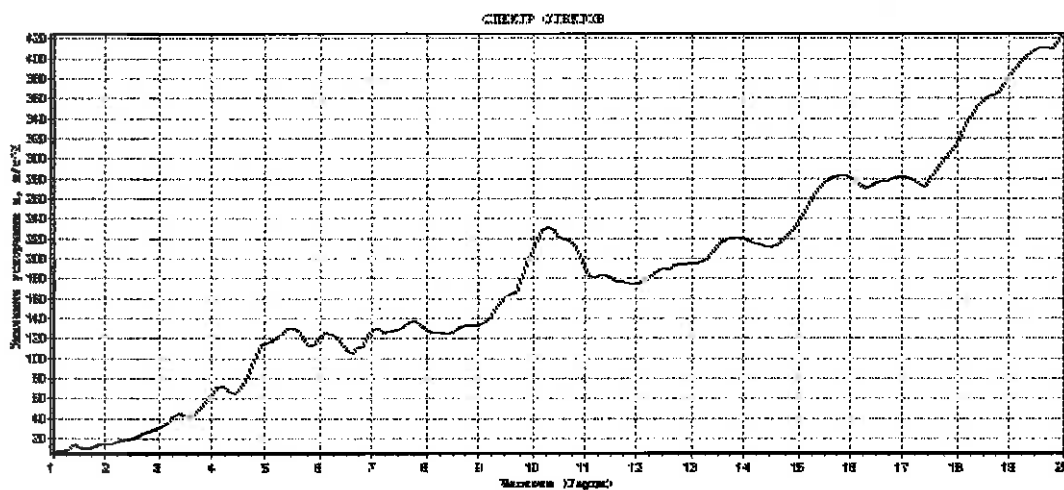


Рис. 10. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к автоматическому выключателю в направлении 0Y. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

19

ускорение, g

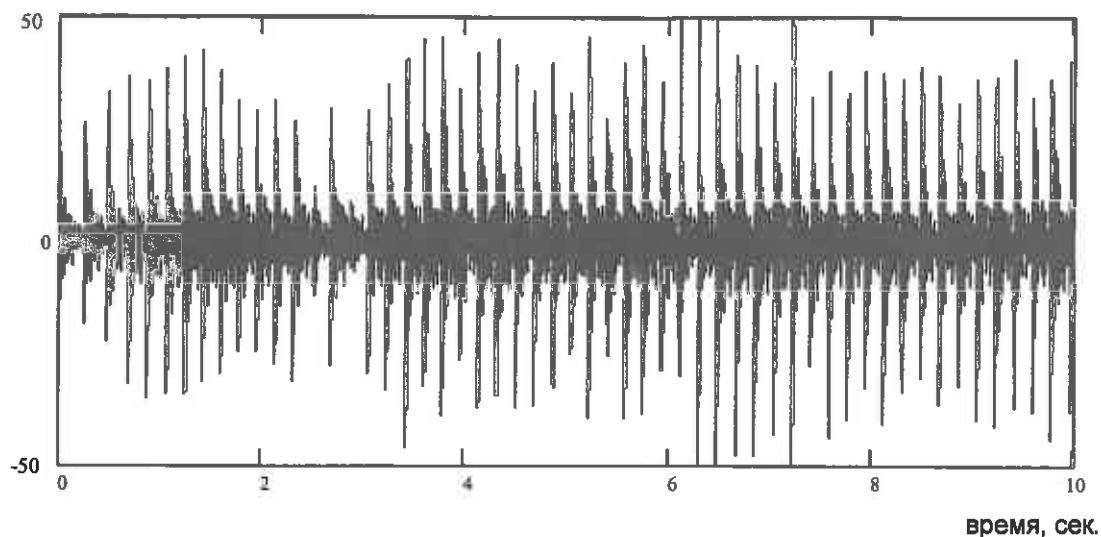


Рис. 11. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на автоматический выключатель серии Emax E2. Направление воздействия OZ.

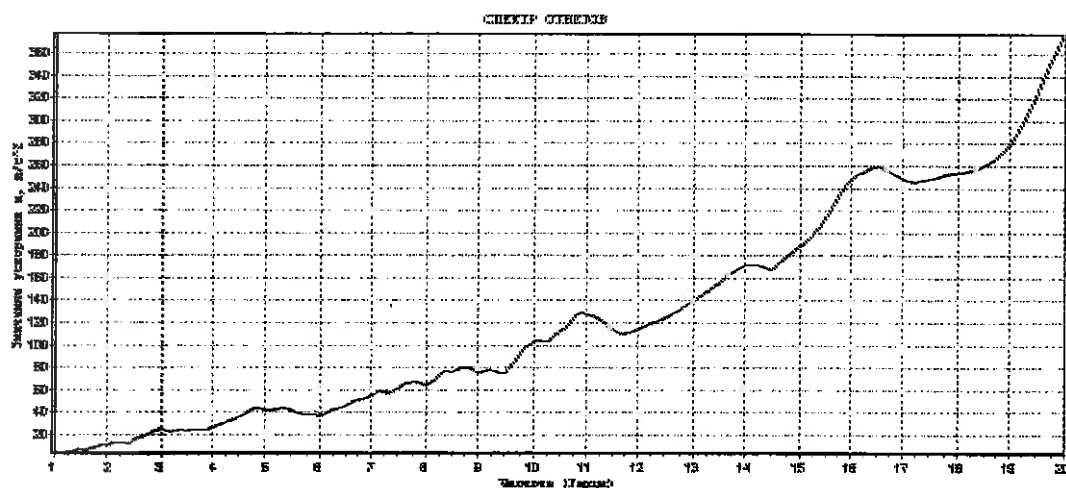


Рис. 12. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к автоматическому выключателю в направлении OZ. Относительный декремент колебаний 5%.

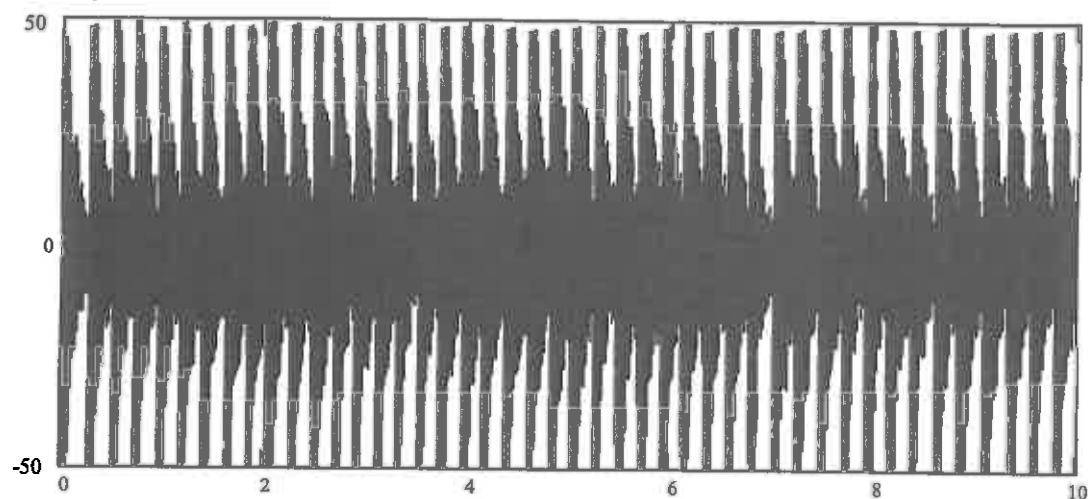
Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

20

ускорение, g



время, сек.

Рис. 13. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на автоматический выключатель серии Tmax T1. Направление воздействия 0X.

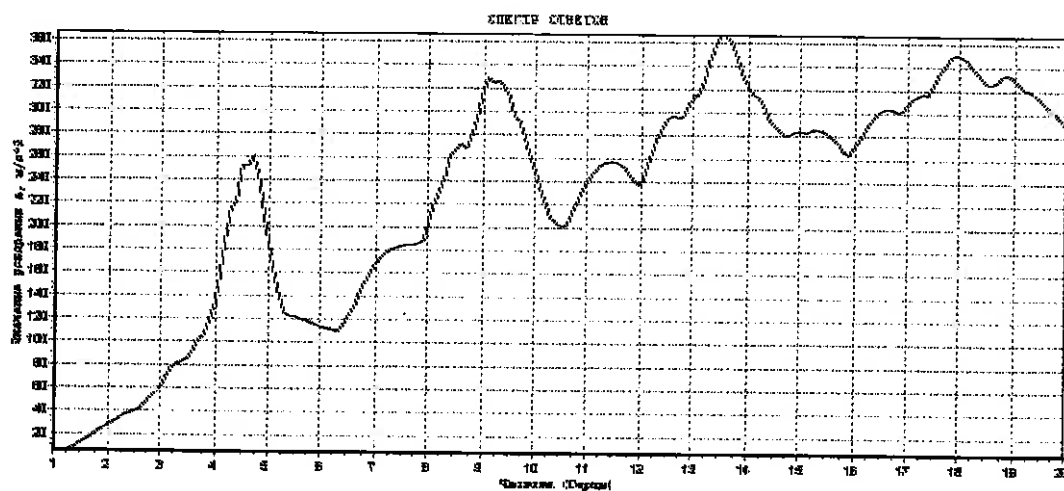


Рис. 14. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к автоматическому выключателю в направлении 0X. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

21

ускорение, g

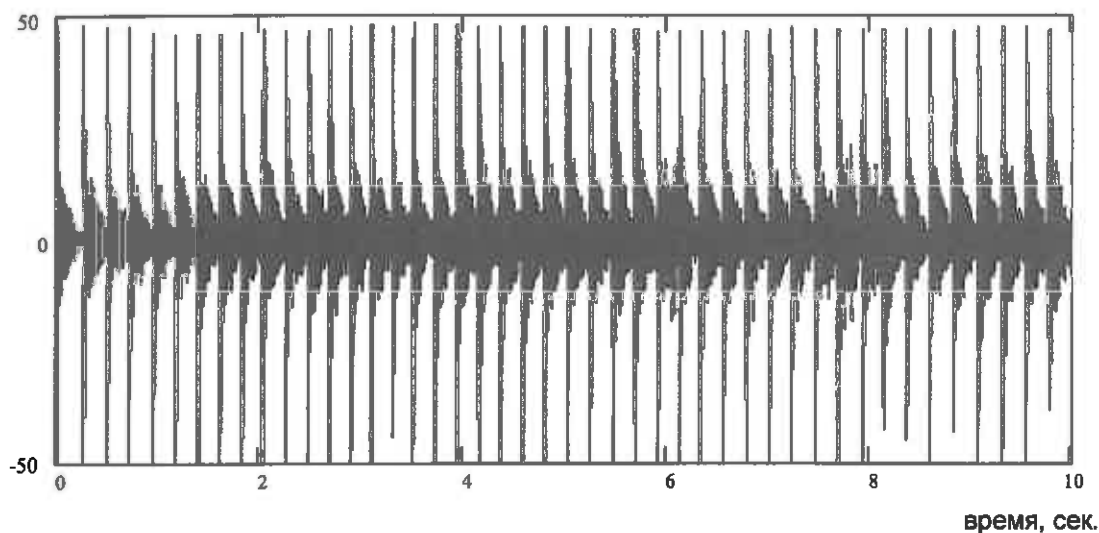


Рис. 15. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на автоматический выключатель серии Tmax T1. Направление воздействия 0Y.

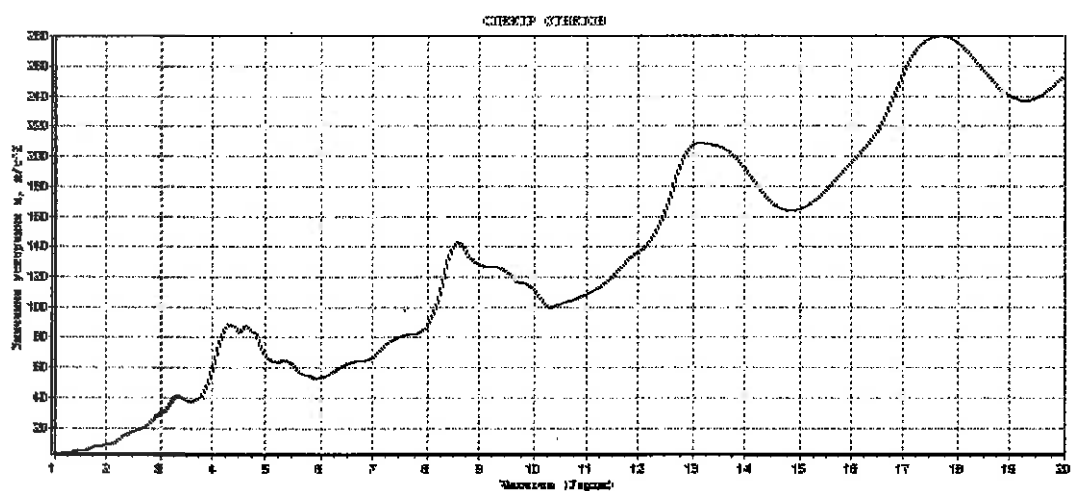


Рис. 16. Спектр отклика на воздействие динамической нагрузки приложенной к автоматическому выключателю в направлении 0Y. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

22

ускорение, g

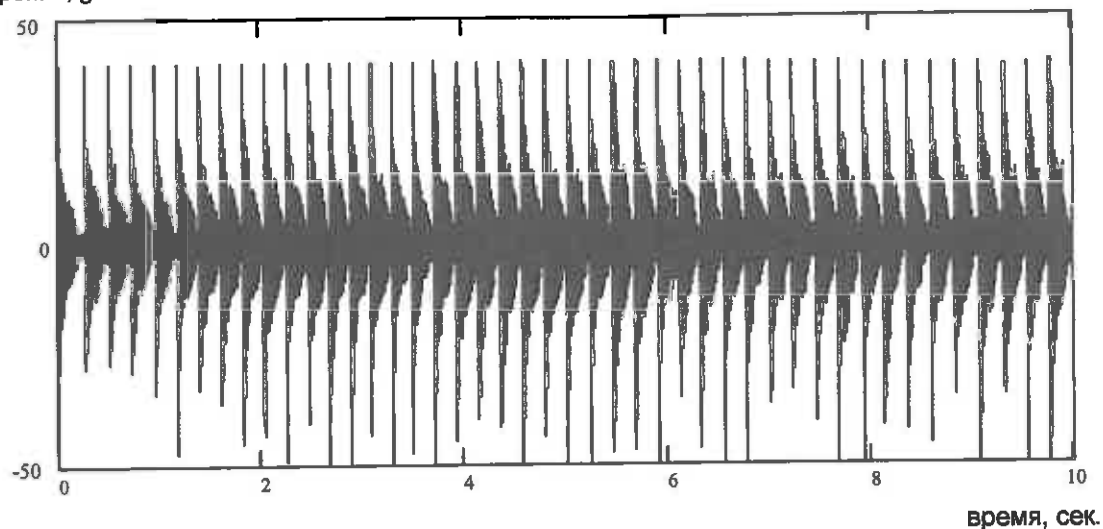


Рис. 17. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на автоматический выключатель серии Tmax T1. Направление воздействия OZ.

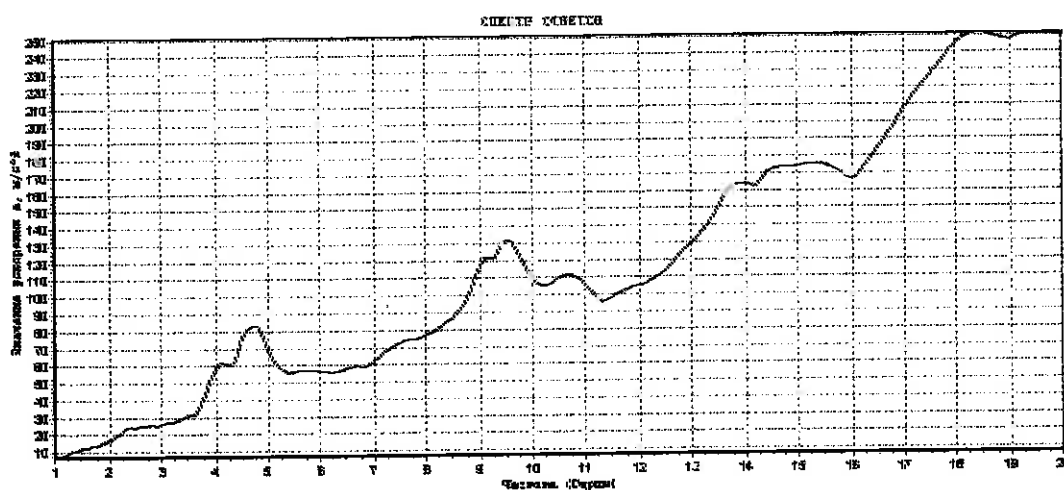


Рис. 18. Спектр отклика на воздействие динамической нагрузки приложенной к автоматическому выключателю в направлении OZ. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

23

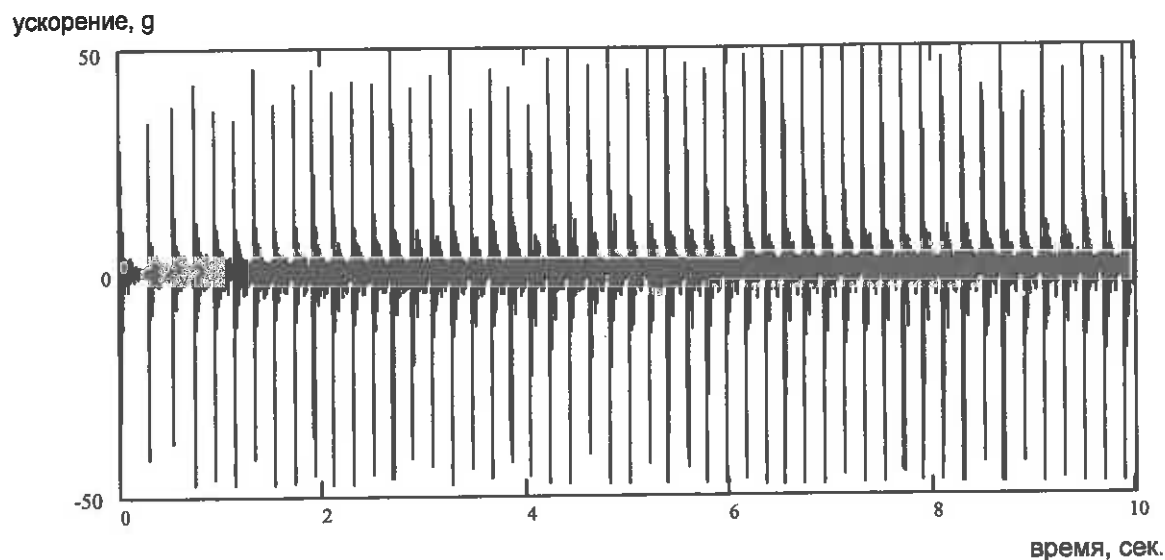


Рис. 19. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на выключатель-разъединитель серии SlimLine XR00. Направление воздействия 0X.

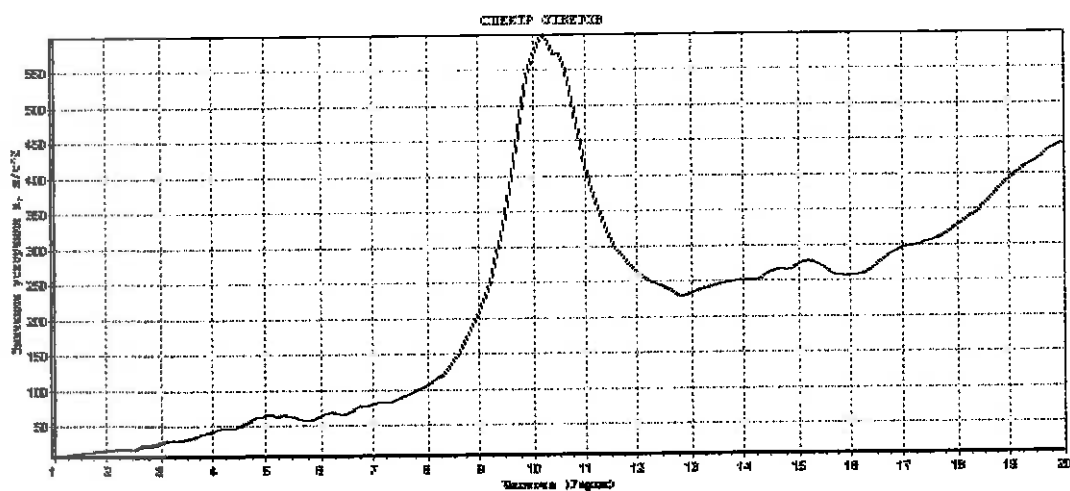


Рис. 20. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к выключателю-разъединителю в направлении 0X. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09



ускорение, g

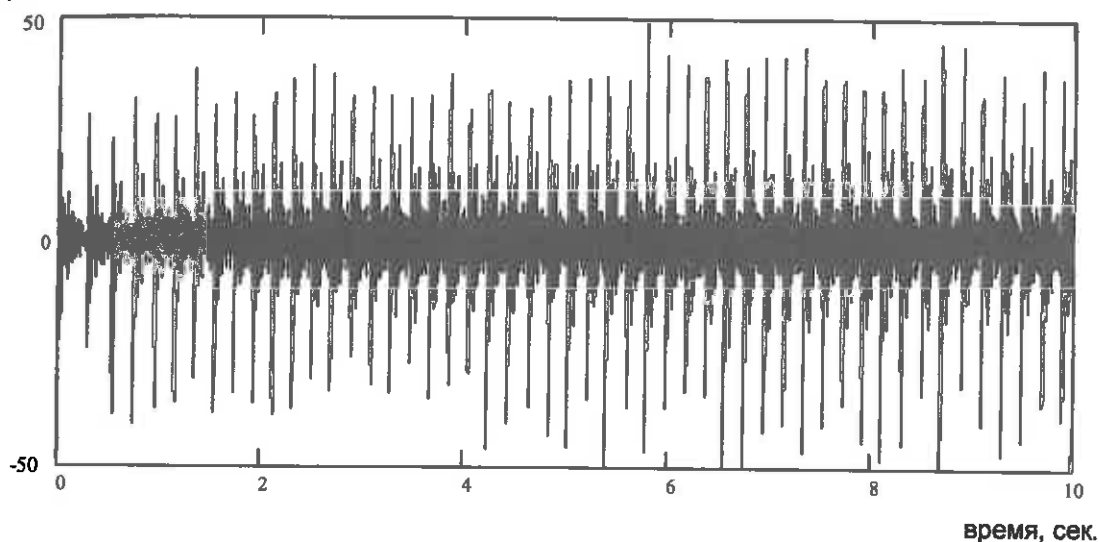


Рис. 21. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на выключатель-разъединитель серии SlimLine XR00. Направление воздействия 0Y.

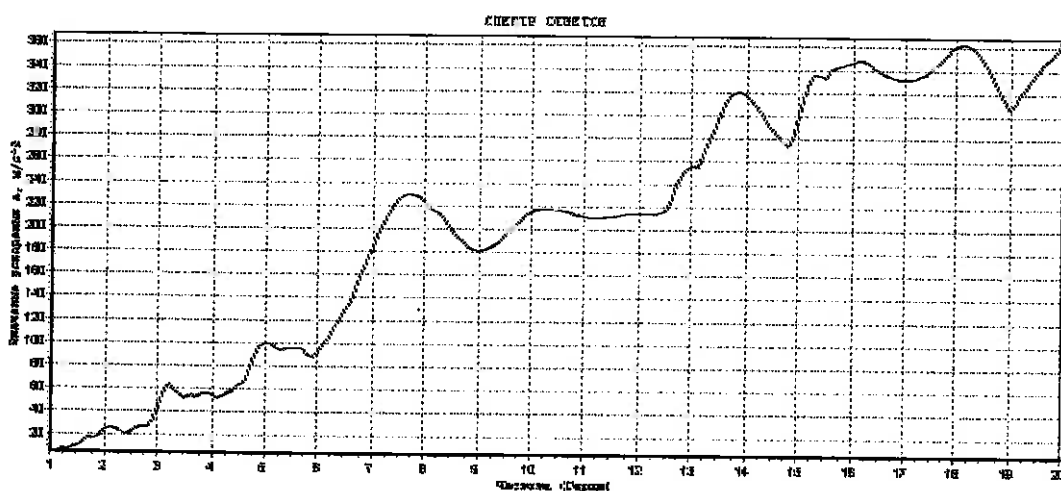


Рис. 22. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к выключателю-разъединителю в направлении 0Y. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

25

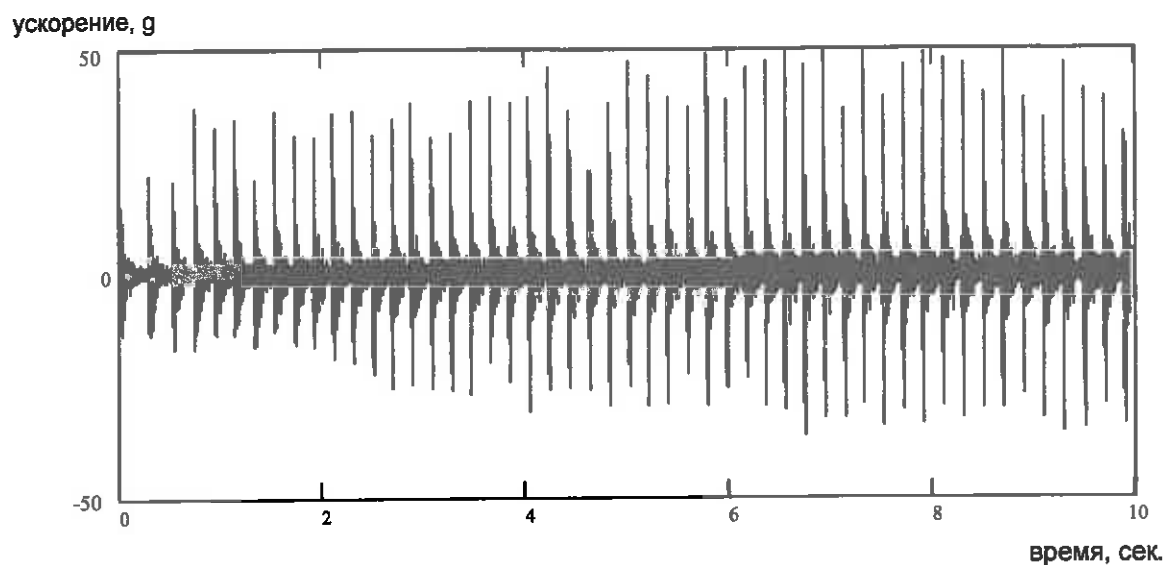


Рис. 23. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на выключатель-разъединитель серии SlimLine XR00. Направление воздействия 0Z.

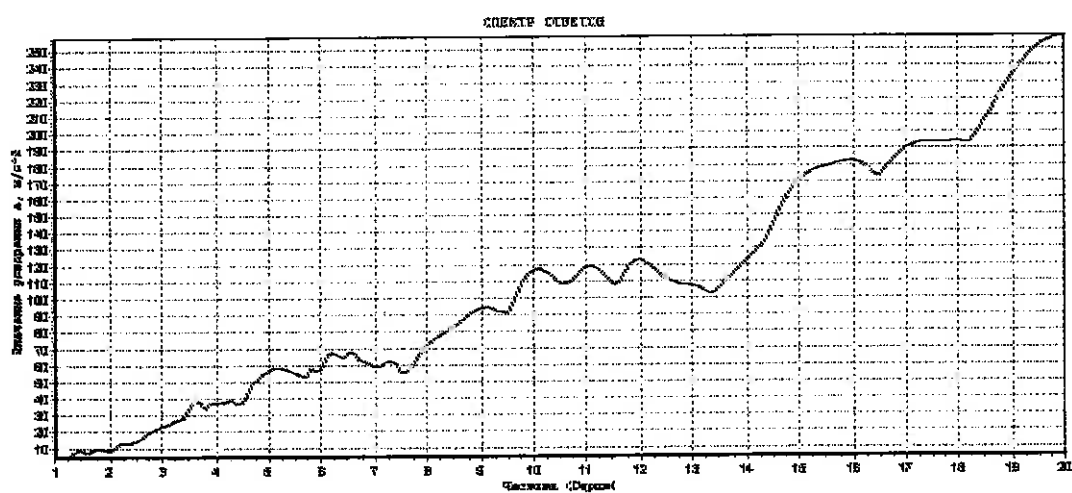


Рис. 24. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к выключателю-разъединителю в направлении 0Z. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

26

ускорение, g

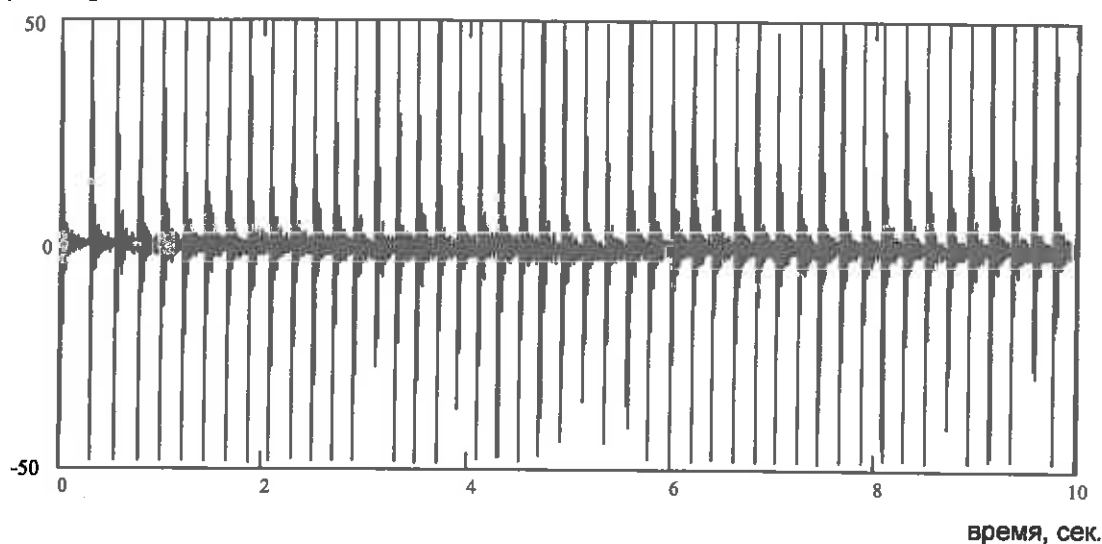


Рис. 25. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на выключатель-разъединитель серии SlimLine XR3. Направление воздействия 0X.

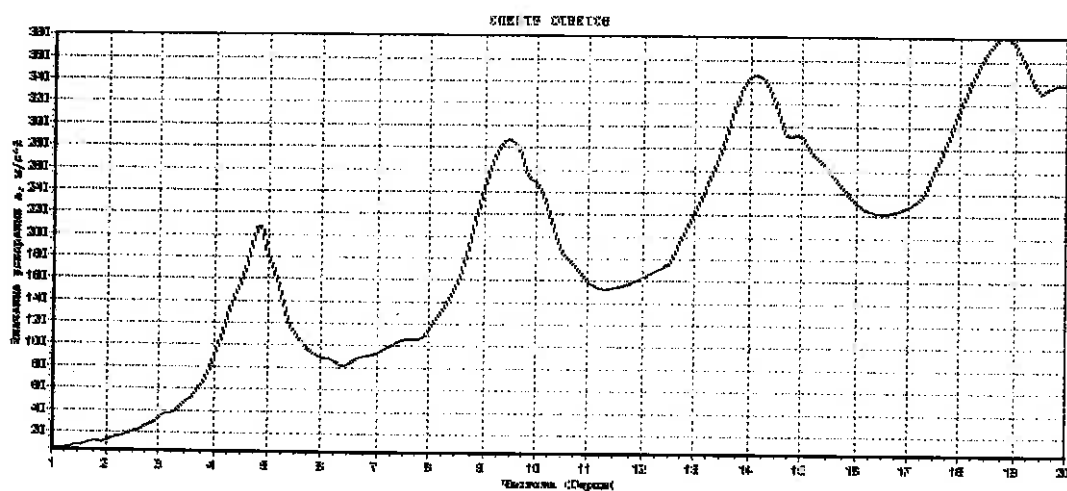


Рис. 26. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к выключателю-разъединителю в направлении 0X. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

27

ускорение, g

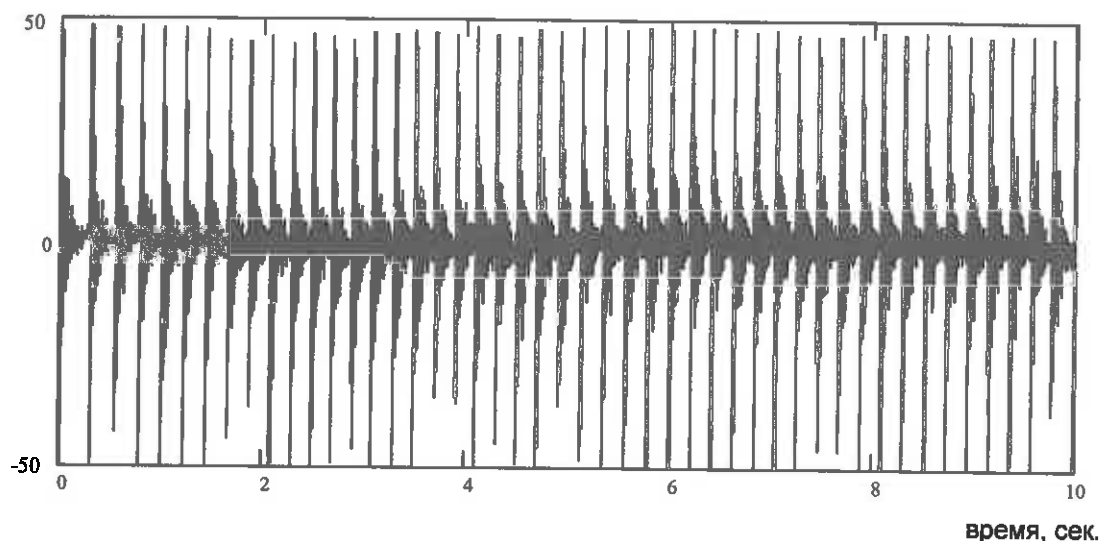


Рис. 27. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на выключатель-разъединитель серии SlimLine XR3. Направление воздействия 0Y.

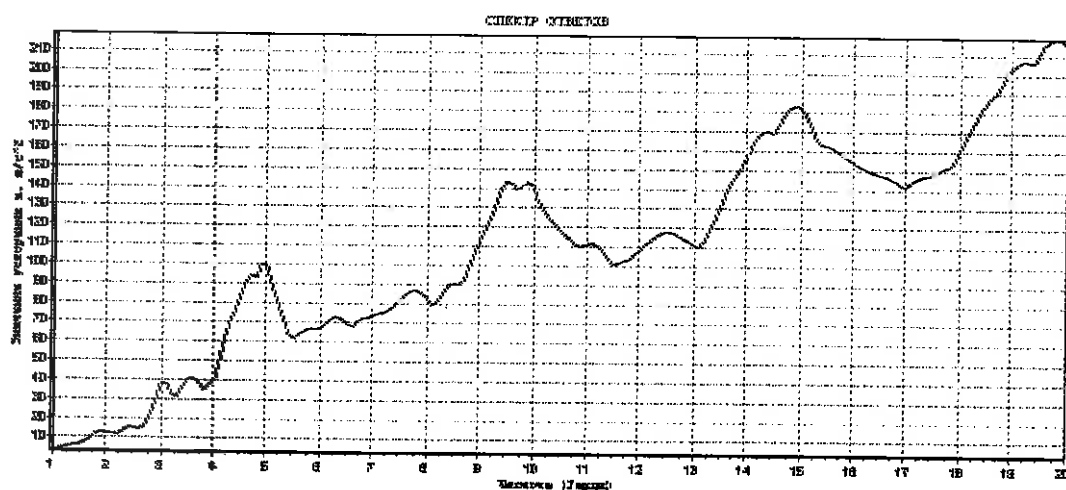


Рис. 28. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к выключателю-разъединителю в направлении 0Y. Относительный декремент колебаний 5%.

95.2-03-09

Лист

28

Изм.

№ докум.

Подпись

Дата

ускорение, g

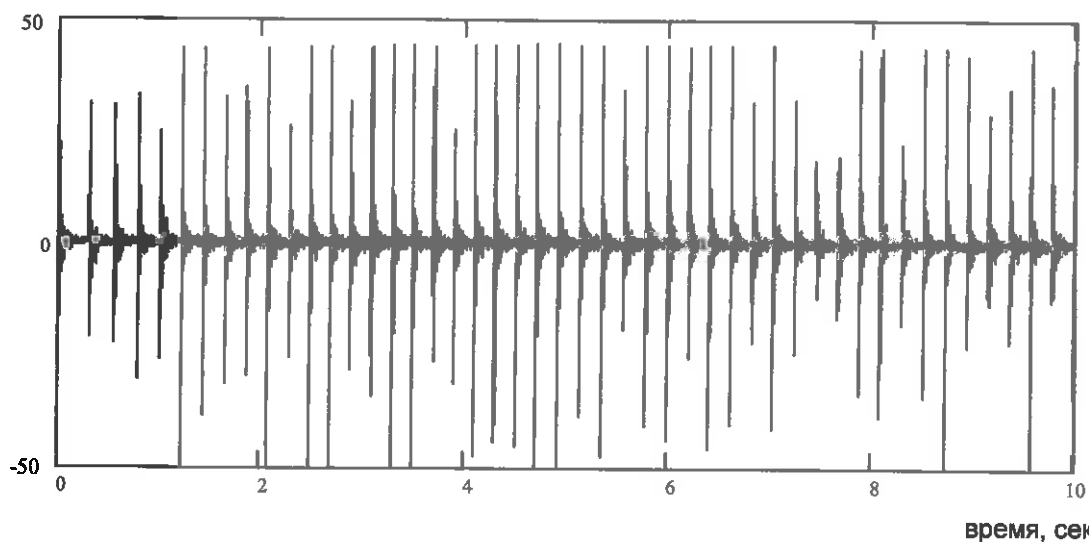


Рис. 29. Серия ударных динамических нагрузок, заданных на выключатель-разъединитель серии SlimLine XR3. Направление воздействия 0Z.

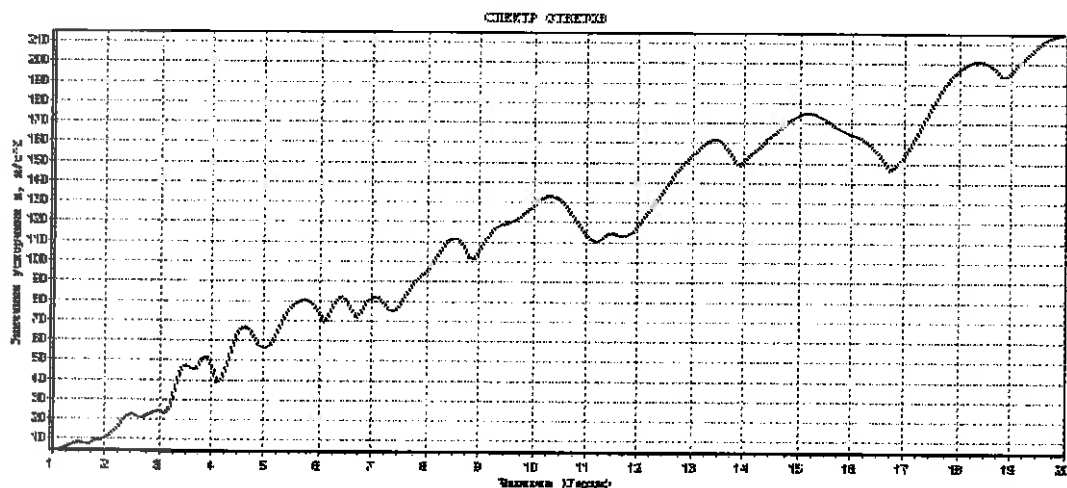


Рис. 30. Спектр ответа на воздействие динамической нагрузки приложенной к выключателю-разъединителю в направлении 0Z. Относительный декремент колебаний 5%.

Изм.		№ докум.	Подпись	Дата

95.2-03-09

Лист

29