



**Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Военный учебно-научный центр Сухопутных войск
«Общевойсковая академия Вооруженных Сил Российской Федерации»**

Испытательное подразделение

119992, г. Москва, ГСП-2, проезд Девичьего поля, д.4.
Тел. 8-916-131-6613. Факс. (495) 344-4471. E-mail: ipcoova@yandex.ru
Свидетельство об аттестации №592 от 27 июля 2012 г. Действительно до 27 июля 2015 г.



УТВЕРЖДАЮ

Начальник испытательного подразделения

А.Д. Борулев

ПРОТОКОЛ № 38/14-ИП

испытаний оборудования ООО «ПРОЕКТЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Испытания на воздействие сейсмического удара

« 12 » августа 2014 г.

1. Объект испытаний

Трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ.

Разработчик и изготовитель - ООО «ПРОЕКТЭЛЕКТРОТЕХНИКА».

2. Цели испытаний

Проверка соответствия изделия требованиям по стойкости к воздействию сейсмического удара с параметрами: амплитуда импульса – 10 g; длительность импульса 30 – 50 мс.

3. Испытательное оборудование

Наименование	Тип	Зав. номер	Срок очередной аттестации (поверки)
Универсальный сейсмостенд	1602.УСС	Инв. № 22557	15.05.2015 г.
Осциллограф светолучевой	Н071.5	000214	7.05.2015 г.
Виброизмерительная аппаратура	ВИ6-6ТН	0104	12.05.2015 г.
Цифровой запоминающий осциллограф	РС-S500		31.05.2015 г.

4. Методика испытаний

Номер ГОСТ или методики	Воздействующий фактор	
	Параметр	Значение
ГОСТ РВ 20.57.305-98. Программа и методика испытаний.	Амплитудно-временные параметры сейсмического удара в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.304-98.	Группа исполнения аппаратуры 1.2.3.

5. Результаты испытаний

Амплитудно-временные параметры ударных импульсов имели следующие значения:

Характеристика воздействий		Первая полуволна		Вторая полуволна	
Направление	Количество	Амплитуда g	Длительность мс	Амплитуда g	Длительность мс
X	3	8,8 – 10,5	30 - 33	9,7 – 10,6	40-50
Y	3	8,6 – 10,6	31- 33	9,2 – 10,6	40-50
Z	3	8,8 – 10,4	30 - 33	9,7 – 10,6	40-50

В результате воздействий нарушений механической прочности изделия не наблюдалось.







6. Вывод

Трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ испытания выдержал.

Приложение: Осциллограммы испытательного импульса.

Испытания провели:

От Исполнителя


Е.А. Волков

В.А. Истомин

В.А. Корольков

С.А. Платонов

Д.Н. Фандоркин

Е.Ф. Хорин

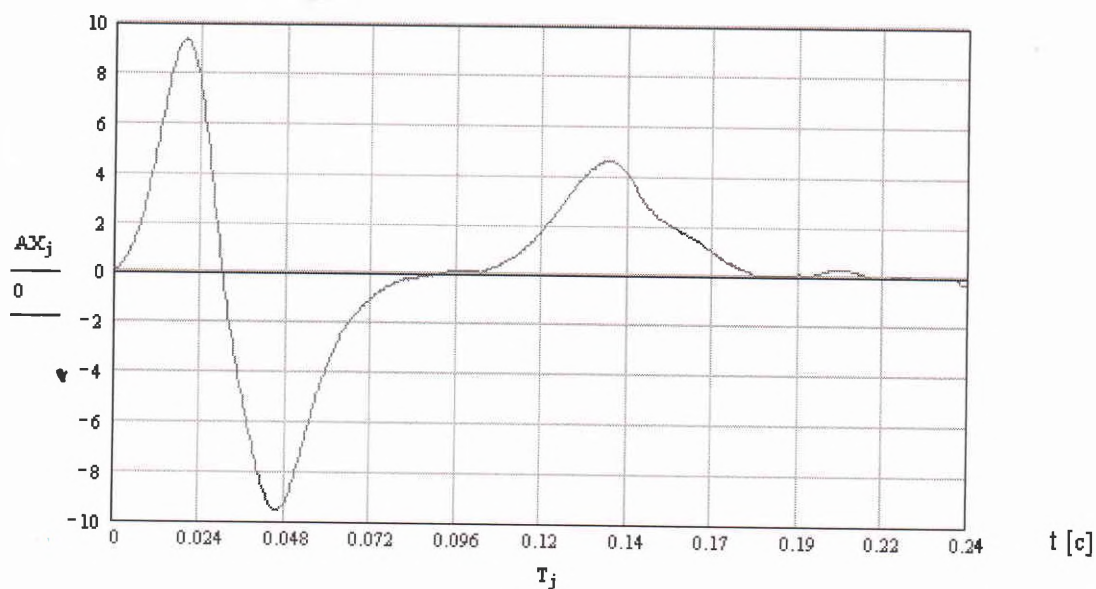
От Заказчика


А.В. Васильев

Оциллограмма испытательного ударного импульса

Испытательный стенд 1602.УСС ИП

$A(t)$ [g]



$A_{max} = 9.3662$

$T1 = 0.03$

$A_{min} = -9.5604$

$T2 = 0.0516$



Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Военный учебно-научный центр Сухопутных войск
«Общевойсковая академия Вооруженных Сил Российской Федерации»

Испытательное подразделение

119992, г. Москва, ГСП-2, проезд Девичьего поля, д.4.
Тел. 8-916-131-6613. Факс. 8-495-344-4471. E-mail: ipsoova@yandex.ru
Свидетельство об аттестации №592 от 27 июля 2012 г. Действительно до 27 июля 2015 г.



УТВЕРЖДАЮ

Начальник испытательного подразделения

А.Д. Борулев

2014 г.

ПРОТОКОЛ № 39/14-ИП

испытаний оборудования ООО «ПРОЕКТЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Испытания на воздействие землетрясений

« 12 » августа 2014 г.

1. Объект испытаний

Трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ.

Разработчик и изготовитель - ООО «ПРОЕКТЭЛЕКТРОТЕХНИКА».

2. Цель испытаний

Подтверждение соответствия изделий заявленным техническим требованиям по стойкости к воздействию землетрясений интенсивностью 9 баллов по MSK-64 на уровне установки 30 м над нулевой отметкой.

3. Испытательное оборудование

Наименование	Тип	Зав. номер	Срок очередной аттестации (поверки)
Универсальный сейсмостенд	1602.УСС	Инв. № 22557	15.05.2015 г.
Осциллограф светолучевой	H071.5	000214	7.05.2015 г.
Виброизмерительная аппаратура	ВИ6-6ТН	0104	12.05.2015 г.
Цифровой запоминающий осциллограф	РС-S500		31.05.2015 г.

4. Методика испытаний

Номер ГОСТ или методики	Воздействующий фактор	
	Параметр	Значение
ГОСТ 30546.1-98 (п. п. 4.1, 4.2). ГОСТ РВ 20.57.305-98. Приложение 6 ГОСТ 17516.1-90. Приложение 8 РД В 319.02.25-2000. «Методики испытаний технических средств на воздействие внешних факторов, проводимых испытательным подразделением ВУНЦ СВ «ОА ВС РФ», инв. № 850624. Эквивалентная замена испытаний на сейсмостойкость (виброустойчивость) испытаниями на ударную стойкость.	Амплитудно-временные параметры сейсмического удара в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.304-98.	15 воздействий с амплитудой ударного ускорения 2,5g.

5. Результаты испытаний

Амплитудно-временные параметры ударных импульсов имели следующие значения:

Характеристика воздействий		Первая полуволна		Вторая полуволна	
Направление	Количество	Амплитуда, g	Длительность, мс	Амплитуда, g	Длительность, мс
Вертикальное	3	2,4-2,7	45-51	2,4-2,5	41-46
Горизонтальное	12	2,4-2,6	37-44	2,4-2,7	45-49

В результате воздействий нарушений механической прочности не наблюдалось.

6. Вывод

Трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ испытания выдержал.

Приложение: Осциллограммы испытательного импульса.

Испытания провели:

От Исполнителя

 Е.А. Волков

 В.А. Истомин

 В.А. Корольков

 С.А. Платонов

 Д.Н. Фандоркин

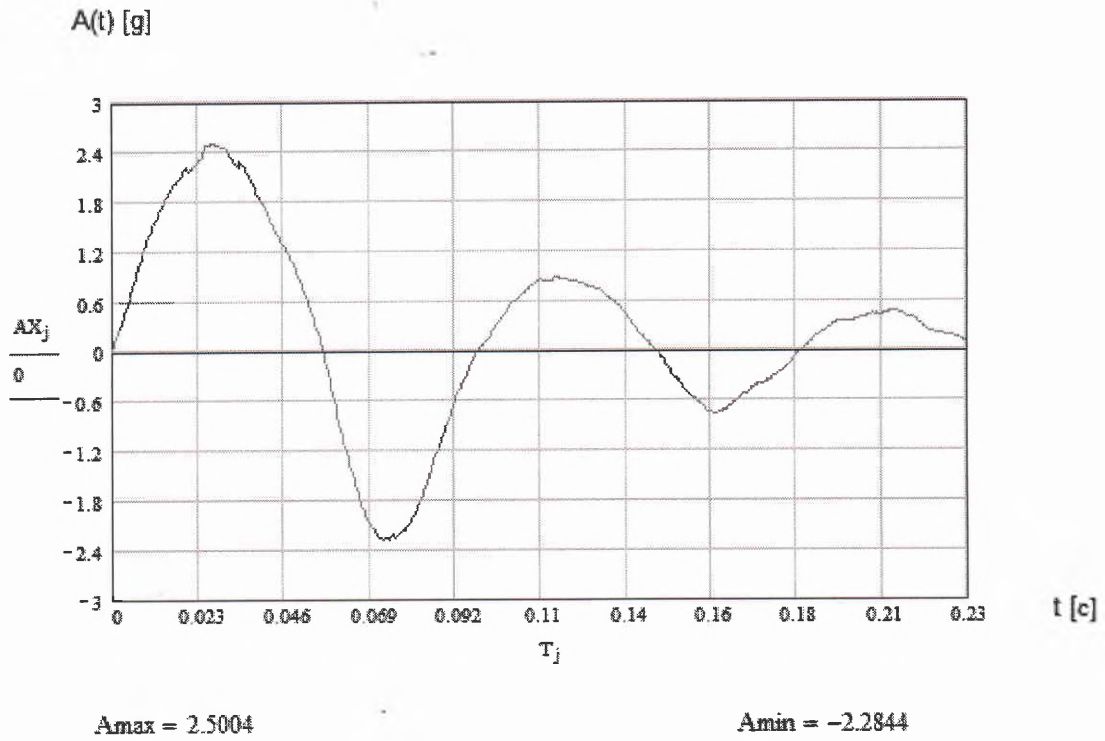
 Е.Ф. Хорин

От Заказчика

 А.В. Васильев

Осциллограмма испытательного ударного импульса

Испытательный стенд 1602.УСС ИП ВУНЦ СВ



**«Расчетная оценка сейсмударопрочности трансформатора
сейсмударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ»**

Исполнители:

доктор технических наук, профессор



А.Д. Борулев

кандидат технических наук, снс



Е.А. Волков

кандидат технических наук, доцент



Е.Ф. Хорин

Содержание

	Стр.
Введение.....	3
1 Основные сведения о методике проведения расчетной оценки.....	4
2 Поверочная оценка прочности трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС- 1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ	8
3 Выводы и заключения.....	15
Список использованных источников.....	15

Введение

Целью выполнения расчета трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ (далее - изделия) является:

- проверка прочности основных конструктивных элементов и узлов изделия с учетом конструктивных рекомендаций, разработанных в ходе предварительных испытаний трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ на действие сейсмического удара;
- оценка прочности изделия при сейсмоударном воздействии;
- разработка рекомендаций и технических решений по обеспечению прочности изделия, в случае необходимости. --

К изделию предъявляются следующие требования по стойкости к внешним воздействующим факторам:

- оборудование должно выдерживать воздействие сейсмического ударного импульса ускорений с амплитудой $A = 100 \text{ м/с}^2$ (10g) и длительностью полуволны 30 – 50 мс в соответствии с ГОСТ Р В 20.57.305-98 и ГОСТ Р В 20.39.304-98.

В ходе предварительных испытаний трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ были разработаны следующие рекомендации, реализация которых позволила изделию выдержать испытания на воздействие сейсмического ударного импульса ускорений с амплитудой $A = 100 \text{ м/с}^2$ (10g) и длительностью полуволны 30 -50 мс в соответствии с ГОСТ Р В 20.57.305-98 и ГОСТ Р В 20.39.304-98:

- между обмотками трансформатора были размещены дополнительные вставки из высокопрочного пластика, препятствующие их взаимному смещению;
- регуляторы высоты обмоток выполнены из массивного высокопрочного пластика;
- увеличено число точек крепления трансформатора к полу (месту установки) с 4 до 12; крепление осуществлялось шпильками М14; шпильки крепления были дополнительно установлены в углах опорной рамы (4 штуки) и в нижних местах крепления укосин (4 штуки);
- установлены дополнительные силовые элементы (укосины) по два с каждой продольной стороны; укосины были выполнены из того же профиля, что и опорная рама трансформатора и имели крепления: вверху болтами М14 вместо рем-болтов; внизу шпильками М14 на месте крепления транспортных колес; последние также крепились к полу (месту установки).

Имея положительный результат испытаний трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ, эти рекомендации распространены на его конструктивный и технологический аналог – трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ с учетом увеличенных массогабаритов.

1. Между обмотками трансформатора необходимо разместить дополнительные вставки из высокопрочного пластика, препятствующие их взаимному смещению. Толщина и число вставок подбирается в соответствии с конструктивными особенностями изделия.

2. Регуляторы высоты обмоток следует выполнить из массивного высокопрочного пластика, а их крепление осуществлять болтами (шпильками) с диаметром не менее М20.

3. Увеличить число точек крепления трансформатора к полу (месту установки) с 4 до 16, а крепление осуществлять шпильками диаметром М20. Дополнительно поставить шпильки по углам опорной рамы – 4 штуки; по 2 в каждое основание укосин – 8 штук; 4 шпильки штатные и являются узлами крепления опорной рамы и швеллеров для установки транспортных колес. В качестве шпилек можно использовать закладные детали или анкера того же диаметра, замоноличенные в пол.

4. Установить дополнительные силовые элементы (укосины) по два с каждой продольной стороны. Укосины расположить под углом 30° к вертикали и крепить их двумя болтами вверху (в месте крепления рем-болтов) и двумя шпильками в низу (к швеллерам для установки транспортных колес и к полу). Для обеспечения 30° угла расположения укосин к вертикали следует увеличить длину швеллеров, предназначенных для установки транспортных колес.

1. Основные сведения о методике проведения расчетной оценки

1.1. Расчеты на прочность проводились на основе квазистатического подхода с использованием статических прочностных характеристик конструкционных материалов [1, 2, 3].

1.2. Оценка прочности и сейсмоударостойкости изделия выполнялась по допускаемым напряжениям или по третьей теории прочности [3, 4, 5].

1.3. Расчет выполняется на действие инерционной нагрузки, которая прикладывается в одном наиболее опасном для данного элемента изделия направлении.

1.4. Выбор элементов изделия для расчета прочности проводился на основании экспертного анализа [6], при котором выявлялись наиболее нагруженные и (или) менее прочные элементы и самые «жесткие» направления воздействия на них динамической нагрузки.

1.5. Суммарное напряжение σ_0 в узлах и элементах изделия при одновременном приложении динамической и статической нагрузок по взаимно перпендикулярным направлениям, определялось по формуле

$$\sigma_0 = (\sigma_d^2 + \sigma_c^2)^{1/2}, \quad (1)$$

где σ_d – напряжения от воздействия импульса ускорений;

σ_c – напряжения от воздействия статической нагрузки.

В случае совпадения направлений действия динамической и статической нагрузок выполнялось алгебраическое сложение напряжений.

1.4. В качестве воздействующего фактора при расчете принималась эквивалентная квазистатическая сосредоточенная Q_m или распределенная нагрузка g_c определяемые по формулам:

$$Q_m = M_3 \times A \times k_d ; \quad (2)$$

$$g_c = m_3 \times A \times k_d , \quad (3)$$

где M_3 – масса оборудования или его элемента;

m_3 – погонная масса элемента;

k_d – коэффициент динамичности, определяемый по формуле [2, 7, 8]

$$k_d^m(\bar{k}) = \frac{1}{1 - \bar{k}^2} \left(\sin \frac{2\pi k}{1+k} - \bar{k} \sin \frac{2\pi}{1+\bar{k}} \right) = \frac{1}{k^2 - 1} \left(\bar{k} \sin \frac{2\pi}{1+\bar{k}} - \sin \frac{2\pi k}{1+k} \right) \quad (4)$$

где $\bar{k} = \frac{v_i}{\omega}$ и v_i – частота импульса ускорения;

ω – собственная частота колебаний изделия (элемента).

Некоторые значения спектрального коэффициента динамичности $k_d^m(\bar{k})$ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Спектральный коэффициент динамичности

$\bar{k} = \frac{v_i}{\omega}$	0,1	0,16	0,17	0,2	0,27	0,32	0,35	0,4	0,46	0,54	0,8
$k_d^m(\bar{k})$	0,643	0,91	0,95	1,08	1,33	1,42	1,53	1,63	1,7	1,75	1,709
$\bar{k} = \frac{v_i}{\omega}$	1,0	1,5	2,0	3,3	5,0	10					
$k_d^m(\bar{k})$	2,0	1,2	0,9	0,4	0,2	0,06					

1.5. Для элементов, собственную частоту которых теоретически определить не возможно, коэффициент динамичности в расчетах принимался максимальным ($k_d=2$).

1.6. Суммарная нагрузка на элемент определялась как сумма динамической и эксплуатационной нагрузок, а первая являлась алгебраической суммой сейсмоударной и статической нагрузок по двум взаимно перпендикулярным направлениям

$$P_0 = (P_d^2 + P_c^2)^{1/2} + P_{эк}. \quad (5)$$

В случае совпадения направлений действия динамической и статической нагрузок выполнялось их алгебраическое сложение.

1.5. Низшая собственная частота конструкции определяется по формуле [7, 8]

$$\omega_1 = 1 / 2\pi \times (g / \lambda_m)^{0,5}, \quad (6)$$

где g – ускорение свободного падения, принимаемое равным $9,8 \text{ м/с}^2$; λ_m – максимальная абсолютная величина перемещения (прогиба) конструкции под действием весовых нагрузок Q_3 , или g_3 .

Для случая приложения нагрузки вдоль линейного элемента (болта, шпильки, растяжки и т.п.) конструкции длиной l_3 , λ_m определяется по формуле

$$\lambda_m = (Q_3 \times l_3) / (E \times F), \quad (7)$$

где E – модуль Юнга, принимаемый для стали $2 \times 10^5 \text{ МПа} = 2 \times 10^{11} \text{ Па}$ ($2 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$); F – площадь поперечного сечения линейного элемента.

1.6. Напряжения растяжения (сжатия) в болтах и шпильках с учетом сейсмических воздействий σ_s определяются из выражения [1, 2]

$$\sigma_s = 4F / (\pi \times d_1^2), \quad (8)$$

где F – усилие, действующее на данный элемент крепления, Н; d_1 – внутренний диаметр резьбы элемента крепления, равный $d_1 \approx 0,9 \cdot d$ (d – наружный диаметр болта), м.

1.7. Напряжения затяжки болтов σ_3 суммируются с напряжениями от статических σ_c и динамических σ_s нагрузок по формуле

$$\sigma_o = \sigma_s + \sigma_3 + \sigma_c. \quad (9)$$

1.8. В качестве критерия сохранения прочности элемента крепления была принята справедливость неравенства [1, 2, 3, 4]:

$$\sigma_o \leq 0,6 R_{p0,2}, \quad (10)$$

где $R_{p0,2}$ – значение предела текучести, МПа.

Для напряжений среза критерий прочности имеет вид:

$$\tau_s \leq 0,25 R_{p0,2}. \quad (11)$$

1.9. Номинальные допускаемые напряжения рассчитываются по пределу текучести и временному сопротивлению.

1.10. Расчетные схемы составлялись таким образом, чтобы анализируемый элемент находился в более «жестких» условиях [2].

1.11. Расчет производился статическим методом, который дает оценку в сторону повышения запаса прочности и устойчивости [2, 9].

1.12. Определение собственной частоты колебаний элемента изделия выполнялось для обертона (низшей частоты) и в предположении одномассовой расчетной схемы, что идет в «запас» прочности.

2. Поверочная оценка прочности трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ

2.1. Расчет болтов крепления к полу (месту установки) при воздействии динамической нагрузки по вертикали.

Крепление осуществляется 16 шпильками М20 (площадь поперечного сечения одного болта $F = 242 \times 10^{-6} \text{ м}^2$ при шаге резьбы 2 мм). Общий вес нагрузки равен $Q_3 = 2300 \text{ кг} = 23000 \text{ Н}$. Принято, что длина «рабочей» части шпилек составляет $l_3 = 0,16 \text{ м}$. С учетом конструктивных особенностей трансформатора предполагается, что наиболее жесткое нагружение будет реализовываться при действии динамической нагрузки вдоль оси болтов. Низшая собственная частота соединения определяется по формуле (6) и зависимости (7). Тогда, для 16 шпилек

$$\lambda_m = (Q_3 \times l_3) / (E \times F \times 16) = (23000 \times 0,16) / (2 \times 10^{11} \times 242 \times 10^{-6} \times 16) = 47,5 \times 10^{-6};$$

$$\omega_1 = 1 / 2\pi \times (g / \lambda_m)^{0,5} = 0,16 \times (9,8 / 47,5 \times 10^{-6})^{0,5} = 0,073 \times 10^3 = 73 \text{ Гц}.$$

Так как период колебаний нагружающего сейсмоударного импульса ускорений по ГОСТ Р В 20.57.305-98 и ГОСТ Р В 20.39.304-98 составляет 60 – 100 мс, то частота его будет в диапазоне $\nu = 10 - 16,7 \text{ Гц}$. По таблице 1, исходя из соотношения $\nu / \omega_1 = 16,7 / 73 \approx 0,23$, находится коэффициент динамичности $k_d = 1,33$ (округление произведено в сторону большей величины коэффициента).

Следовательно, усилие на шпильки крепления от динамического воздействия по вертикали будет

$$P_m = M_3 \times A \times k_d = 2300 \times 100 \times 1,33 = 305900 \text{ Н}.$$

Напряжение в шпильке от динамической нагрузки равно

$$\sigma_\phi = P_m / 16 F = 305900 / (16 \times 242 \times 10^{-6}) = 79 \times 10^6 \text{ Па} = 79 \text{ МПа}$$

Принято, что усилие неконтролируемой затяжки шпильки М20 равно 36000Н [1].

Следовательно, напряжение затяжки для шпильки М20 составляет

$$\sigma_3 = 36000 / (242 \times 10^{-6}) = 149 \text{ МПа}.$$

Суммарное напряжение в шпильках будет

$\sigma_0 = \sigma_\phi + \sigma_3 = 79 + 149 = 228 \text{ МПа} < 0,6 R_{p0,2}$ для стали с пределом упругости больше 380 МПа.

При сборке изделия с контролируемым усилием затяжки, его значение для болтов М20 принимается равным 63000 Н, если шпильки изготовлены из стали 45 [1].

Тогда, напряжение контролируемой затяжки для шпилек М20 равно

$$\sigma_3 = 63000 / (242 \times 10^{-6}) = 260 \text{ МПа}.$$

Суммарное напряжение в шпильках будет

$\sigma_o = \sigma_\phi + \sigma_3 = 79 + 260 = 339 \text{ МПа} < 0,6 R_{p0,2}$ для стали с пределом упругости больше 565 МПа.

Следовательно, для данного вида нагружения (по вертикальной оси) могут быть использованы в качестве крепежа изделия к месту установки 16 шпилек М20, изготовленных, например, из стали 45.

2.2. Расчет шпилек крепления к полу (месту установки) при воздействии динамической нагрузки по горизонтали.

2.2.1 Расчет на действие нормальных напряжений

Наиболее опасным для изделия будет направление воздействия горизонтальной нагрузки перпендикулярно лицевой стороны трансформатора.

Центр тяжести изделия находится, примерно, на расстоянии $H = 0,85 \text{ м}$ от пола. Инерционная нагрузка будет восприниматься попеременно правыми или левыми (относительно лицевой стороны трансформатора) шпильками, в каждой группе которых по 8 штук. Отсюда

$$\lambda_m = (Q_3 \times I_3) / (E \times F \times 8) = (23000 \times 0,16) / (2 \times 10^{11} \times 242 \times 10^{-6} \times 8) = 95 \times 10^{-6};$$

$$\omega_1 = 1 / 2\pi \times (g / \lambda_m)^{0,5} = 0,16 \times (9,8 / 95 \times 10^{-6})^{0,5} = 0,051 \times 10^3 = 51 \text{ Гц}.$$

По таблице 1, исходя из соотношения $v/\omega_1 = 16,7 / 51 \approx 0,33$, находится коэффициент динамичности $k_d = 1,53$ (округление произведено в сторону большей величины коэффициента).

Следовательно, динамическая нагрузка по горизонтали будет

$$P_m = M_3 \times A \times k_d = 2300 \times 100 \times 1,53 = 351900 \text{ Н}.$$

Эта нагрузка будет создавать «опрокидывающий» момент равный

$$M_p = P_m \times H = 351900 \times 0,85 = 299115 \text{ Н м}.$$

Опрокидывающий момент должен уравниваться моментом создаваемым усилиями в шпильках на плечах от оси «опрокидывания» изделия. Из конструктивных размеров определяется расстояние от центра изделия до шпилек крепления нижней части укосин при угле их наклона 30° . Оно равно 1,06 м. Расстояние от центра до шпилек крепления опорной рамы трансформатора равно 0,09 м. Следовательно, момент, создаваемый шпильками относительно оси опрокидывания, будет равен

$$M_w = \sigma_w \times F \times (4 \times 2,12 + 4 \times 1,15) = M_p.$$

Из последнего уравнения определяются нормальные напряжения в шпильках

$$\sigma_w = M_p / (F \times (4 \times 2,12 + 4 \times 1,15)) = 299115 / (242 \times 10^{-6} \times (4 \times 2,12 + 4 \times 1,15)) = 94,5 \text{ МПа}$$

Напряжение контролируемой затяжки для шпилек М20 равно

$$\sigma_3 = 260 \text{ МПа.}$$

Суммарное напряжение в шпильках будет

$\sigma_0 = \sigma_\phi + \sigma_3 = 94,5 + 260 = 354,5 \text{ МПа} < 0,6 R_{p0,2}$ для стали с пределом упругости больше 590 МПа.

Следовательно, и для этого направления нагружения (по горизонтальной оси) могут быть использованы в качестве крепежа изделия к месту установки 16 шпилек М20, изготовленных из стали 45.

Рекомендации даны с учетом величины предела текучести для стали 45 $R_{p0,2} = 650 \text{ МПа}$ [2].

2.2.2 Расчет на действие напряжений среза

Динамическая нагрузка по горизонтали $P_m = 351900 \text{ Н}$ будет вызывать напряжения среза в шпильках, и уравниваться также силой трения металлических поверхностей опорных элементов трансформатора по полу места установки. Для расчетов принят коэффициент трения $k_{тр} = 0,2$. Усилие контролируемой затяжки равно 63000 Н. Следовательно, общая сила трения равна

$$P_{тр} = P_3 \times k_{тр} \times 16 = 63000 \times 0,2 \times 16 = 201600 \text{ Н.}$$

Отсюда усилие среза на шпильки составит

$$P_{ш} = P_m - P_{тр} = 351900 - 201600 = 150300 \text{ Н.}$$

Напряжения среза равны

$$\tau_s = P_{ш} / (16 \times F) = 150300 / (16 \times 242 \times 10^{-6}) = 39 \text{ МПа} \leq 0,25 R_{p0,2} = 650 \times 0,25 = 162,5 \text{ МПа для стали 45.}$$

3. Выводы и заключения

1. Динамическая прочность трансформатора ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ, с учетом реализации предложенных рекомендаций, обеспечена в случае воздействия на изделие испытательного импульса ускорений с амплитудой $A = 100 \text{ м/с}^2$ (10 g) и длительностью 30 – 50 мс (ГОСТ РВ 20.39.304-98 и ГОСТ РВ 20.57.305-98).

2. В качестве материала шпилек диаметром М20 может быть использована сталь 45. Допускается применение других сталей для шпилек, предел упругости которых не менее 600 МПа.

Список использованных источников

1. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. Справочник – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993.
2. Расчет на прочность при сейсмическом воздействии. РТМ 108.020.37-81.
3. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86)/Госатомэнергонадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – (Правила и нормы в атомной энергетике).
4. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1969.
5. Ицкович Г.М., Винокуров А.И., Минин Л.С. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высшая школа, 1970.
6. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. М.: Воениздат, 1987.
7. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. М.: Наука, 1967.
8. Олескин В.И. Механика военно-инженерных сооружений. Часть III. Методы расчета военно-инженерных сооружений на динамические нагрузки. – М.: ВИА, 1987.
9. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия / М.Ф. Барштейн, Н.М. Борадачев, Л.Х. Бломина и др.; Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1981. – (Справочник проектировщика).



**Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Военный учебно-научный центр Сухопутных войск
«Общевойсковая академия Вооруженных Сил Российской Федерации»**

Испытательное подразделение

119992, г. Москва, ГСП-2 Проезд Девичьего поля, д.4.
Тел. 8-916-131-6613. Факс. 8-495-344-4471. E-mail: ipcoova@yandex.ru
Свидетельство об аттестации № 592 от 27 июля 2012 г. Действительно до 27 июля 2015 г.

Экспертное заключение

по оценке трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС
АФИП.670120.001 ТУ к воздействию сейсмического удара

г. Москва

« 26 » августа 2014 г.

Для подготовки заключения экспертам была представлена следующая документация:

- конструкторская документация на трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ;
- конструкторская документация на трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ;
- результаты (протоколы) испытаний трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ на действие сейсмического удара с амплитудой 100 (10) м/с² (g) и длительностью 30 – 50 мс по ГОСТ РВ 20.39.304-98.

На основании анализа представленной конструкторской документации, сопоставления массогабаритных характеристик трансформаторов сейсмоударостойких, материалов и технологий, использованных для их изготовления, результатов положительных испытаний трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ по ГОСТ РВ 20.39.304-98 на действие сейсмического удара, где не установлено наличие резонансных частот в диапазоне 10 – 20 Гц (частота возбуждающего импульса ускорений при испытаниях), требований ГОСТ РВ 20.39.304-98 и положений технических условий АФИП.670120.001 ТУ, расчетных оценок прочности трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ эксперты сделали следующие выводы:

1. Трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ является аналогом трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ, так как они объединены ТУ на изделия, общностью конструкций и технологиями изготовления.

2. Расчетные оценки основных силовых элементов трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ показывают достаточный запас прочности при воздействии сейсмического удара с амплитудой 100 (10) м/с² (g) и длительностью 30 – 50 мс.

3. Учитывая результаты положительных испытаний трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-250/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ на действие сейсмического удара по ГОСТ РВ 20.39.304-98 и достаточный запас прочности трансфор-

матора сейсмоударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ, оцененный расчетным путем, считать трансформатор сейсмоударостойкий ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ устойчивыми к действию сейсмического удара с амплитудой 100 (10) м/с² (g) и длительностью 30 – 50 мс по ГОСТ РВ 20.39.304-98, группа исполнения аппаратуры 1.2.3.

Приложение. Расчетная оценка сейсмоударопрочности трансформатора сейсмоударостойкого ТЛС-1000/10-0,4 СУС АФИП.670120.001 ТУ.



Начальник испытательного подразделения
доктор технических наук профессор

кандидат технических наук

кандидат технических наук

 Борулев А.Д.

 Волков Е.А.

 Хорин Е.Ф.