



СейсмЭнергоПроект

Центр сертификации

Лицензия № ЦО-11-101-10415
Выданная Федеральной Службой по
Экологическому, Технологическому и
Атомному надзору 15 февраля 2018 г.,
действительна до 15 февраля 2023 г.



Утверждаю
Генеральный директор
ООО «СейсмЭнергоПроект»
Е. А. Радченко
2022 г.

Расчет на прочность и сейсмостойкость № 005-03-2022 ТЭСП 2000.000.000

Объект испытаний
(расчета)

Альтернативная дизельная электростанция ТЭ.2000С-Т400-ЗРН
Разработчик и изготовитель - ООО «Техэкспо»

Документ, на
соответствие
которому проводился
расчет

ПНАЭ Г-7-002-86, НП-031-01



ТЕХЭКСПО

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп и

ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ПЗ – проектное землетрясение
- МРЗ – максимальное расчетное землетрясение
- НЭ – нормальные условия эксплуатации
- $[\sigma]$ – номинальное допускаемое напряжение, МПа;
- $(\sigma_s)_1$ – группа приведенных напряжений, определяемая по составляющим общим мембранным напряжениям, МПа;
- $(\sigma_s)_2$ – группа приведенных напряжений, определяемая по составляющим общим или местным мембранным или общим изгибным напряжениям, МПа;
- $[\sigma]_w$ – средние напряжения растяжения по сечению шпильки, вызываемые механическими нагрузками, МПа;
- $[\sigma_s]_{mw}$ – группа приведенных напряжений, определяемая по суммам средних по сечению болта или шпильки напряжений растяжения, вызываемых механическими нагрузками и сейсмическими воздействиями, МПа;
- $[\sigma_s]_{4w}$ – группа приведенных напряжений от механических нагрузок, температурных и сейсмических воздействий, определяемая по составляющим напряжений растяжения, изгиба и кручения в болтах или шпильках, МПа;
- τ_{sw} – напряжения среза в болтах или в шпильках, МПа;
- $R_{p0,2}^T$ – минимальное значение предела текучести при расчетной температуре, МПа;
- R_m^T – минимальное значение предела прочности при расчетной температуре, МПа

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		
Инв. № подл.		№ 005-03-2022				Лит		
Лит		Изм.		№ докум.		Подп.		
Разраб.		Маняк И.С.		Подп.		Дата		
Пров.		Радченко А. А.		Подп.		Дата		
Т. контр.		Клюев Э. Д.		Подп.		Дата		
Н. контр.		Клюев Э. Д.		Подп.		Дата		
Утв.								
Поверочный расчет на прочность и сейсмостойкость							Лит	
ООО «СейсмЭнергоПроект»							Лист	
							Листов	
							2	
							53	

Оглавление

1.	Объект расчета	3
2.	Цель расчета	3
3.	Методика расчета.....	3
4.	Расчетные воздействия.....	3
5.	Поверочный расчет на прочность и сейсмостойкость.....	5
5.1	Общие положения	5
5.2	Расчет допускаемых напряжений.....	9
5.3	Расчетная модель	12
5.4	Поверочный расчет на статическую прочность.....	20
5.5	Расчетный анализ динамических характеристик.....	24
5.6	Расчетное обоснование сейсмостойкости на режиме НЭ+ПЗ	28
5.7	Расчетное обоснование сейсмостойкости на режиме НЭ+МРЗ ...	33
5.8	Расчетное обоснование сейсмостойкости на режиме 1,4МРЗ	38
5.9	Оценка прочности фитингов крепления ДГА.....	43
5.10	Расчетное обоснование сейсмостойкости при действии внешней ударной волны	44
6.	Заключение	49

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и
------	---------	-------	------	---------

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

1. Объект расчета

Альтернативная дизельная электростанция ТЭ.2000С-Т400-ЗРН контейнерного типа на шасси, номинальной мощностью 2000 кВт, (далее изделие). Разработчик и изготовитель - ООО «Техэкспо».

2. Цель расчета

Целями расчета являются:

- определение прочности и сейсмостойкости изделия при сейсмических нагрузках заданной интенсивности;
- разработка рекомендаций по обеспечению стойкости к сейсмическим воздействиям (в случае необходимости).

3. Методика расчета

Расчет проводился согласно:

- ПНАЭ-Г-7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок;
- НП 031-01 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.

4. Расчетные воздействия

В соответствии с ИТТ изделие должно быть рассчитано на следующие воздействия:

- МРЗ – 0,333g;
- внешняя ударная волна – давление во фронте 30 кПа, продолжительность фазы сжатия до 1 с., направление распространения – горизонтально;

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата	

005-03-2022

Лист

3

- запроектное сейсмическое воздействие уровня 1,4МРЗ.

4.2 Ускорения сейсмических воздействий принимались по обобщенным спектрам ответа для проектных сейсмических параметров для площадки размещения АЭС «РУППУР» (для уровней ПЗ - Приложение А). Ускорения сейсмических воздействий прикладывались одновременно по трем взаимно перпендикулярным координатным осям.

4.3 Под нормальными условиями эксплуатации (НЭ) понимался собственный вес конструкции с размещенным на ней максимальным грузом.

ТЕХЭКСПО®

Инов.	Подп. И	Взам.	Инов.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

4

5. Поверочный расчет на прочность и сейсмостойкость

5.1 Общие положения

5.1.1 Исходными данными для построения расчетной модели являются ТЗ и рабочие чертежи изделия.

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

5.1.2 Контейнер изделия представляет собой сварную металлоконструкцию, изготовленную из стандартных профилей (трубы, швеллеры, уголки) и обшитую листами утеплителя, который вставляется враспор между обрешеткой и сверху зашивается профилированным листом С8. Материал утеплителя стен – «Изовер Каркас П-34-50/610/1170/Е/К», потолка и основания - «Изовер Каркас П-34-100/610/1170/Е/К». Контейнер устанавливается на полуприцепе и крепится фитингами.

Общий вид изделия (контейнера) представлен на рисунке 5.1, контейнера на полуприцепе – на рисунке 5.2, полуприцепа – на рисунке 5.3.

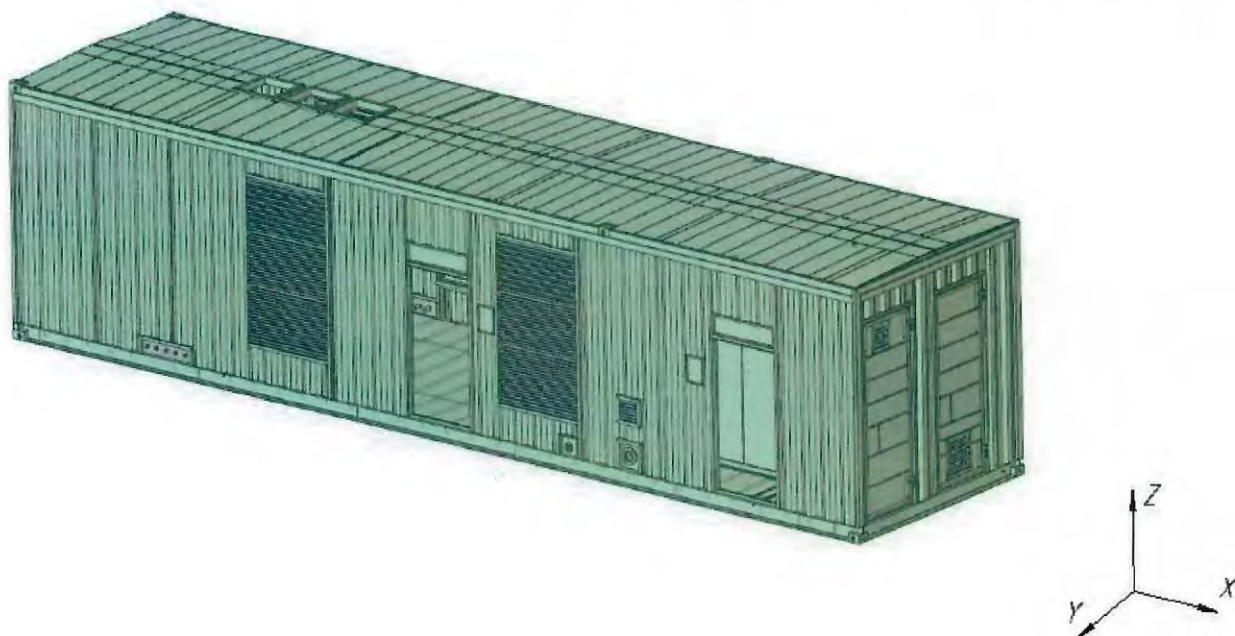


Рисунок 5.1 – Общий вид изделия (контейнер)

Подп и
Инв.
Взам.
Подп. И
Инв.

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

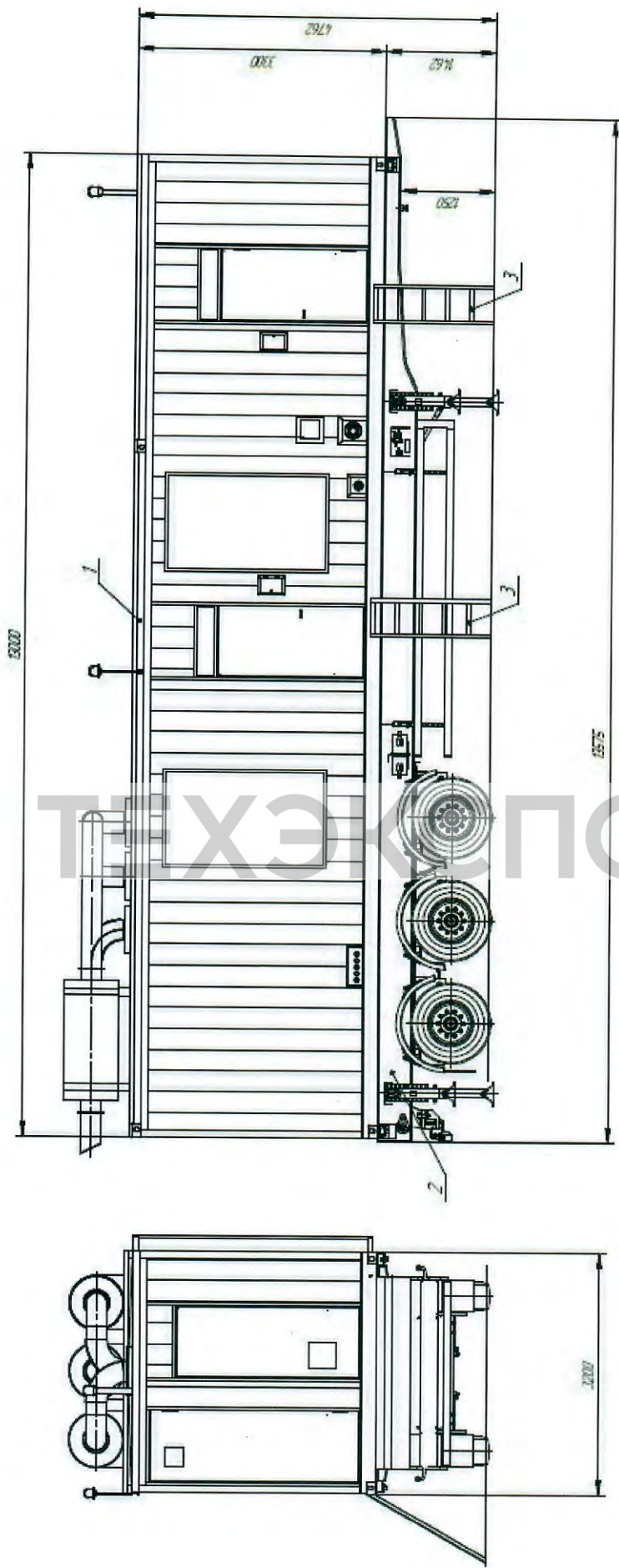


Рисунок 5.2 – Общий вид изделия: 1 - Электростанция ТЭ.2000С-Т400-ЗРН; 2 - Колесный полуприцеп; 3 - Подъемная

лестница

Име.	Подп. И	Взам.	Име.	Подп. и
------	---------	-------	------	---------

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата
005-03-2022			
Лист			
6			

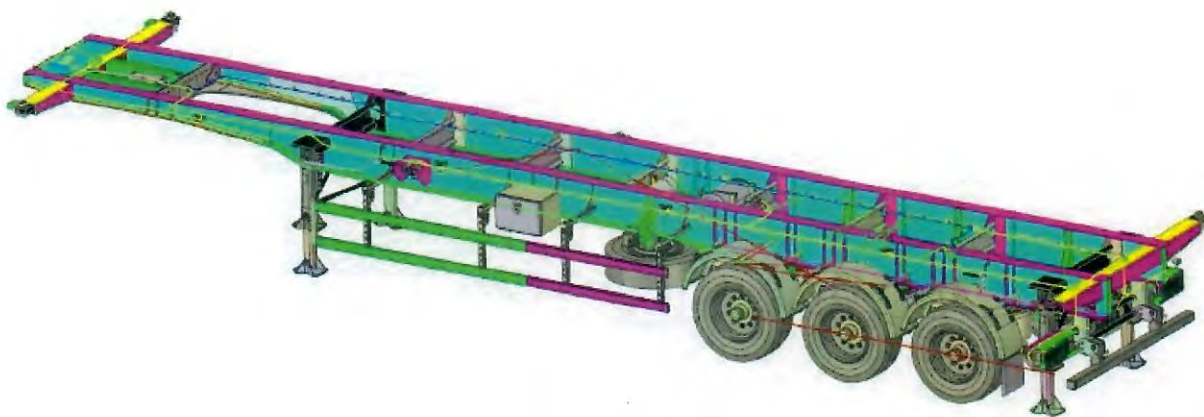


Рисунок 5.3 – Общий вид изделия (полуприцеп)

Основные составные части изделия:

- полуприцеп;
- контейнер утепленный;
- дизель-генераторный агрегат (ДГ А);
- баки топливный и масляный;
- двери, люки, клапаны вытяжные и приточные;
- электрощиты;
- прочее оборудование.

Размещение оборудования внутри изделия приведено на рисунке 5.4.

Инев.	Подп. И	Взам.	Инев.	Подп. И

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

7

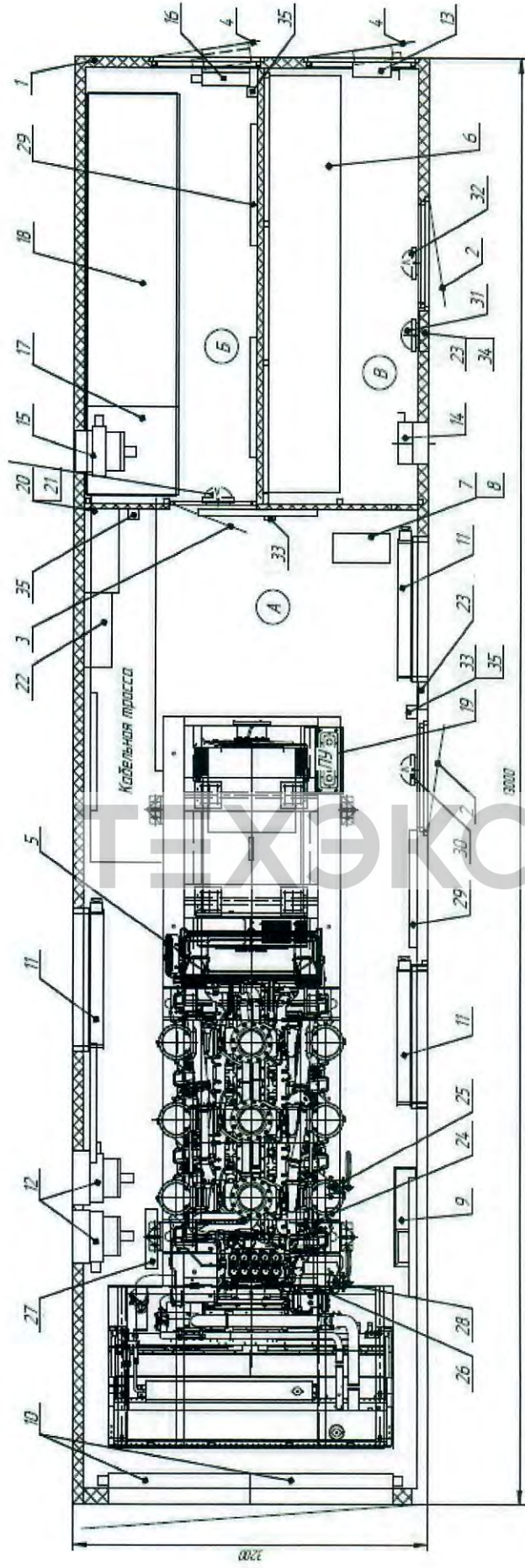


Рисунок 5.4 – Размещение оборудования внутри изделия:

1 – контейнер; 2 – дверь входная; 3 – дверь; 4 – люк технологический; 5 – дизель-генераторный агрегат (ДГА); 6 – топливный бак 5000 л; 7 – ручной насос; 8 – электронасос; 9 – масляный бак; 10-16 – клапаны; 17 – щит АВГ; 18 – щит РУ; 19 – щит ПУ; 20 – щит ЦСН; 21 – щит ИБП; 22 – щит приборов УАПТиОС; 23 – ниша расположения ИПР; 24 – устройство пополнения масла; 25 – ручной насос; 26 – подогреватель электрический; 27 – подогреватель дизельный; 28 – ручной насос; 29-32 – светильники; 33-34 – выключатели; 35 – розетка

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

5.2 Расчет допускаемых напряжений

5.2.1 Допускаемые напряжения устанавливаются в соответствии с нормативными документами [1] и [2].

Номинальное допускаемое напряжение в корпусных элементах определяется по формуле

$$[\sigma] = \min \left\{ \frac{R_m^T}{n_m}; \frac{R_{p0.2}^T}{n_{0.2}} \right\}, \quad (1)$$

где $n_m = 2,6$ – коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению;

$n_{0.2} = 1,5$ – коэффициент запаса прочности по пределу текучести.

5.2.2 При сейсмических воздействиях условия прочности для режимов НЭ+ПЗ для изделий II категории сейсмостойкости записываются в виде:

$$(\sigma_s)_1 < 1,5[\sigma] \quad (2)$$

$$(\sigma_s)_2 < 1,9[\sigma] \quad (3)$$

5.2.3 При сейсмических воздействиях условия прочности для режимов НЭ+МРЗ (1,4МРЗ) для изделий II категории сейсмостойкости записываются в виде:

$$(\sigma_s)_1 < 1,4[\sigma] \quad (4)$$

$$(\sigma_s)_2 < 1,8[\sigma] \quad (5)$$

Номинальное допускаемое напряжение в болтах и шпильках определяется как:

$$[\sigma]_w = \frac{R_{p0.2}^T}{n_{0.2}}, \quad (6)$$

где $n_{0.2} = 2$.

5.2.4 При сейсмических воздействиях для режимов НЭ+ПЗ для изделий II категории сейсмостойкости допускаемые напряжения рассчитываемых категорий для болтов и шпилек записываются в виде:

Подп. и	
Инев.	
Взам.	
Подп. И	
Инев.	

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

$$(\sigma_s)_{mw} < 1,4[\sigma]_w \quad (7)$$

$$(\sigma_s)_{4w} < 2,3[\sigma]_w \quad (8)$$

$$(\tau_s)_s < 0,7[\sigma]_w \quad (9)$$

5.2.5 При сейсмических воздействиях для режимов НЭ+МРЗ (1,4МРЗ) для изделий II категории сейсмостойкости допускаемые напряжения рассчитываемых категорий для болтов и шпилек записываются в виде:

$$(\sigma_s)_{mw} < 1,4[\sigma]_w \quad (10)$$

$$(\sigma_s)_{4w} < 2,3[\sigma]_w \quad (11)$$

$$(\tau_s)_s < 0,7[\sigma]_w \quad (12)$$

Допускаемые напряжения для болтов, шпилек крепления и корпусных элементов, рассчитанные по пункту 5.2, приведены в таблицах 5.2-5.3.

Таблица 5.1 – Допускаемые напряжения для режимов НЭ, НЭ+ПЗ

Элемент конструкции	Материал/класс прочности	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Номинальное напряжение, МПа	Расчетная группа категорий напряжений	Величина допускаемого напряжения, МПа
Болты крепления	КП 5.8	400	500	200	$(\sigma_s)_{mw}$	300
					$(\sigma_s)_{4w}$	500
					$(\tau_s)_s$	140
Силовой каркас	09Г2С КП345	349	487	187	$(\sigma_s)_1$	281
					$(\sigma_s)_2$	356
	Ст3пс	325	465	179	$(\sigma_s)_1$	268
					$(\sigma_s)_2$	340

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Таблица 5.2 – Допускаемые напряжения для режимов НЭ+МРЗ(1,4МРЗ),
действие ударной волны

Элемент конструкции	Материал/класс прочности	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Номинальное напряжение, МПа	Расчетная группа категорий напряжений	Величина допускаемого напряжения, МПа
Болты крепления	КП 5.8	400	500	200	$(\sigma_s)_{mv}$	280
					$(\sigma_s)_{4w}$	460
					$(\tau_s)_s$	140
Силовой каркас	09Г2С	349	487	187	$(\sigma_s)_1$	262
	КП345				$(\sigma_s)_2$	337
	Ст3пс	325	465	179	$(\sigma_s)_1$	251
					$(\sigma_s)_2$	322

ТЕХЭКСПО®

Изм.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

11

5.3 Расчетная модель

5.3.1 Описание конструкции.

Согласно рекомендациям норм [2], поверочные расчеты на статическую прочность и сейсмостойкость проводим линейно-спектральным методом с помощью метода конечных элементов с использованием многоцелевого универсального программного комплекса Зенит-95 [3]. Расчетная схема изделия представлена на рисунке 5.5, конечно-элементные модели каркаса, основания, крыши контейнера и рамы полуприцепа – на рисунках 5.6-5.9. Геометрические характеристики используемых в расчете балочных профилей сведены в таблицу 5.4.

Расчетная модель представляла собой силовой каркас контейнера и рамы полуприцепа, которые моделировались балочными элементами второго порядка точности.

Модель была закреплена шарнирно в узлах, соответствующих опорам полуприцепа. Масса оборудования учитывалась в расчете косвенно массовыми конечными элементами, которые связывались с соответствующими узлами каркаса. Масса утеплителя учитывалась косвенно распределенно по балкам каркаса.

Массы основных учитываемых в расчете элементов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Массы основных учитываемых в расчете элементов

	Элемент	Масса, кг
1	ДГА	15900
2	Топливный бак с топливом	5000
3	Масляный бак с маслом	300
4	Щит РУ+АВГ	1500

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата	

005-03-2022



Рисунок 5.5 – Расчетная схема изделия, точечные массы: 1 – ДГА, 2 – топливный бак; 3 – масляный бак; 4 – щит

РУ+АВГ

Инв.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. и
------	---------	-------	------	---------

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

13

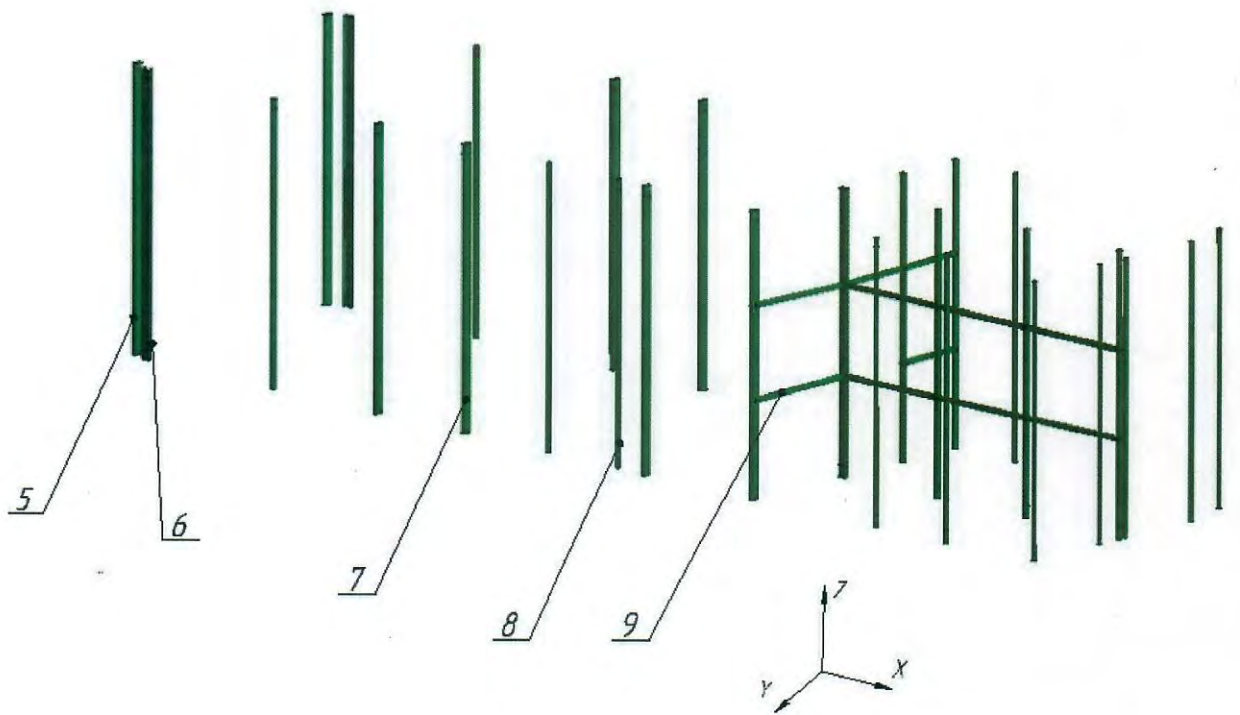


Рисунок 5.6 – Расчетная схема каркаса (5-8 – балочные профили, таблица 5.4)

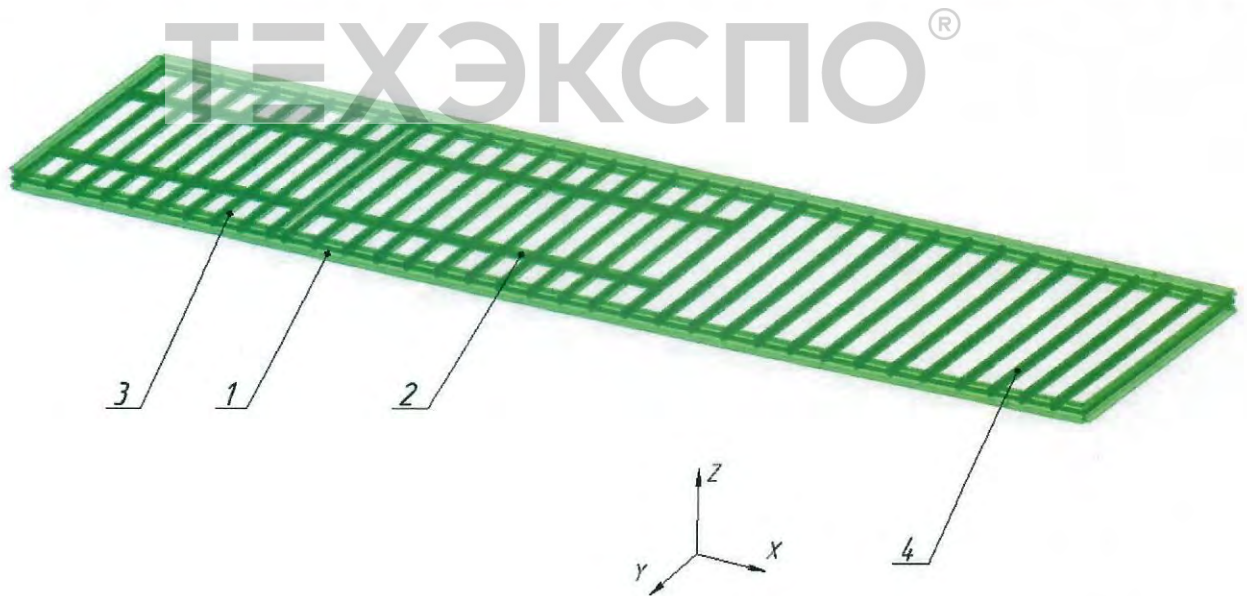


Рисунок 5.7 – Расчетная схема основания (1-4 – балочные профили, таблица 5.4)

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и
------	---------	-------	------	---------

Изм	№ докум	Подпись	Дата
-----	---------	---------	------

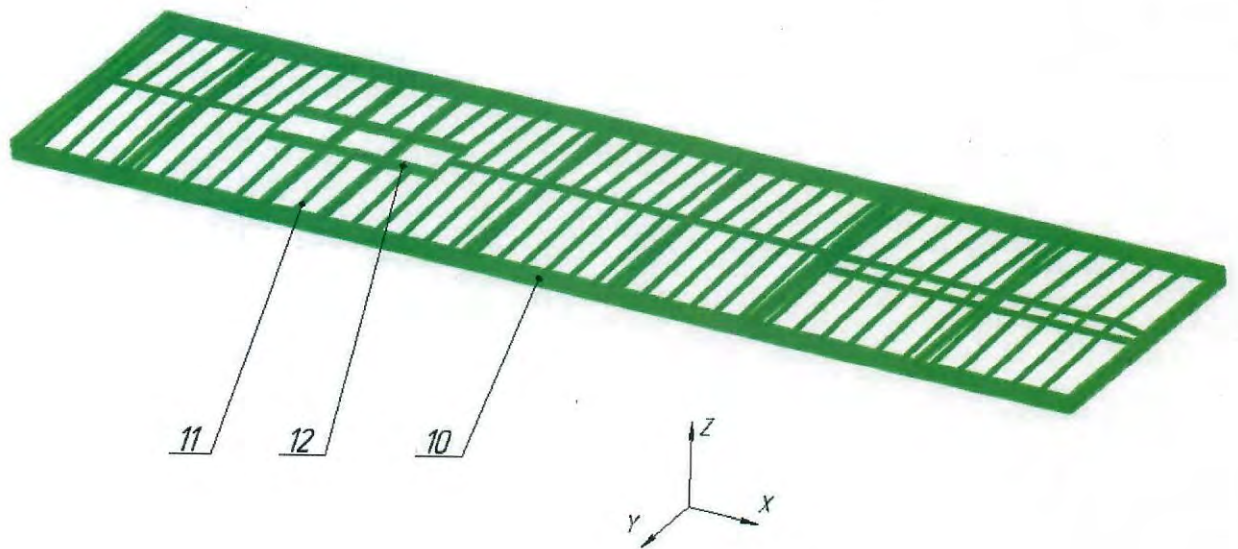


Рисунок 5.8 – Расчетная схема крыши (9-11 – балочные профили, таблица 5.4)

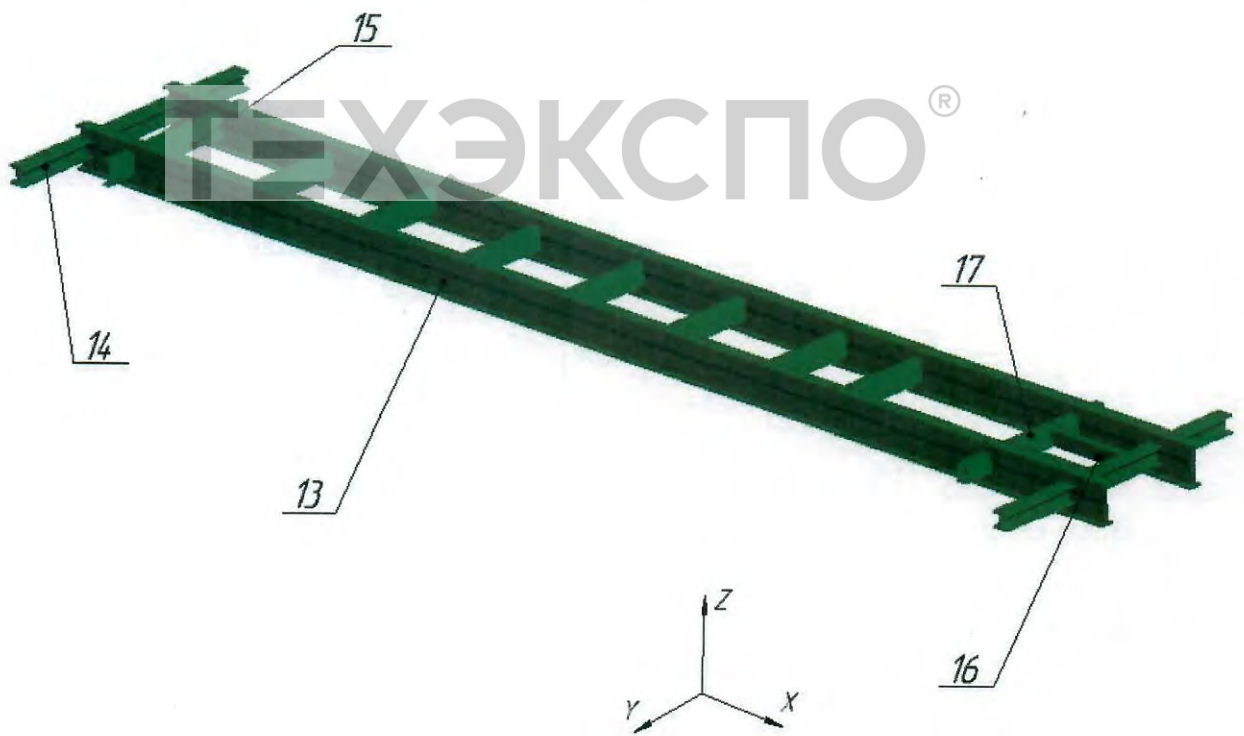


Рисунок 5.9 – Расчетная схема полуприцепа (12-15 – балочные профили, таблица 5.4)

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и

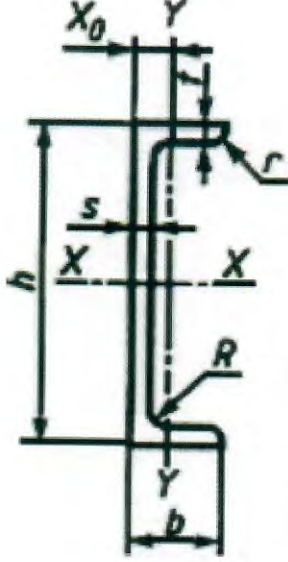
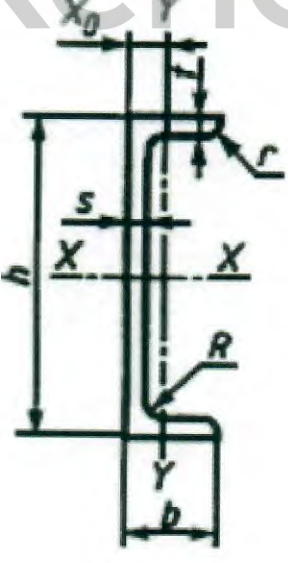
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

15

Таблица 5.4 – Геометрические характеристики балочных профилей

№	Наименование	Сечение конструкции	Жесткостные характеристики
1	Швеллер 20П ГОСТ 8240-97		$A = 23,4 \text{ см}^2$ $I_x = 1530 \text{ см}^4$ $J_y = 134 \text{ см}^4$
2,3,6	Швеллер 10П ГОСТ 8240-97		$A = 10,9 \text{ см}^2$ $I_x = 175 \text{ см}^4$ $J_y = 22,6 \text{ см}^4$

Инв.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. И
------	---------	-------	------	---------

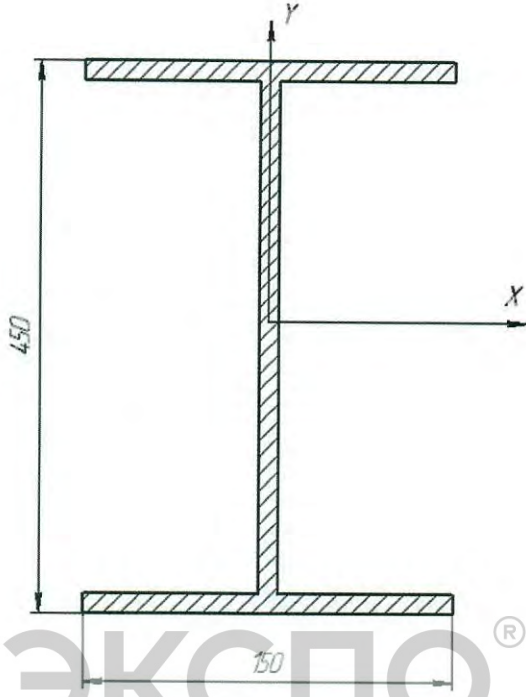
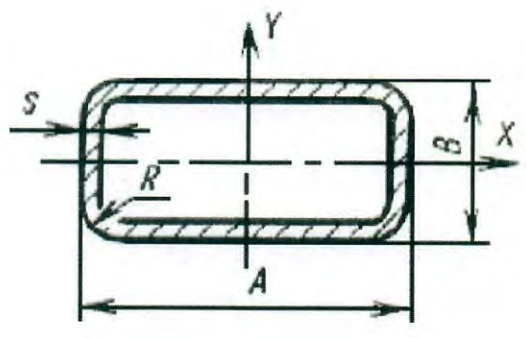
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата
------	----------	---------	------

005-03-2022

Лист

16

Продолжение таблицы 5.4 – Геометрические характеристики балочных профилей

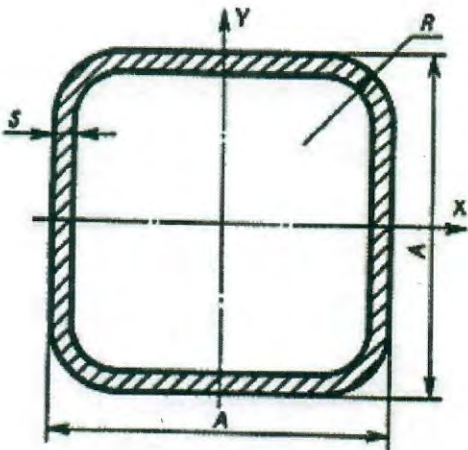
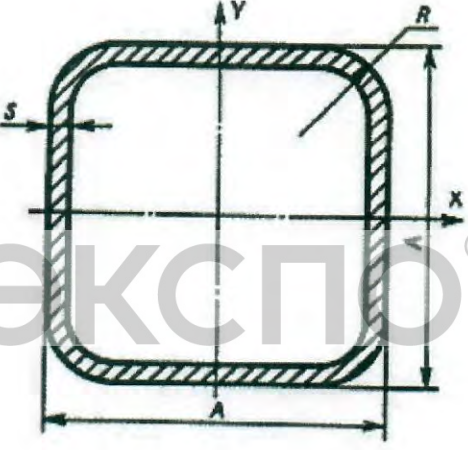
№	Наименование	Сечение конструкции	Жесткостные характеристики
13	Двутавр сварной 450х150		$A = 108 \text{ см}^2$ $I_x = 305573 \text{ см}^4$ $J_y = 856 \text{ см}^4$
4,5,7,10,12	Труба 100х50 ГОСТ 8645-68		$A = 11,08 \text{ см}^2$ $I_x = 45,75 \text{ см}^4$ $I_y = 137,5 \text{ см}^4$

ТЕХЭКСПО®

Изм.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп и

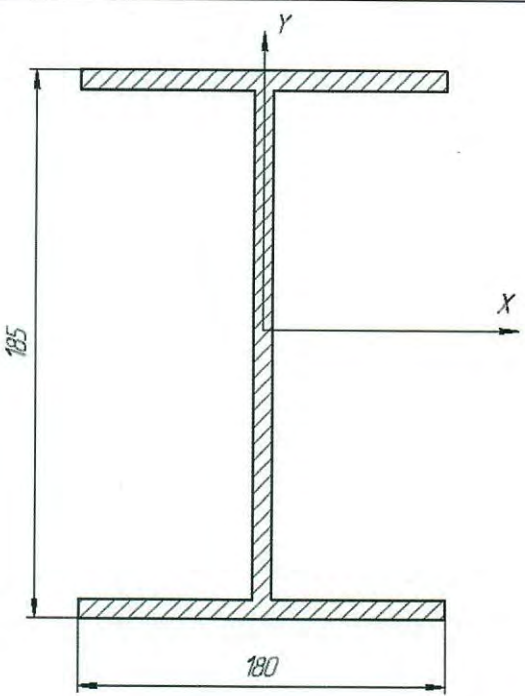
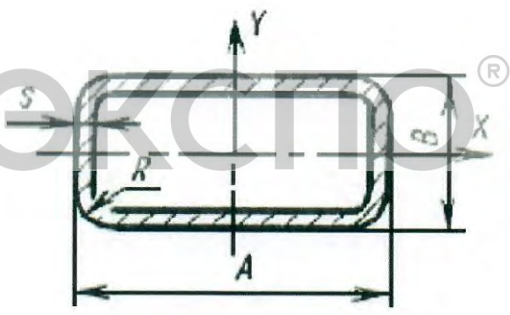
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

8	Труба 40x40x3 ГОСТ 8639-82		$A = 4,28 \text{ см}^2$ $I_x = 9,61 \text{ см}^4$ $I_y = 9,61 \text{ см}^4$
9	Труба 50x50x3 ГОСТ 8639-82		$A = 5,48 \text{ см}^2$ $I_x = 19,93 \text{ см}^4$ $I_y = 19,93 \text{ см}^4$

ТЕХЭКСПО®

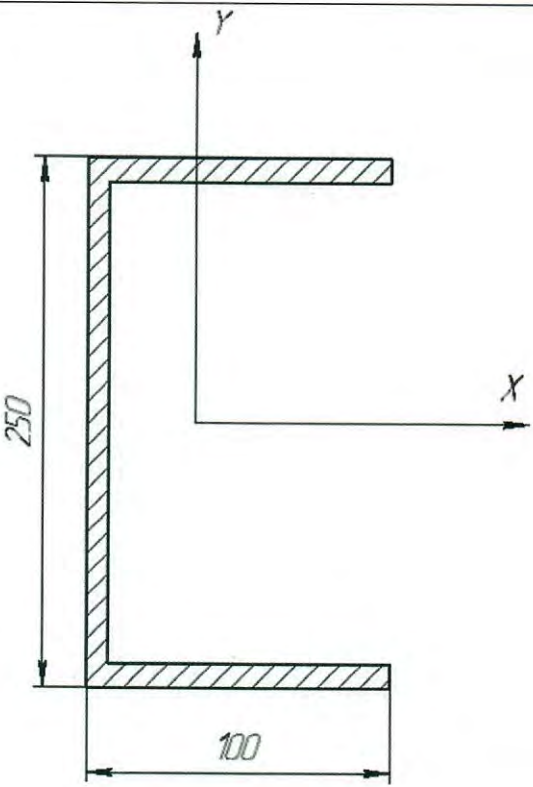
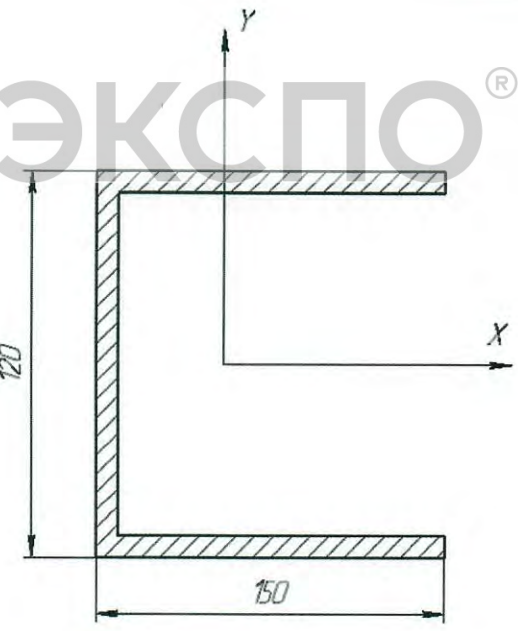
Инв.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. и

14	Двутавр сварной 185x180		$A = 69,8 \text{ см}^2$ $I_x = 1556 \text{ см}^4$ $I_y = 4364 \text{ см}^4$
17	Труба 200x120		$A = 47,54 \text{ см}^2$ $I_x = 1117 \text{ см}^4$ $I_y = 2495 \text{ см}^4$

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

15	Швеллер гнутый 250x100		$A = 26,3 \text{ см}^2$ $I_x = 2461 \text{ см}^4$ $I_y = 245 \text{ см}^4$
16	Швеллер гнутый 120x150		$A = 24,5 \text{ см}^2$ $I_x = 648 \text{ см}^4$ $I_y = 585 \text{ см}^4$

ТЕХЭКСПО®

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

5.4 Поверочный расчет на статическую прочность

5.4.1 Контейнер

В соответствии с рекомендациями [1] поверочный расчет проводится для нагрузок НЭ (нормальные условия эксплуатации), под которыми

Изм	№ докум	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

20

понимается собственный вес изделия. Для расчета использована конечно-элементная модель, описанная в разделе 5.3 и построенная с использованием многоцелевого универсального программного комплекса Зенит-95 [3].

Статическую прочность оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках каркаса изделия от действия нагрузок НЭ. Результаты расчета в виде деформированной формы изделия приведены на рисунке 5.10, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера основании контейнера - на рисунке 5.11, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ основании контейнера - на рисунке 5.12.

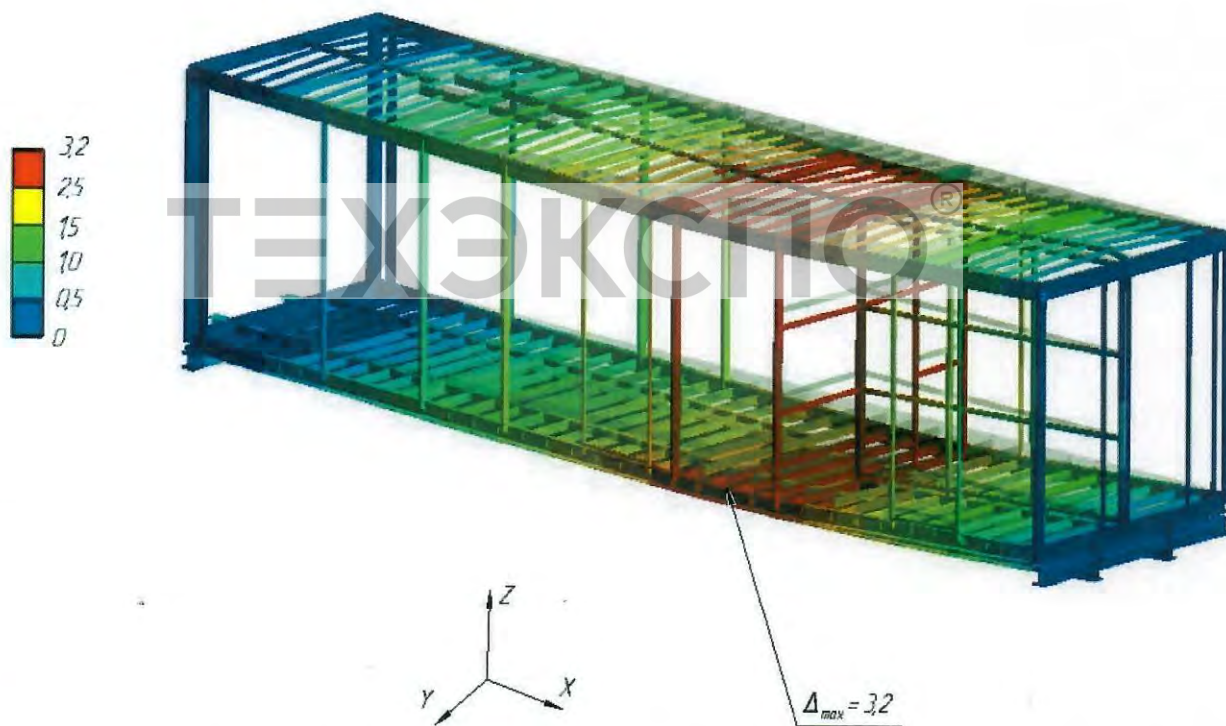


Рисунок 5.10 – Деформированная форма изделия от нагрузок НЭ (масштаб деформации 100:1)

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист
21

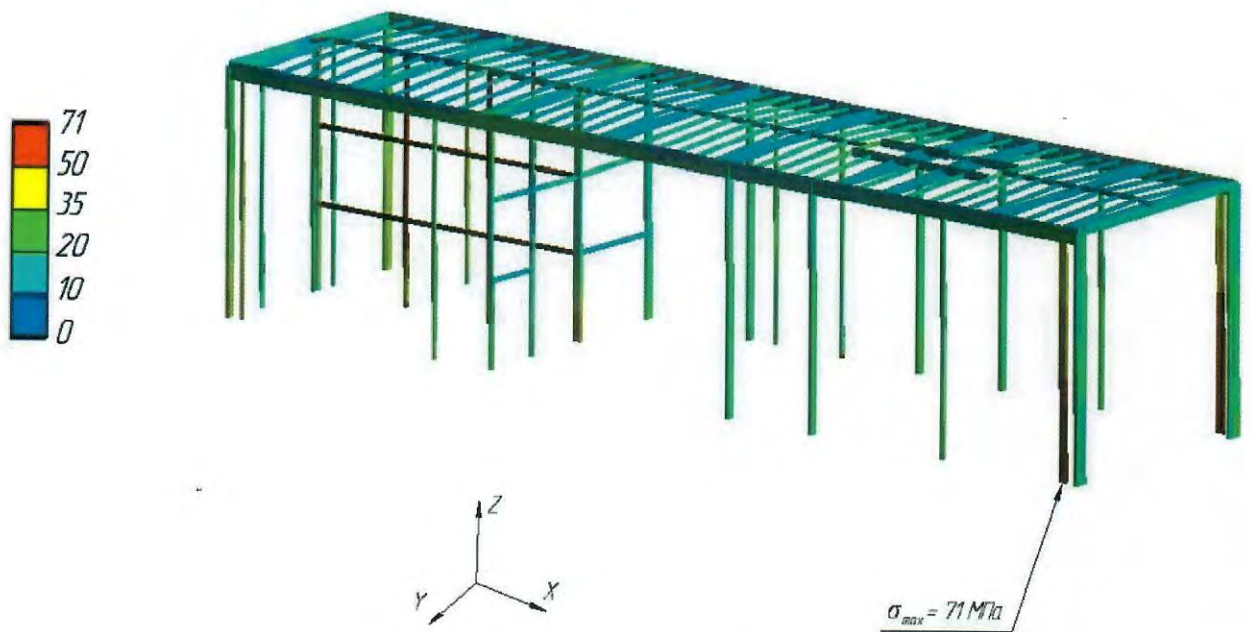


Рисунок 5.11 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера от нагрузок НЭ

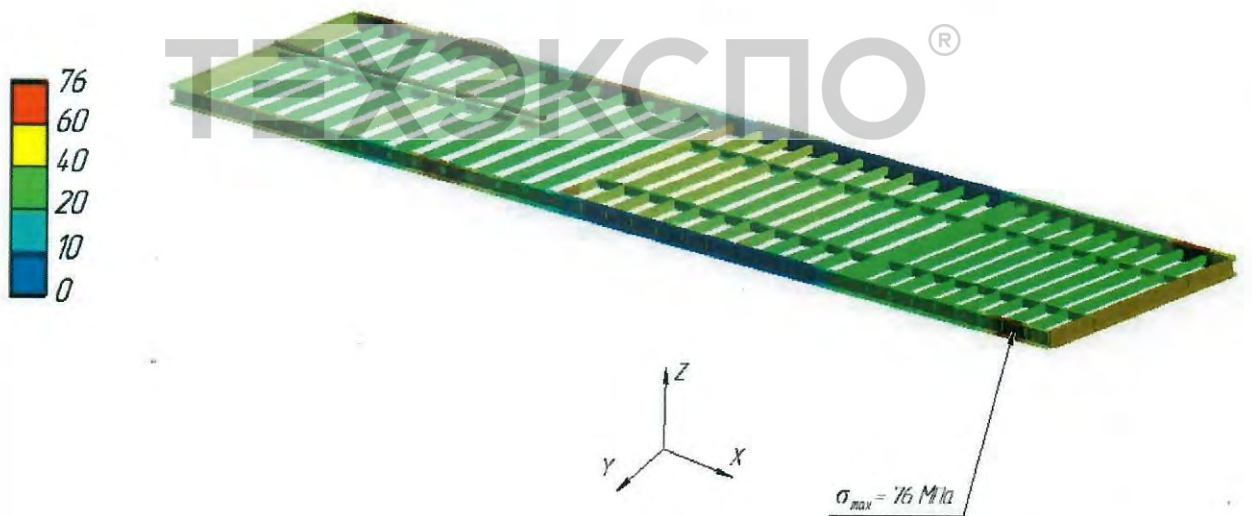


Рисунок 5.12 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера от нагрузок НЭ

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от действия нагрузок НЭ наблюдаются в швеллере 20П основания (№1 в

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

таблице 5.4) со стороны крепления ДГА и достигают величины 76 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 340 МПа (таблица 5.1).

5.4.2 Полуприцеп

Прочность при воздействиях НЭ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках рамы полуприцепа от действия нагрузок НЭ. Результаты расчета в виде эпюры суммарных перемещений и распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ от действия нагрузок НЭ в раме полуприцепа приведены на рисунках 5.13-5.14.

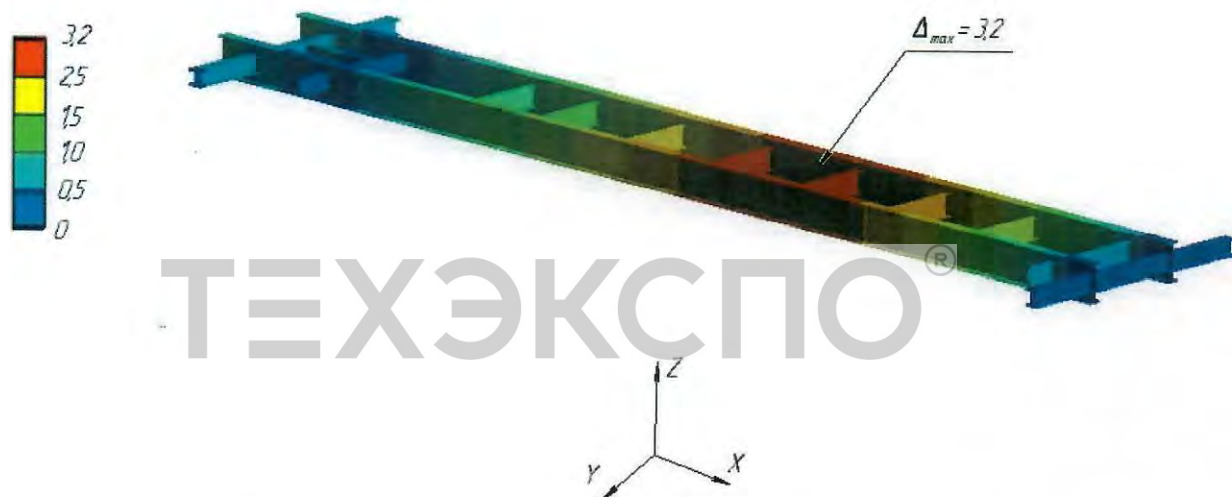


Рисунок 5.13 – Эпюра перемещений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок НЭ

Инв.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

23

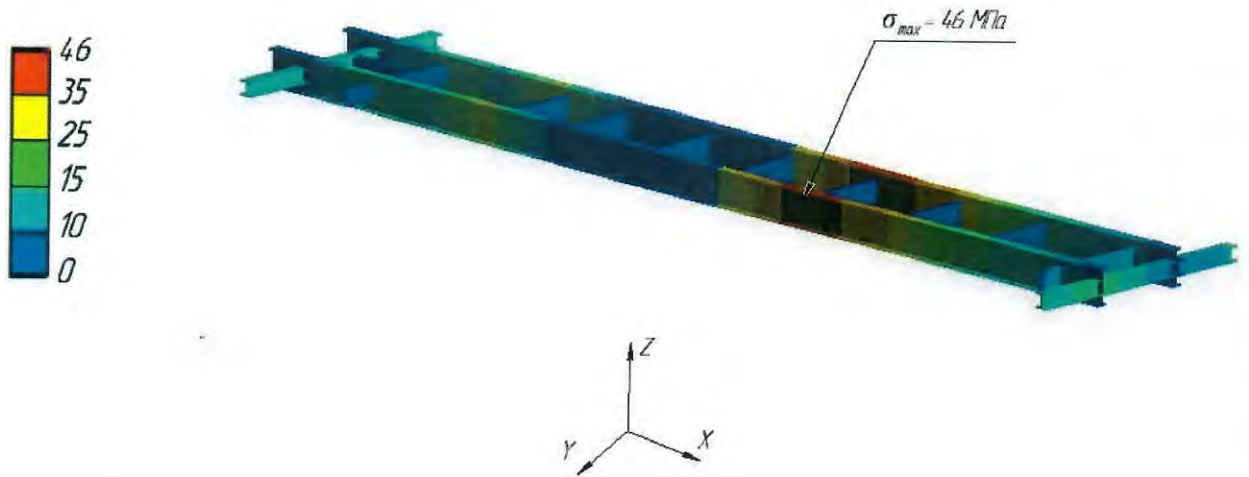


Рисунок 5.14 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок НЭ

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от действия нагрузок НЭ наблюдаются в основном двутавре (№ 12 в таблице 5.4) в центральной части и достигают величины 46 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 340 МПа[®] (таблица 5.1).

5.5 Расчетный анализ динамических характеристик

На первом этапе поверочного расчета на сейсмостойкость были определены 20 первых собственных форм и частот колебаний вплоть до частоты 30 Гц. Первые шесть форм колебаний приведены на рисунках 5.15-5.20.

Низшая расчетная частота изделия составила 3,6 Гц и обусловлена изгибными колебаниями каркаса вокруг оси X (вдоль оси Y). Вторая частота составила 4,3 Гц и обусловлена изгибными колебаниями каркаса вокруг оси Y (вдоль оси X). Третья частота составила 4,4 Гц обусловлена изгибными колебаниями каркаса вокруг оси Y (вдоль оси X).

Инев.	Подп. И	Взам.	Инев.	Подп. и	005-03-2022	Лист
						24
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата			



Рисунок 5.15 – 1-ая форма собственных колебаний



Рисунок 5.16 – 2-ая форма собственных колебаний

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

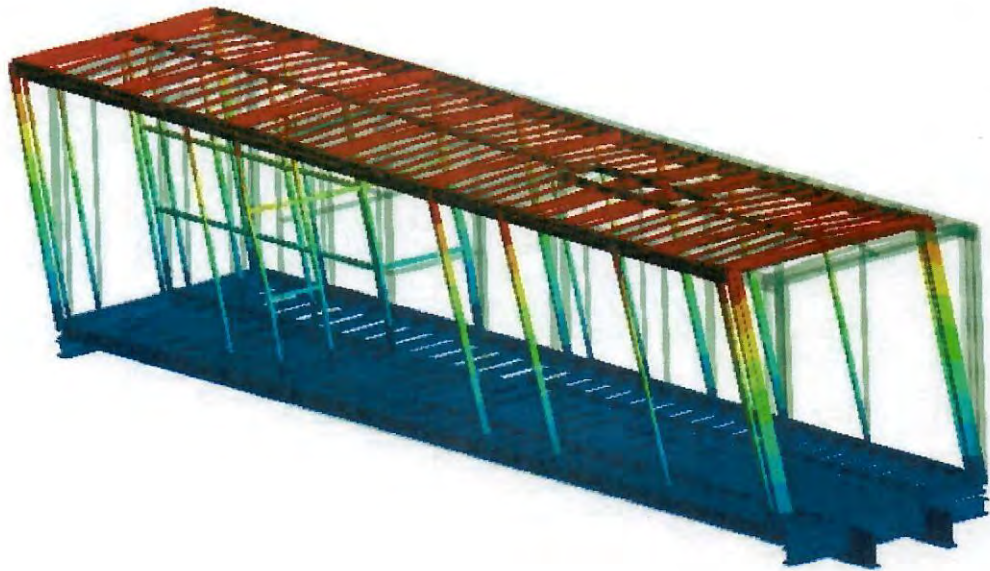


Рисунок 5.17 – 3-я форма собственных колебаний

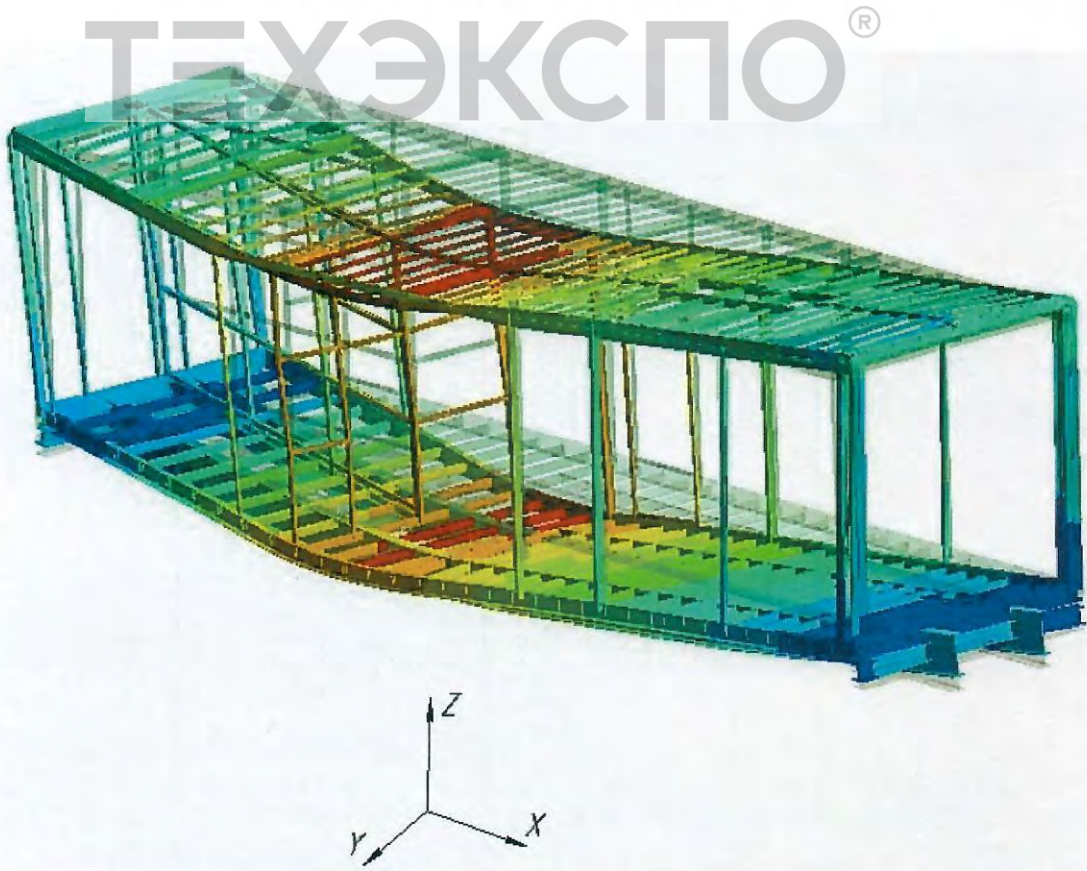


Рисунок 5.18 – 4-я форма собственных колебаний

Подп. и

Инв.

Взам.

Подп. И

Инв.

Изм.

№ докум.

Подпись Дата

005-03-2022

Лист

26

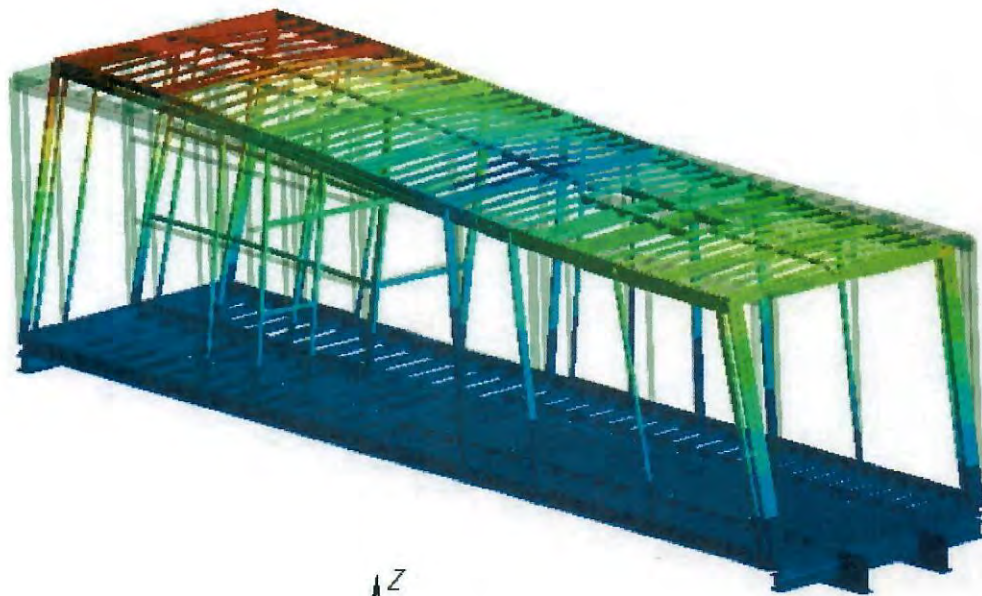


Рисунок 5.19 – 5-я форма собственных колебаний

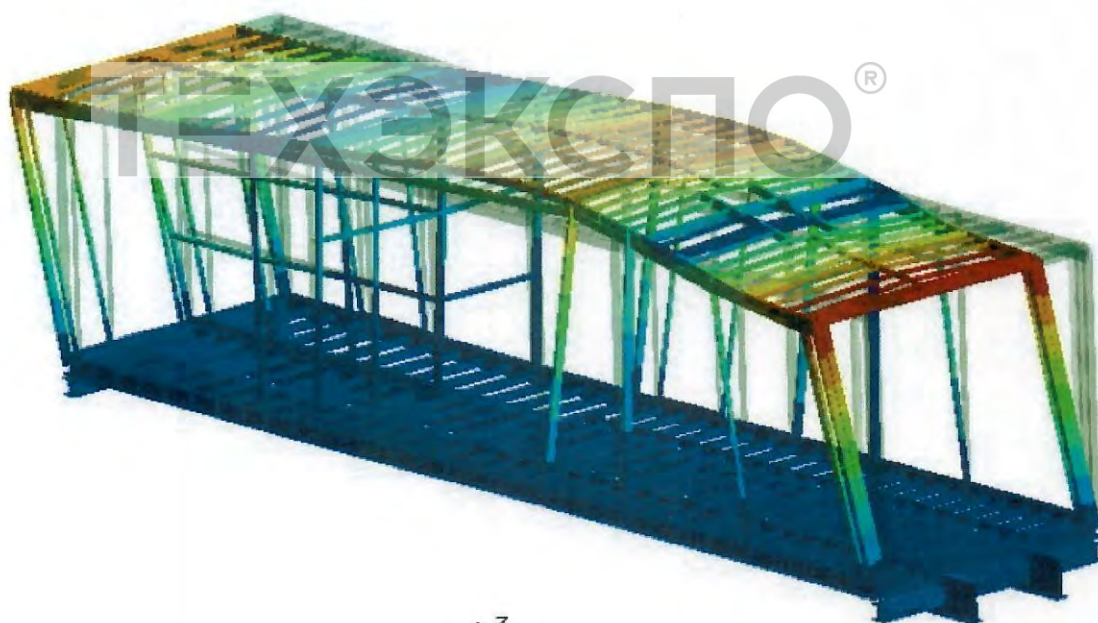


Рисунок 5.20 – 6-я форма собственных колебаний

Инов.	Подп. И	Взам.	Инов.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

5.6 Расчетное обоснование сейсмостойкости на режиме НЭ+ПЗ

5.6.1 Контейнер

Прочность при сейсмических воздействиях уровня ПЗ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках каркаса контейнера от совместного действия сейсмических нагрузок. Результаты расчета в виде эпюры перемещений изделия от совместного действия нагрузок НЭ+ПЗ приведены на рисунке 5.21, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера - на рисунке 5.22, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера - на рисунке 5.23.

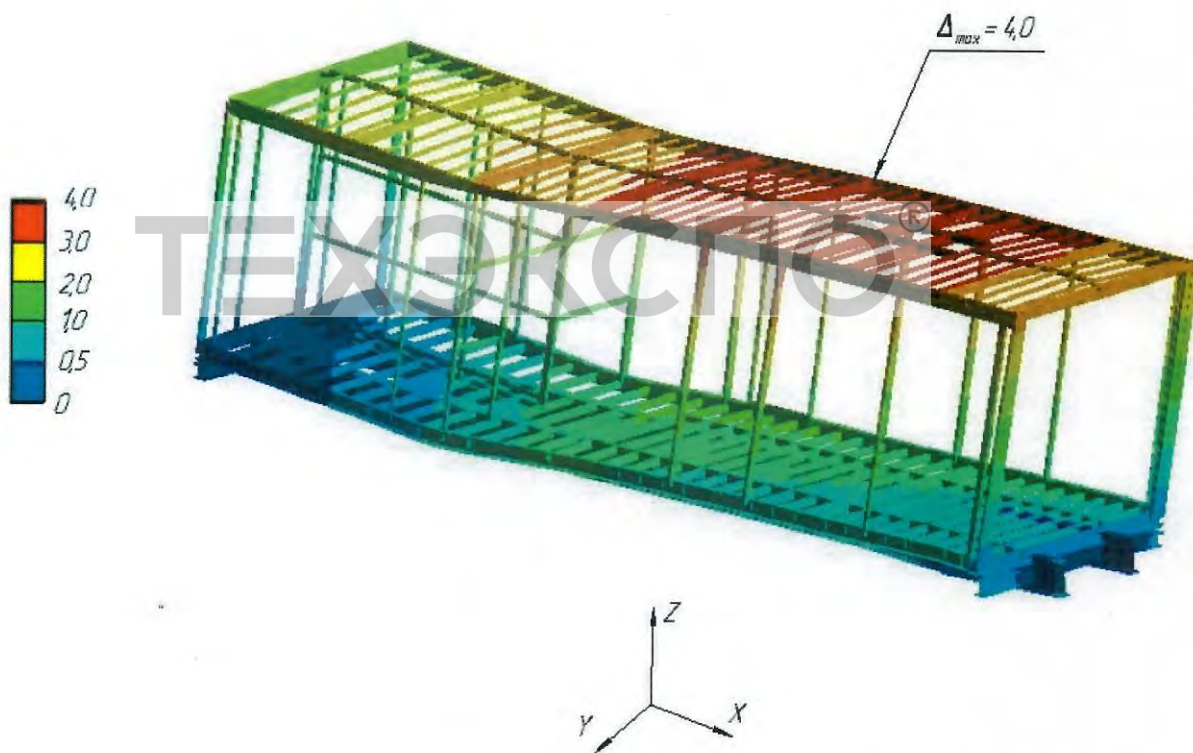


Рисунок 5.21 – Эпюра перемещений от нагрузок НЭ+ПЗ (масштаб деформации 150:1)

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

28

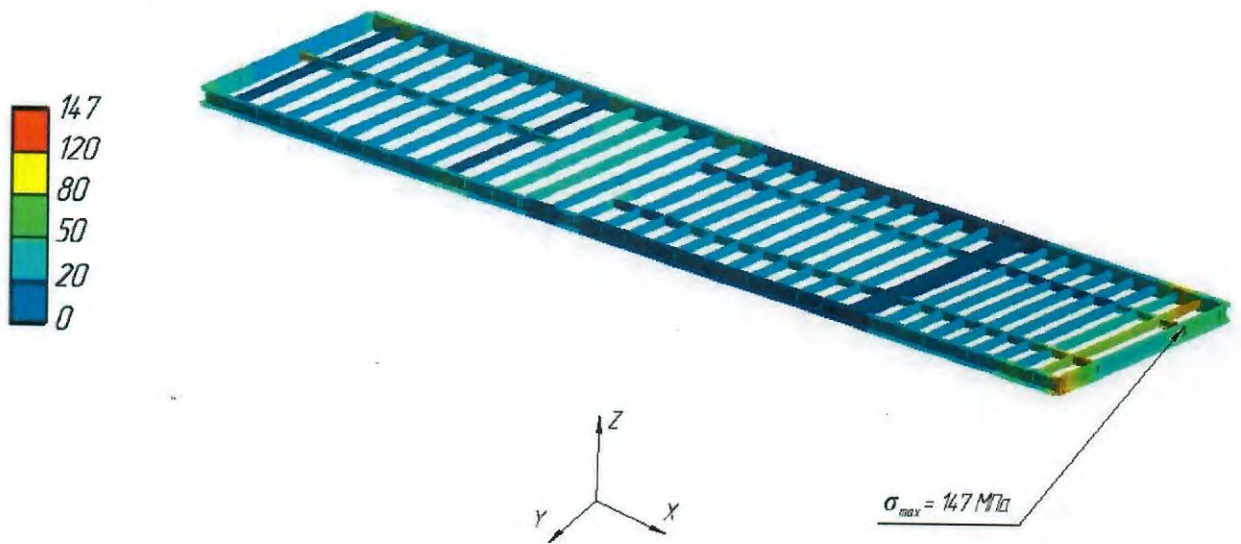


Рисунок 5.22 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера от нагрузок НЭ+ПЗ



Рисунок 5.23 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера от нагрузок НЭ+ПЗ

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ и ПЗ наблюдаются в швеллере основания в районе крепления ДГА и достигают величины 147 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 340 МПа (таблица 5.1).

5.6.2 Полуприцеп

Прочность при сейсмических воздействиях НЭ+ПЗ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках рамы полуприцепа от совместного действия сейсмических нагрузок. Результаты расчета в виде эпюры суммарных перемещений и распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ+ПЗ в раме полуприцепа приведены на рисунках 5.24-5.25.

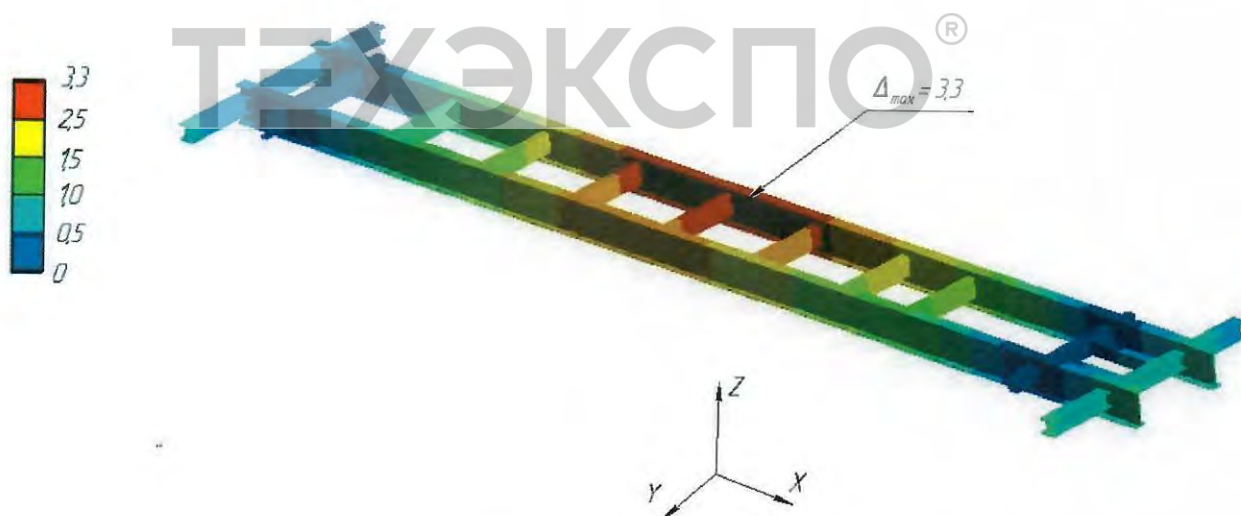


Рисунок 5.24 – Эпюра перемещений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок НЭ+ПЗ

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и
------	---------	-------	------	---------

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

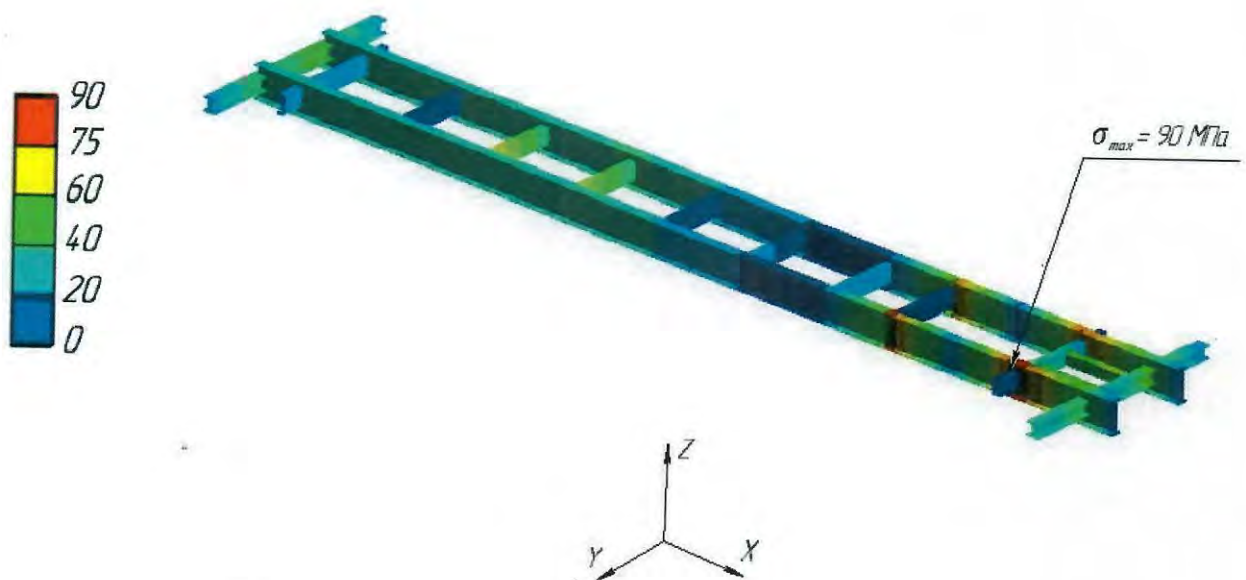


Рисунок 5.25 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок НЭ+ПЗ

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ+ПЗ наблюдаются в основном двутавре в районе крепления ДГА и достигают величины 90 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 340 МПа (таблица 5.1).

5.6.3 Болты

От совместного действия нагрузок НЭ и ПЗ в четырнадцать болтах М20 крепления ДГА к основанию контейнера возникают осевые растягивающие усилия N_z и перерезывающие силы Q_y и Q_z . Усилия определены линейно-спектральным методом и в наиболее нагруженном болте составляют:

$$N_z = 4,30 \text{ кН}, Q_y = 1,51 \text{ кН}, Q_z = 1,16 \text{ кН}.$$

Оценим прочность болтов М20 класса прочности 5.8.

В соответствии с рекомендациями норм [2] для расчета прочности учтем усилия затяжки болтов.

Величину начального усилия F_{0w} затяга болта найдем из зависимости [4]:

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

$$F_{0w} = \frac{M_{кл}}{\zeta_1 d_0} = \frac{224}{0,37 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 30,3 \text{ кН},$$

где $M_{кл} = 0,07R_{p0,2}d_0^3 = 0,07 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^3 = 224 \text{ Нм}$ – момент на ключе при затяжке [4];

$d_0 = 20 \text{ мм}$ – наружный диаметр резьбы болта;

$\zeta_1 = 0,37$ – коэффициент, выбираемый по рекомендациям Норм [2];

$R_{p0,2} = 400 \text{ МПа}$ – предел текучести материала болта класса прочности 5.8.

Проверим условие нераскрытия стыка:

$$F_{0w} \geq (1-\chi)N_1,$$

где χ – коэффициент нагрузки, зависящий от податливости болта и стягиваемых деталей (принимаем $\chi = 0,2$);

Условие нераскрытия стыка:

$$30,3 \text{ кН} \geq (1-0,2) \cdot 4,30 = 3,44 \text{ кН}.$$

Следовательно, в результате максимального сейсмического воздействия НЭ+ПЗ условие нераскрытия стыка вблизи наиболее нагруженного болта крепления выполняется.

Максимальные напряжения растяжения в болте крепления составят:

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{F_{0w} + 0,2N_1}{A_w} = \frac{30300 + 0,2 \cdot 4300}{276,7 \cdot 10^{-6}} = 112 \cdot 10^6 \text{ Па} = 112 \text{ МПа},$$

где $A_w = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi 18,7^2}{4} = 276,7 \text{ мм}^2 = 276,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения болта М20 по внутреннему диаметру резьбы.

Таким образом, при сочетании нагрузок НЭ+ПЗ максимальные напряжения растяжения в болтах М20 $(\sigma_s)_{mw} = 112 \text{ МПа}$ не превышают допустимое значение 300 МПа (таблица 5.1).

Оценим касательные напряжения среза $(\tau_s)_s$ в болте М20 крепления.

Касательные напряжения среза болта М20 составляют:

$$(\tau_s)_s = \frac{Q}{A_w} = \frac{1900}{276,7 \cdot 10^{-6}} = 7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 7 \text{ МПа},$$

где Q – суммарная перерезывающая сила, равная

Подп и
Инв.
Взам.
Подп. И
Инв.

					005-03-2022	Лист
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата			32

$$Q = \sqrt{Q_y^2 + Q_z^2} = \sqrt{1,51^2 + 1,16^2} = 1,90 \text{ кН};$$

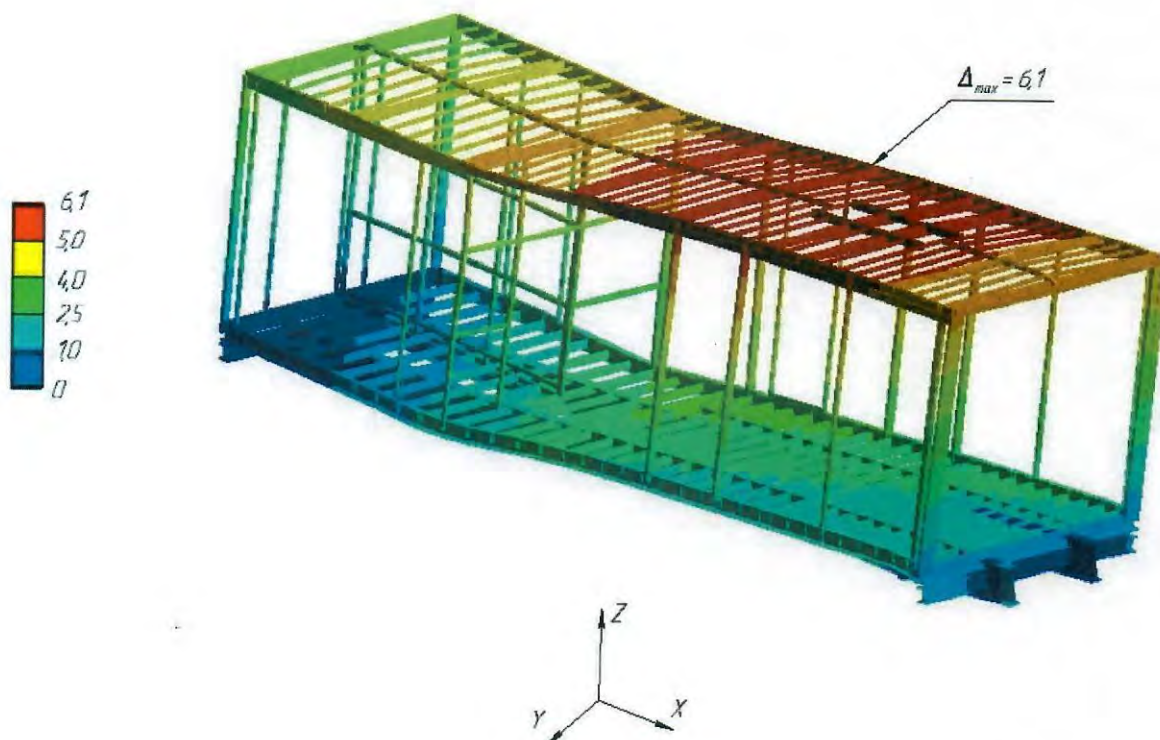
что не превышает допустимое значение 140 МПа (таблица 5.2).

Таким образом, прочность болтов М20 класса прочности 5.8 крепления ДГА на режиме НЭ+ПЗ обеспечена.

5.7 Расчетное обоснование сейсмостойкости на режиме НЭ+МРЗ

5.7.1 Контейнер

Прочность при сейсмических воздействиях уровня МРЗ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках каркаса контейнера от совместного действия сейсмических нагрузок. Результаты расчета в виде эпюры перемещений изделия от совместного действия нагрузок НЭ+МРЗ приведены на рисунке 5.26, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера - на рисунке 5.27, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера - на рисунке 5.28.



Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и
------	---------	-------	------	---------

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

005-03-2022

Лист

33

Рисунок 5.26 – Эпюра перемещений категории $(\sigma_s)_2$ от нагрузок НЭ+МРЗ
(масштаб деформации 100:1)



Рисунок 5.27 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера от нагрузок НЭ+МРЗ

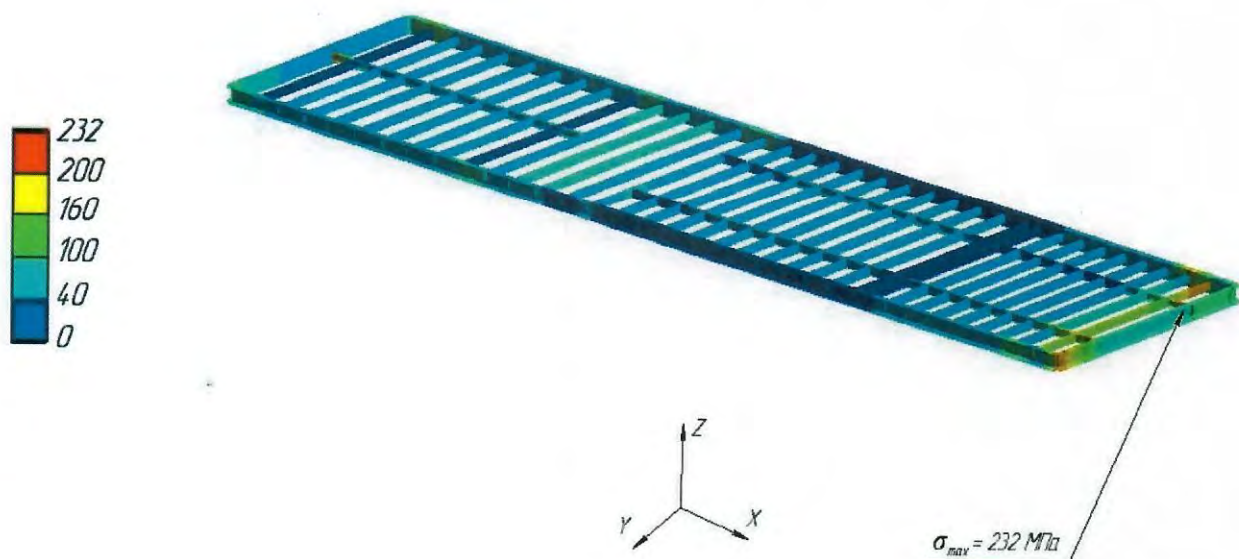


Рисунок 5.28 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера от нагрузок НЭ+МРЗ

Подп. и	Инв.	Взам.	Подп. И	Инв.
---------	------	-------	---------	------

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

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ и МРЗ наблюдаются в швеллере основания в районе крепления ДГА и достигают величины 232 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2).

5.7.2 Полуприцеп

Прочность при сейсмических воздействиях НЭ+МРЗ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках рамы полуприцепа от совместного действия сейсмических нагрузок. Результаты расчета в виде эпюры суммарных перемещений и распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ+МРЗ в раме полуприцепа приведены на рисунках 5.29-5.30.

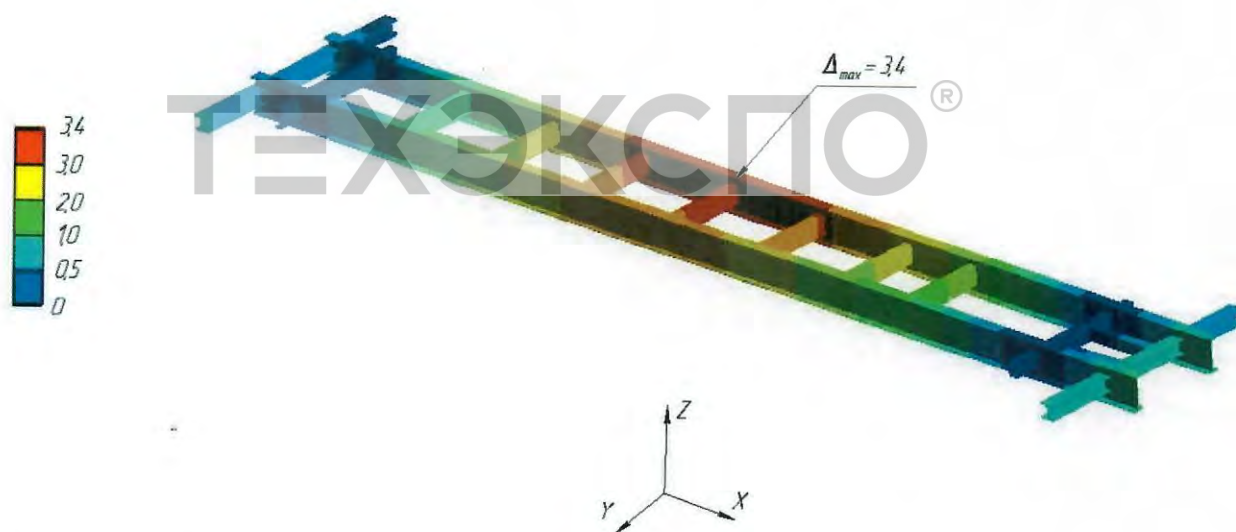


Рисунок 5.29 – Эпюра перемещений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок НЭ+МРЗ

Подп. и	Инов.	Взам.	Подп. И	Инов.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

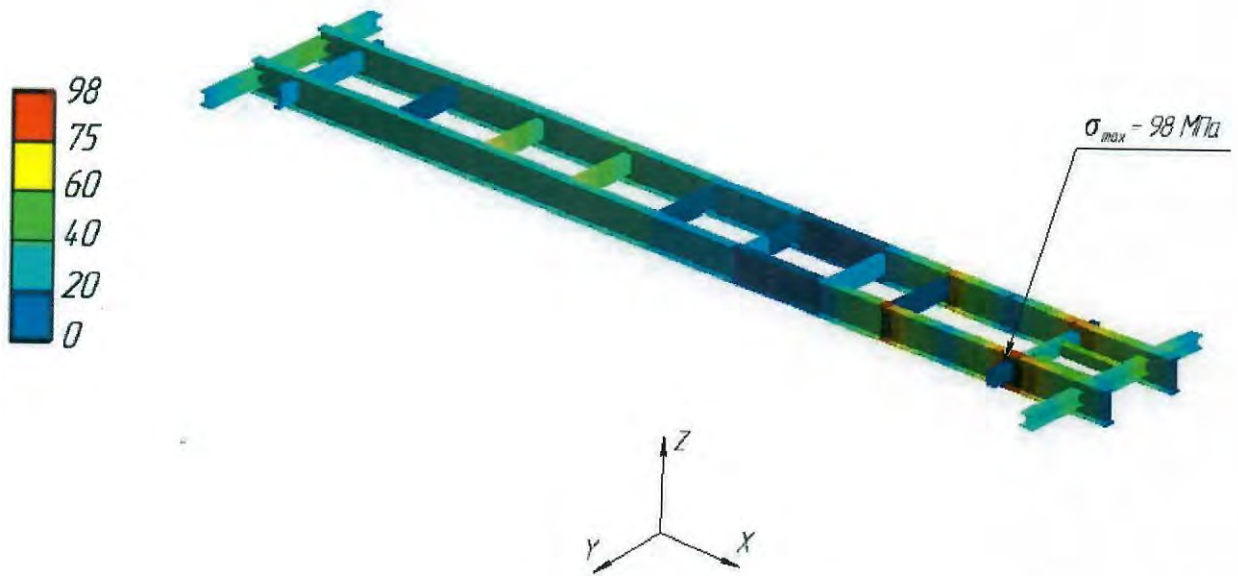


Рисунок 5.30 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок НЭ+МРЗ

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ+МРЗ наблюдаются в основном двутавре в районе крепления ДГА и достигают величины 98 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2).

5.7.3 Болты

От совместного действия нагрузок НЭ и МРЗ в четырнадцати болтах М20 крепления ДГА к основанию контейнера возникают осевые растягивающие усилия N_z и перерезывающие силы Q_y и Q_z . Усилия определены линейно-спектральным методом и в наиболее нагруженном болте составляют:

$$N_z = 4,77 \text{ кН}, Q_y = 1,65 \text{ кН}, Q_z = 1,27 \text{ кН}.$$

Оценим прочность болтов М20 класса прочности 5.8.

В соответствии с рекомендациями норм [2] для расчета прочности учтем усилия затяжки болтов.

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

Величину начального усилия F_{0w} затяга болта найдем из зависимости [4]:

$$F_{0w} = \frac{M_{кл}}{\zeta_1 d_0} = \frac{224}{0,37 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 30,3 \text{ кН},$$

где $M_{кл} = 0,07 R_{p0,2} d_0^3 = 0,07 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^3 = 224 \text{ Нм}$ – момент на ключе при затяжке [4];

$d_0 = 20 \text{ мм}$ – наружный диаметр резьбы болта;

$\zeta_1 = 0,37$ – коэффициент, выбираемый по рекомендациям Норм [2];

$R_{p0,2} = 400 \text{ МПа}$ – предел текучести материала болта класса прочности 5.8.

Проверим условие нераскрытия стыка:

$$F_{0w} \geq (1-\chi)N_1,$$

где χ – коэффициент нагрузки, зависящий от податливости болта и стягиваемых деталей (принимаем $\chi = 0,2$);

Условие нераскрытия стыка:

$$30,3 \text{ кН} \geq (1-0,2) \cdot 4,77 = 3,82 \text{ кН}.$$

Следовательно, в результате максимального сейсмического воздействия НЭ+МРЗ условие нераскрытия стыка вблизи наиболее нагруженного болта крепления выполняется.

Максимальные напряжения растяжения в болте крепления составят:

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{F_{0w} + 0,2N_1}{A_w} = \frac{30300 + 0,2 \cdot 4770}{276,7 \cdot 10^{-6}} = 113 \cdot 10^6 \text{ Па} = 113 \text{ МПа},$$

где $A_w = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi 18,7^2}{4} = 276,7 \text{ мм}^2 = 276,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения болта М20 по внутреннему диаметру резьбы.

Таким образом, при сочетании нагрузок НЭ+МРЗ максимальные напряжения растяжения в болтах М20 $(\sigma_s)_{mw} = 113 \text{ МПа}$ не превышают допускаемое значение 280 МПа (таблица 5.2).

Оценим касательные напряжения среза $(\tau_s)_s$ в болте М20 крепления.

Касательные напряжения среза болта М20 составляют:

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

37

$$(\tau_s)_s = \frac{Q}{A_w} = \frac{2082}{276,7 \cdot 10^{-6}} = 8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 8 \text{ МПа},$$

где Q – суммарная перерезывающая сила, равная

$$Q = \sqrt{Q_y^2 + Q_z^2} = \sqrt{1,65^2 + 1,27^2} = 2,08 \text{ кН};$$

что не превышает допустимое значение 140 МПа (таблица 5.2).

Таким образом, прочность болтов М20 класса прочности 5.8 крепления ДГА на режиме НЭ+МРЗ обеспечена.

5.8 Расчетное обоснование сейсмостойкости на режиме 1,4МРЗ

5.8.1 Контейнер

Прочность при сейсмических воздействиях 1,4МРЗ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках каркаса контейнера от совместного действия сейсмических нагрузок. Результаты расчета в виде эпюры перемещений изделия от совместного действия нагрузок НЭ+1,4МРЗ приведены на рисунке 5.31, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера - на рисунке 5.32, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера - на рисунке 5.33.

Инов.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. и
-------	---------	-------	------	---------

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

005-03-2022

Лист

38

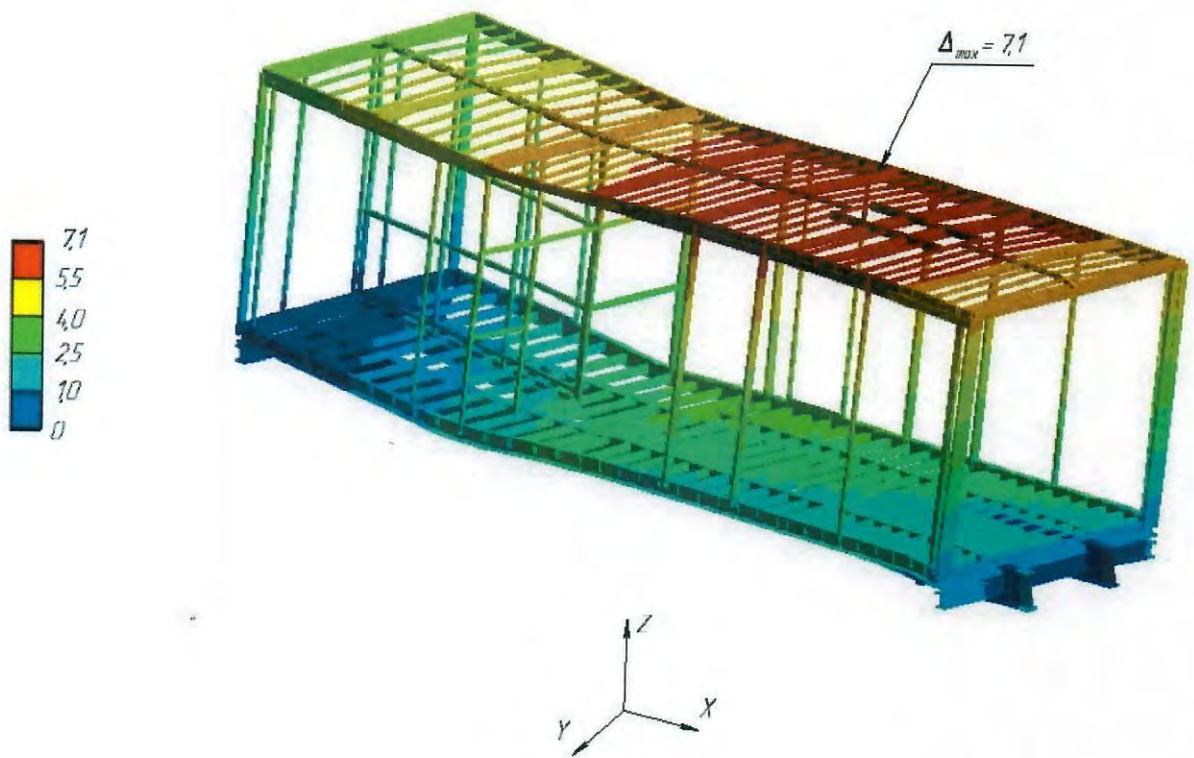


Рисунок 5.31 – Эпюра перемещений от нагрузок НЭ+1,4МРЗ (масштаб деформации 100:1)

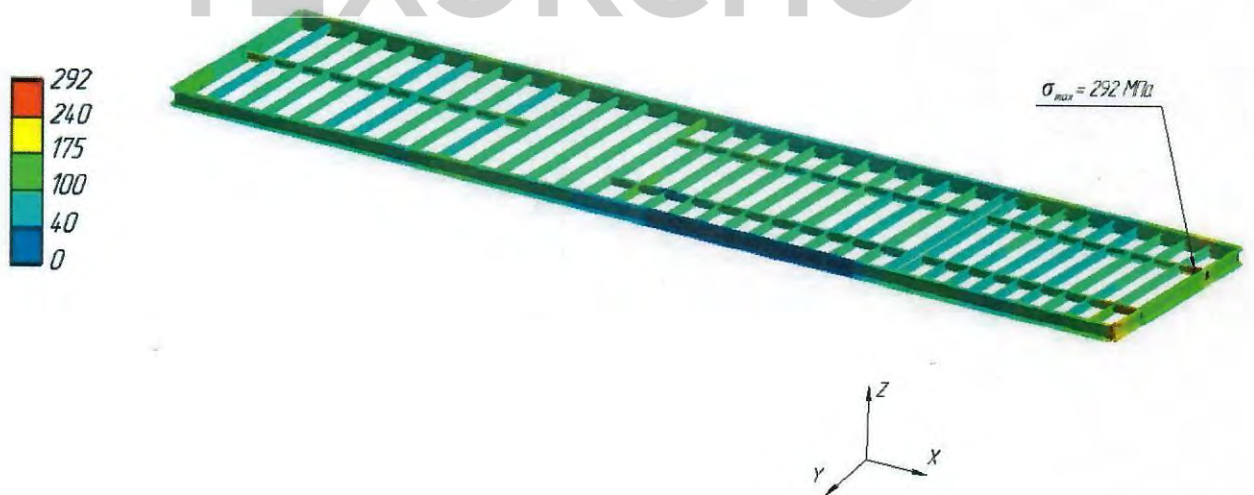


Рисунок 5.32 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера от нагрузок 1,4МРЗ

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

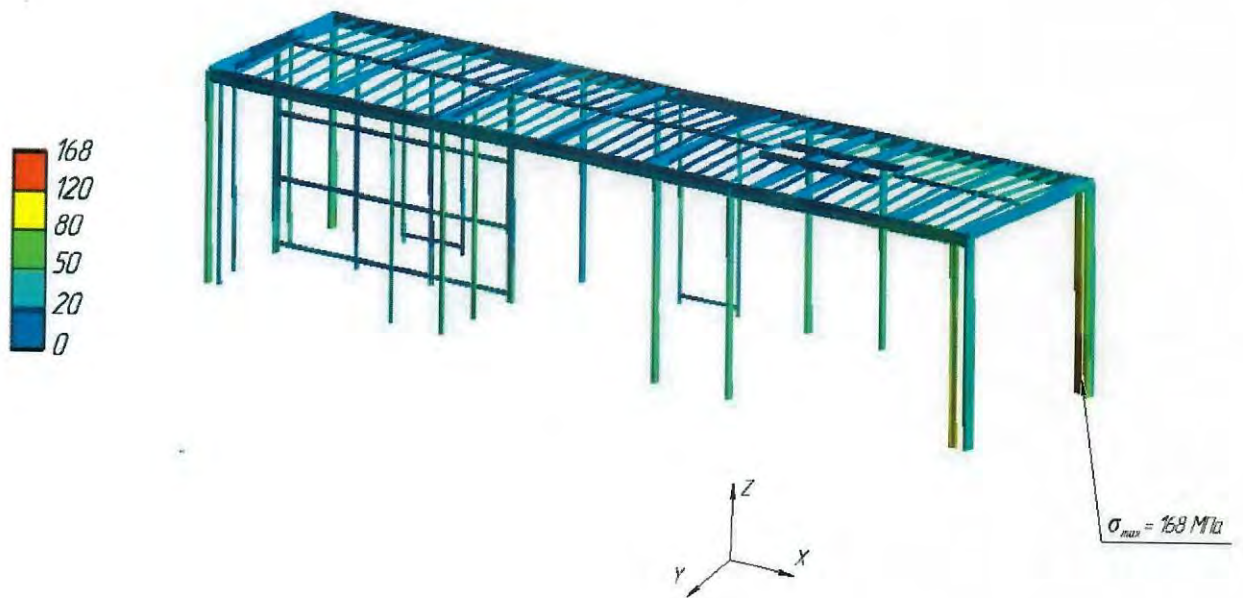


Рисунок 5.33 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера от нагрузок 1,4МРЗ

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок 1,4МРЗ наблюдаются в швеллере основания в районе крепления ДГА и достигают величины 292 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2).

5.8.2 Полуприцеп

Прочность при сейсмических воздействиях НЭ+1,4МРЗ оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках рамы полуприцепа от совместного действия сейсмических нагрузок. Результаты расчета в виде эпюры суммарных перемещений и распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ+1,4МРЗ в раме полуприцепа приведены на рисунках 5.34-5.35.

Инев.	Подп. И	Взам.	Инев.	Подп. и
-------	---------	-------	-------	---------

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

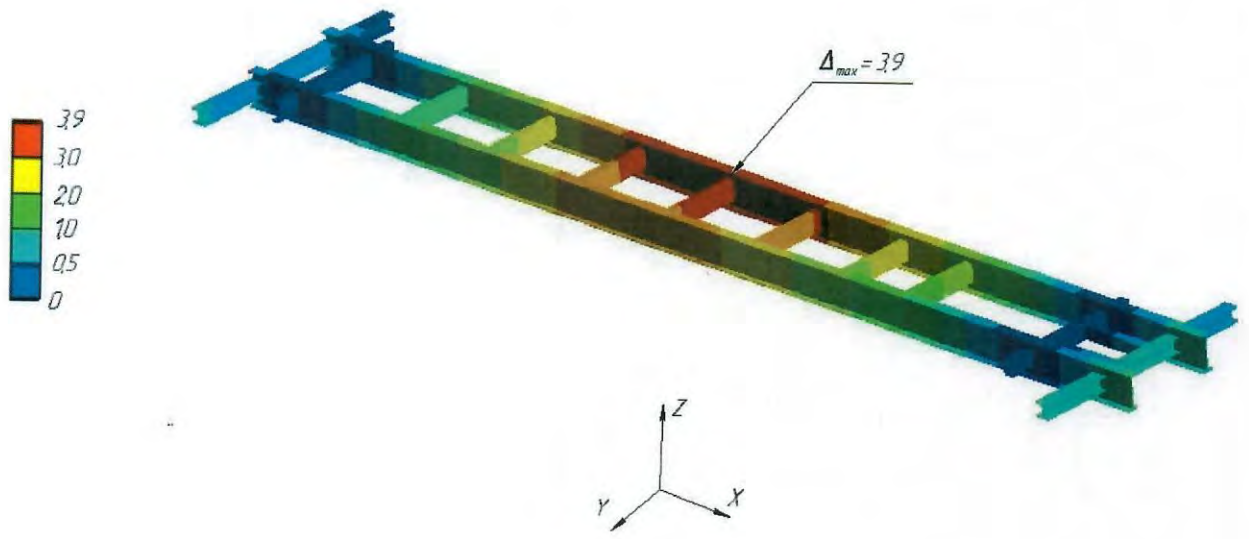


Рисунок 5.34 – Эпюра суммарных перемещений в раме полуприцепа от нагрузок 1,4МРЗ



Рисунок 5.35 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа от нагрузок 1,4МРЗ

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ от совместного действия нагрузок НЭ+1,4МРЗ наблюдаются в основном двутавре в районе крепления ДГА и достигают величины 115 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2).

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

5.8.3 Болты

От совместного действия нагрузок НЭ и 1,4МРЗ в четырнадцать болтах М20 крепления ДГА к основанию контейнера возникают осевые растягивающие усилия N_z и перерезывающие силы Q_y и Q_z . Усилия определены линейно-спектральным методом и в наиболее нагруженном болте составляют:

$$N_z = 5,25 \text{ кН}, Q_y = 2,48 \text{ кН}, Q_z = 2,17 \text{ кН}.$$

Оценим прочность болтов М20 класса прочности 5.8.

В соответствии с рекомендациями норм [2] для расчета прочности учтем усилия затяжки болтов.

Величину начального усилия F_{0w} затяга болта найдем из зависимости [4]:

$$F_{0w} = \frac{M_{\text{кл}}}{\zeta_1 d_0} = \frac{224}{0,37 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 30,3 \text{ кН},$$

где $M_{\text{кл}} = 0,07 R_{p0,2} d_0^3 = 0,07 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^3 = 224 \text{ Нм}$ – момент на ключе при затяжке [4];

$d_0 = 20 \text{ мм}$ – наружный диаметр резьбы болта;

$\zeta_1 = 0,37$ – коэффициент, выбираемый по рекомендациям Норм [2];

$R_{p0,2} = 400 \text{ МПа}$ – предел текучести материала болта класса прочности 5.8.

Проверим условие нераскрытия стыка:

$$F_{0w} \geq (1-\chi)N_1,$$

где χ – коэффициент нагрузки, зависящий от податливости болта и стягиваемых деталей (принимаем $\chi = 0,2$);

Условие нераскрытия стыка:

$$30,3 \text{ кН} \geq (1-0,2) \cdot 5,25 = 4,20 \text{ кН}.$$

Следовательно, в результате максимального сейсмического воздействия НЭ+1,4МРЗ условие нераскрытия стыка вблизи наиболее нагруженного болта крепления выполняется.

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

42

Максимальные напряжения растяжения в болте крепления составят:

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{F_{0w} + 0,2N_1}{A_w} = \frac{30300 + 0,2 \cdot 5250}{276,7 \cdot 10^{-6}} = 113 \cdot 10^6 \text{ Па} = 113 \text{ МПа},$$

где $A_w = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi 18,7^2}{4} = 276,7 \text{ мм}^2 = 276,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения болта М20 по внутреннему диаметру резьбы.

Таким образом, при сочетании нагрузок НЭ+1,4МРЗ максимальные напряжения растяжения в болтах М20 $(\sigma_s)_{mw} = 113 \text{ МПа}$ не превышают допустимое значение 280 МПа (таблица 5.2).

Оценим касательные напряжения среза $(\tau_s)_s$ в болте М20 крепления.

Касательные напряжения среза болта М20 составляют:

$$(\tau_s)_s = \frac{Q}{A_w} = \frac{3295}{276,7 \cdot 10^{-6}} = 12 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12 \text{ МПа},$$

где Q – суммарная перерезывающая сила, равная

$$Q = \sqrt{Q_y^2 + Q_z^2} = \sqrt{2,48^2 + 2,17^2} = 3,295 \text{ кН};$$

что не превышает допустимое значение 140 МПа (таблица 5.2).

Таким образом, прочность болтов М20 класса прочности 5.8 крепления ДГА на режиме НЭ+1,4МРЗ обеспечена.

5.9 Оценка прочности фитингов крепления ДГА

От совместного действия нагрузок НЭ и МРЗ в четырех угловых фитингах крепления изделия к шасси возникают вертикальные N_z и горизонтальные Q_y и Q_z усилия. Усилия определены линейно-спектральным методом и в наиболее нагруженном фитинге составляют:

$$N_z = 84,3 \text{ кН}, Q_y = 53,7 \text{ кН}, Q_z = 46,7 \text{ кН}.$$

Максимальные допускаемые усилия, передаваемые на угловые фитинги 40-футового контейнера составляют 150 кН как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, что не превышает действующие величины при действии нагрузок НЭ+МРЗ.

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. и	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

5.10 Расчетное обоснование сейсмостойкости при действии внешней ударной волны

Для расчета использована конечно-элементная модель, описанная в разделе 5.3 и построенная с использованием многоцелевого универсального программного комплекса Зенит-95 [3].

Давление во фронте ударной волны прикладывалось эквивалентной силой к боковым балкам каркаса (рисунок 5.36). Величина эквивалентной силы $F_{уд}$ определялась по формуле:

$$F_{уд} = p_0 \cdot S = 30 \cdot 42,9 = 1287 \text{ кН (около 130 тс),}$$

где p_0 – давление во фронте ударной волны,

$$p_0 = 30 \text{ кПа;}$$

S – площадь боковой стороны изделия (контейнера),

$$S = b \cdot h = 13 \cdot 3,3 = 42,9 \text{ м}^2;$$

$b = 13 \text{ м.}, h = 3,3 \text{ м.}$ – ширина и высота контейнера.

Динамическую прочность оцениваем по интенсивности напряжений категории $(\sigma_s)_2$, возникающих в балках каркаса изделия при действии внешней ударной волны. Результаты расчета в виде эпюры перемещений изделия при действии внешней ударной волны приведены на рисунке 5.37, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ при действии внешней ударной волны в основании контейнера - на рисунке 5.38, в виде распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера - на рисунке 5.39, в виде эпюры суммарных перемещений и распределения напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа приведены на рисунках 5.40-5.41.

Ине.	Подп. И	Взам.	Инв.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

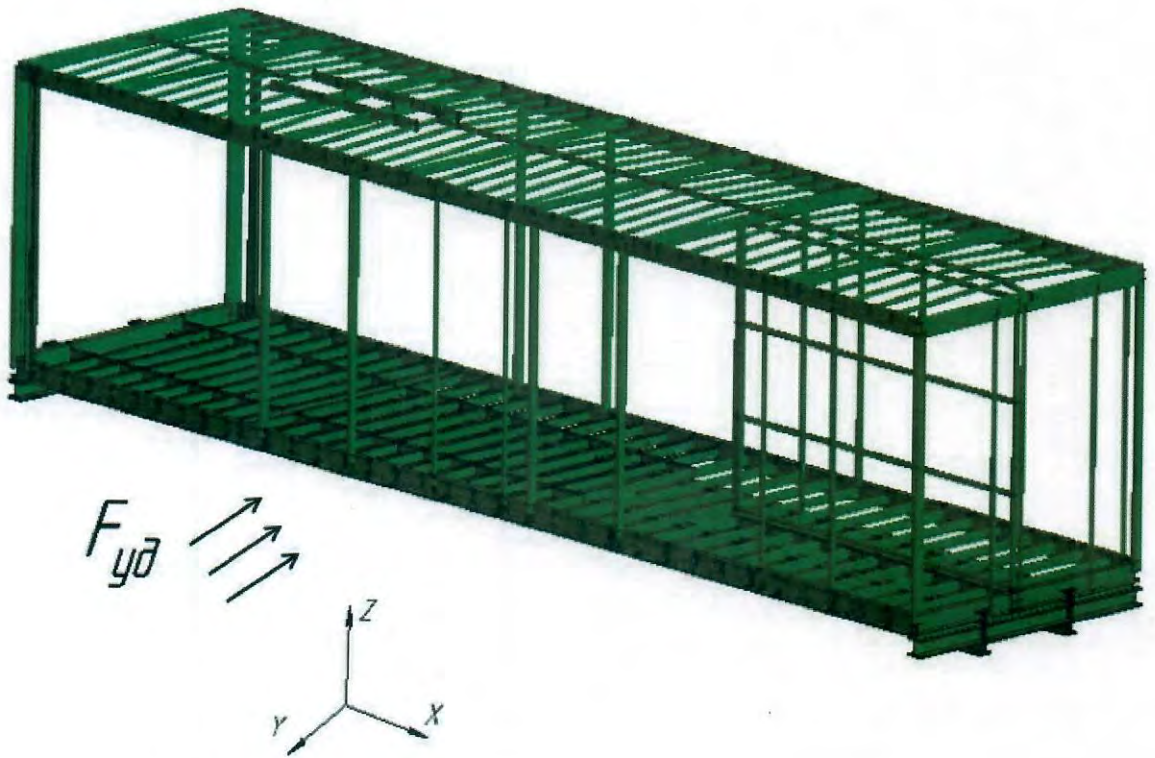


Рисунок 5.36 – Расчетная схема при действии внешней ударной волны

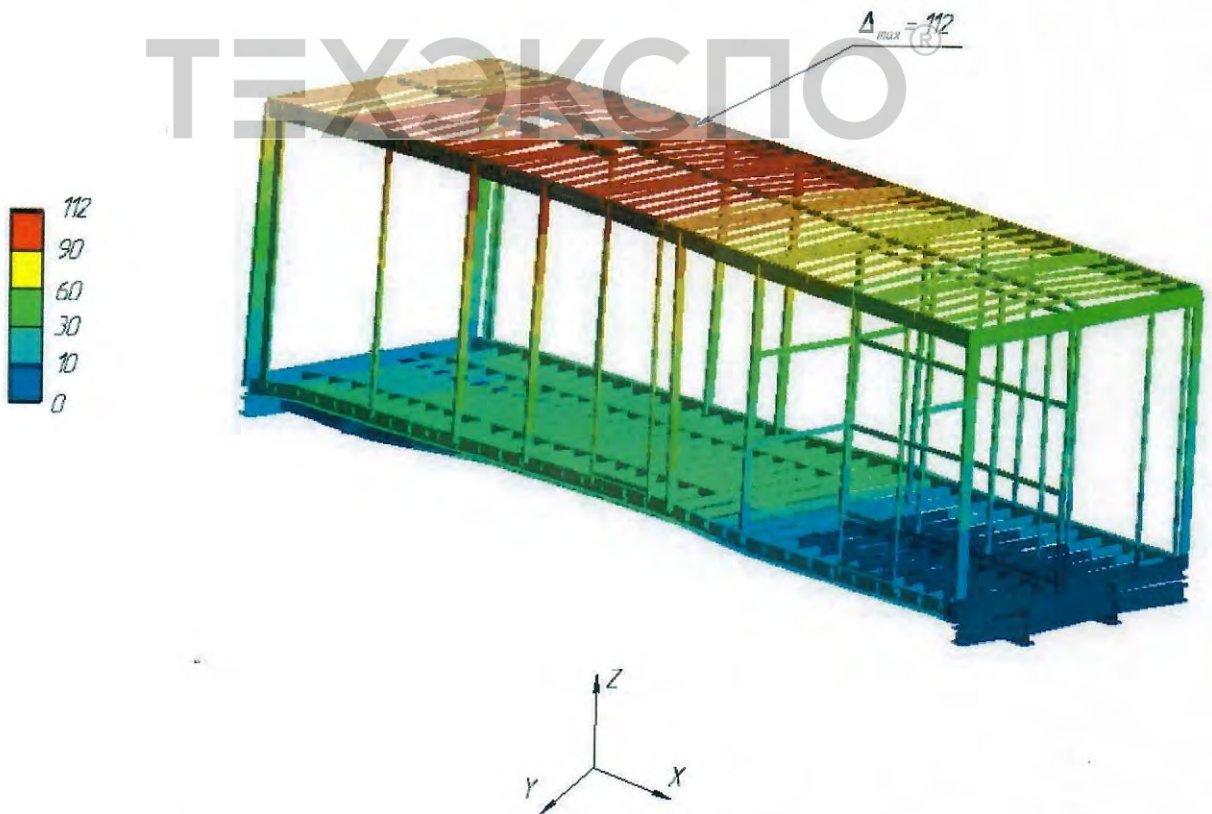


Рисунок 5.37 – Эпюра перемещений при действии внешней ударной волны

Ив.	Подп. И	Взам.	Ив.	Подп. и
-----	---------	-------	-----	---------

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

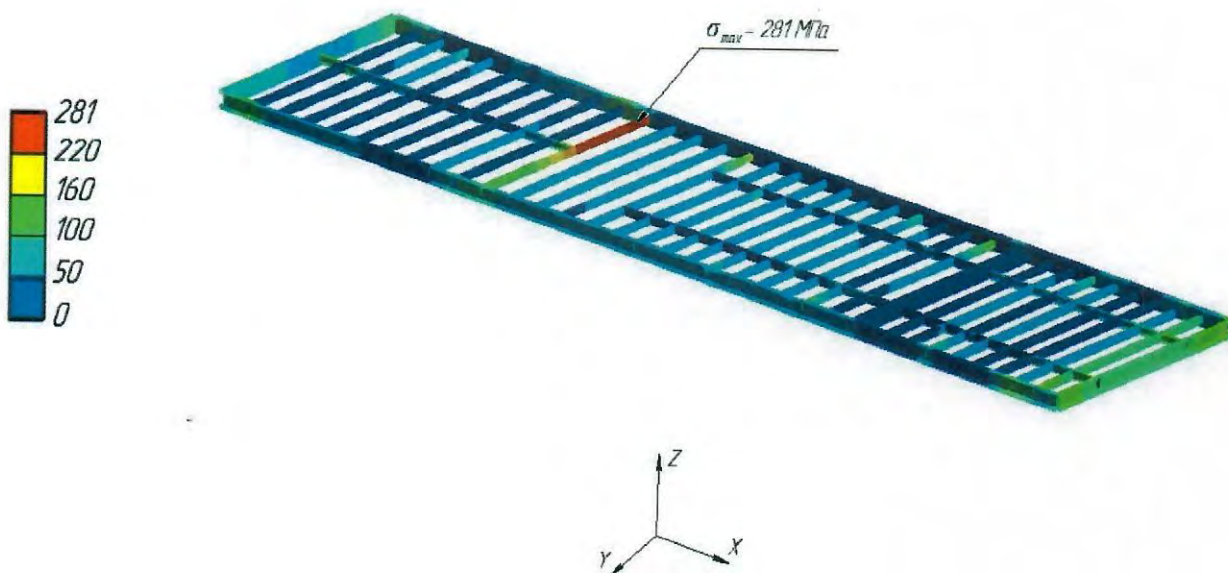


Рисунок 5.38 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в основании контейнера при действии внешней ударной волны

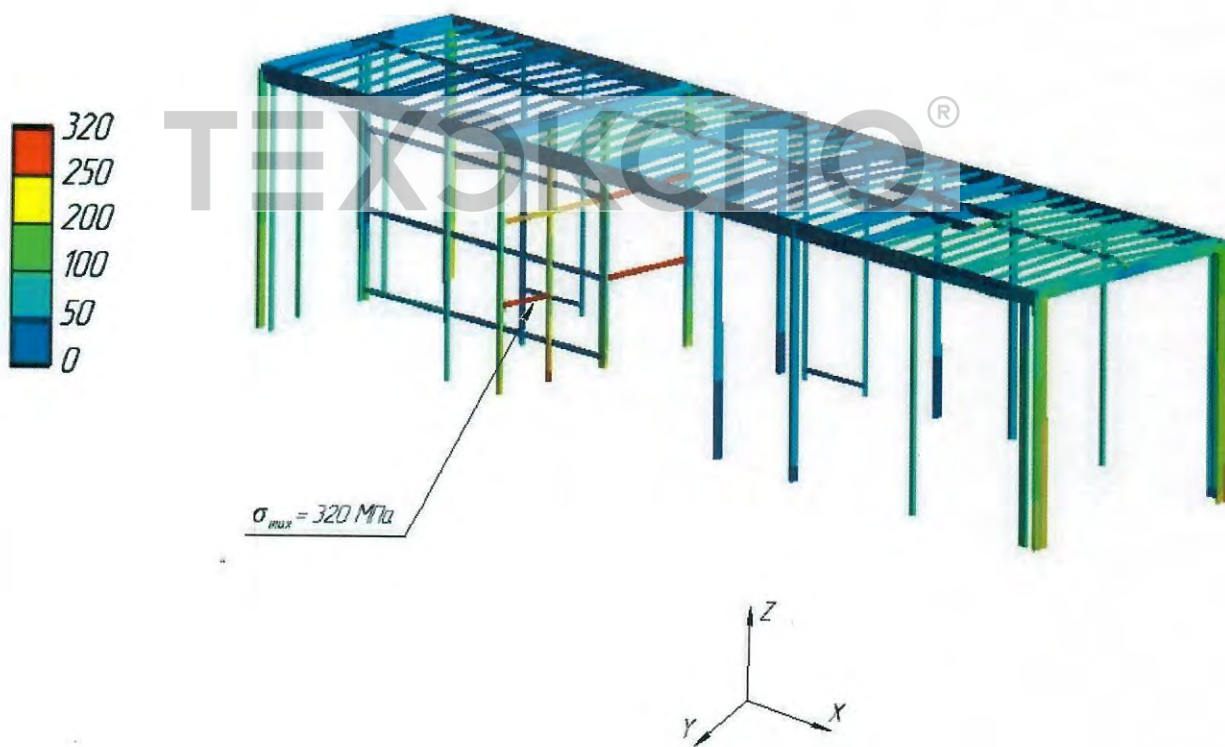


Рисунок 5.39 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в каркасе и крыше контейнера при действии внешней ударной волны

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Лист

46

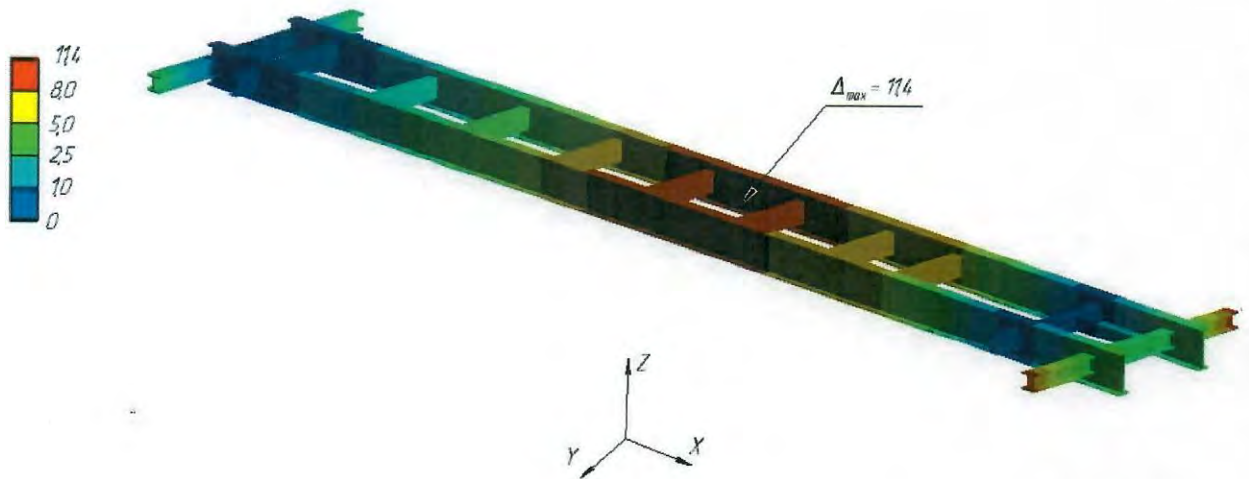


Рисунок 5.40 – Эпюра суммарных перемещений в раме полуприцепа при действии внешней ударной волны



Рисунок 5.41 – Распределение напряжений категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа при действии внешней ударной волны

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ при действии внешней ударной волны наблюдаются в балках перегородки каркаса контейнера (№9 по таблице 5.4) и достигают величины 320 МПа, что не превышает минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2). Максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ в основании

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

контейнера (281 МПа) также не превышают минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2) в швеллерах 10П (№3 по табл. 5.4) в районе перегородки. Максимальные напряжения категории $(\sigma_s)_2$ в раме полуприцепа составляют 175 МПа и также не превышают минимальную допускаемую величину 322 МПа (таблица 5.2).

ТЕХЭКСПО®

Инев.	Подп. И	Взам.	Инев.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата	

005-03-2022

Лист

48

6. Заключение

Проведена расчетная проверка стойкости к сейсмическим воздействиям альтернативной дизельной электростанции ТЭ.2000С-Т400-ЗРН контейнерного типа на шасси, номинальной мощностью 2000 кВт. Разработчик и изготовитель - ООО «Техэкспо».

Вывод

Альтернативная дизельная электростанция ТЭ.2000С-Т400-ЗРН контейнерного типа на шасси, номинальной мощностью 2000 кВт. Разработчик и изготовитель - ООО «Техэкспо».

соответствует:

требованиям ПНАЭ-Г-7-002-86 и НП-031-01 в части стойкости к сейсмическим воздействиям уровня НЭ+ПЗ, НЭ+МРЗ, 1,4МРЗ, а также к действию внешней ударной волны (давление во фронте 30 кПа, продолжительность фазы сжатия до 1 с., направление распространения – горизонтально) для площадки размещения АЭС «РУППУР»;

Ине.	Подп. И	Взам.	Ине.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата	

005-03-2022

Лист

49

Приложение А

(обязательное)

Проектные сейсмические параметры для площадки размещения АЭС

«РУШПУР»

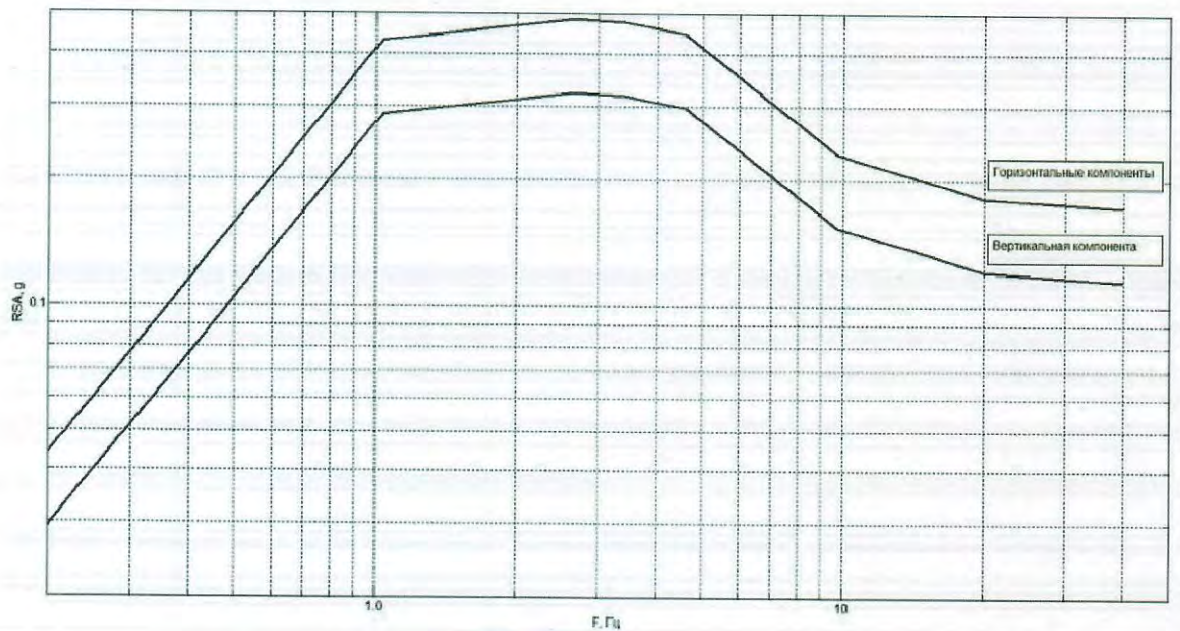


Рисунок Б.1 – График целевого спектра уровня ПЗ

Таблица Б.1 – Числовые значения целевого спектра уровня ПЗ

Частота, Гц	0,20	1,03	2,65	3,40	4,60	9,75	20	40
Спектральная амплитуда, g	0,044	0,429	0,484	0,476	0,445	0,230	0,181	0,1

Подп. и	
Инв.	
Взам.	
Подп. И	
Инв.	

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Приложение Б
(справочное)
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. НП-031-01 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций / Госатомнадзор России. – М., 2001

3. Программа расчета динамики и прочности конструкций, механизмов и приводов Зенит-95. Регистрационные номера паспортов: 148 ГАН РФ от 21.02.2003, 345 ГАН РФ от 21.11.2013.

4. Расчет на прочность деталей машин: Справочник/ И. А. Биргер, Б. Ф. Шор, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1979.

ТЕХЭКСПО®

Инов.	Подп. И	Взам.	Инов.	Подп. и

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата

005-03-2022

Приложение В
(справочное)
Лицензия ООО «СейсмЭнергоПроект»



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ**

ЛИЦЕНЗИЯ

Регистрационный номер ЦО-11-101-10415 от 15 февраля 2018 г.

Лицензия выдана Обществу с ограниченной ответственностью "СейсмЭнергоПроект" (ООО "СейсмЭнергоПроект")

Местонахождение лицензиата: 109147, г. Москва, ул. Марксистская, д. 22, стр. 1

Основной государственный регистрационный номер юридического лица (ОГРН) 1127746609561

Идентификационный номер налогоплательщика 7709909085

Лицензия дает право на конструирование оборудования для ядерных установок
Объект, на котором или в отношении которого осуществляется деятельность атомные станции (блоки атомных станций)

Основание для выдачи лицензии: заявление от 28.09.2017 г. №24, решение Центрального межрегионального территориального управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.02.2018 г. № 10415

Срок действия лицензии до 15 февраля 2023 г.

Лицензия действует при соблюдении прилагаемых условий действия лицензии, являющихся её неотъемлемой частью



Руководитель
органа лицензирования



А.И. Назаров

Серия А В № 100634

Подп и			
Инв.			
Взам.			
Подп. И			
Инв.			

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата		