«Қазақ Сантехжобалау» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі
Товарищество с ограниченной ответственностью «Казахский Сантехпроект»

Реконструкция тепломагистрали ТМ 18 “Айнабулак” от НС-18 до НС-19 до ТК 18-51 с реконструкцией НС-17,19

РАСЧЕТЫ

4575-3-С11-КМ.Р

Расчет пролетного строения.

2020 г.

«Қазақ Сантехжобалау» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі
Товарищество с ограниченной ответственностью «Казахский Сантехпроект»

Реконструкция тепловых сетей города Алматы. Реконструкция тепломагистрали ТМ 18 "Айнабулак" от НС-18 до НС-19 до ТК 18-51, с реконструкцией НС-17, 19. Тепловые сети.

РАСЧЕТЫ

4575-3-С11-КМ.Р

Расчет пролетного строения.

Директор **А. В. Вахламов**

Главный инженер **А. Е. Быков**

Главный инженер проекта **Д. А. Торопов**

2020 г.

Взам. № подл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	60

Содержание

1. Введение....3
2. Конструктивная схема объекта....3
3. Расчетная схема....5
   3.1. Общая характеристика расчетной схемы....5
   3.2. Визуализация расчетной схемы сооружения, жесткости элементов...5
   3.3. Загружения и расчетные сочетания....6
   3.4. Сбор нагрузок....7
   3.5. Цветовые мозаики приложений нагрузок....8
4. Результаты расчета....9
   4.1. Распечатка протокола расчета....9
   4.2. Собственные значения, частоты, периоды колебаний....10
   4.3. Расчетные сочетания усилий в элементах схемы....11
   4.4. Перемещения основных узлов....12
5. Проверочный расчет элементов каркаса....12
   5.1. Правила чтения результатов в СТК-САПР....12
   5.2. Мозаики результатов проверки заданных сечений....13
   5.3. Локальная проверка элементов (таблицы результатов)....13

1. Введение

Настоящий расчет выполнен для проектирования металлических конструкций пролетного строения тепловых сетей, объекта «Реконструкция тепломагистрали ТМ18 "Айнабулак" от НС-18 до НС-19 до ТК18-51 с реконструкцией НС-17,19. Тепловые сети. Пролетное строение через БАК».

Площадка строительства относиться к II_{11} климатическому району строительства (ГОСТ 16350).

Уровень ответственности сооружения – I.

Нормативный вес снегового покрова – 70 кгс/м^2.

Сейсмичность площадки строительства - 10 баллов.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам – III.

Расчет пролетного строения проведен на основе численного метода МКЭ в перемещениях с использованием программного комплекса «ЛИРА-САПР 2019 ». Расчет выполнен по требованиям первой и второй групп предельных состояний, результатом которого является проверка назначенных сечений в программном комплексе СТК-САПР.

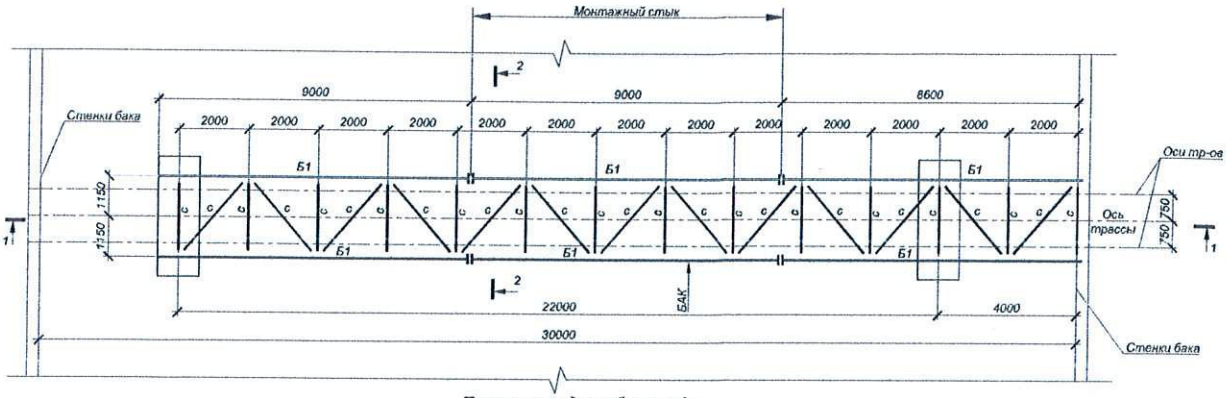
Расчет соответствует следующим руководящим документам:

1. СП РК EN 1993-1-1:2005/2011. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий;
2. СН РК 3.02-28-2011 Сооружения промышленных предприятий;
3. СП РК EN 1991-1-(1 - 7) Воздействия на несущие конструкции;
4. СП РК 2.03-30-2017* Строительство в сейсмических зонах.

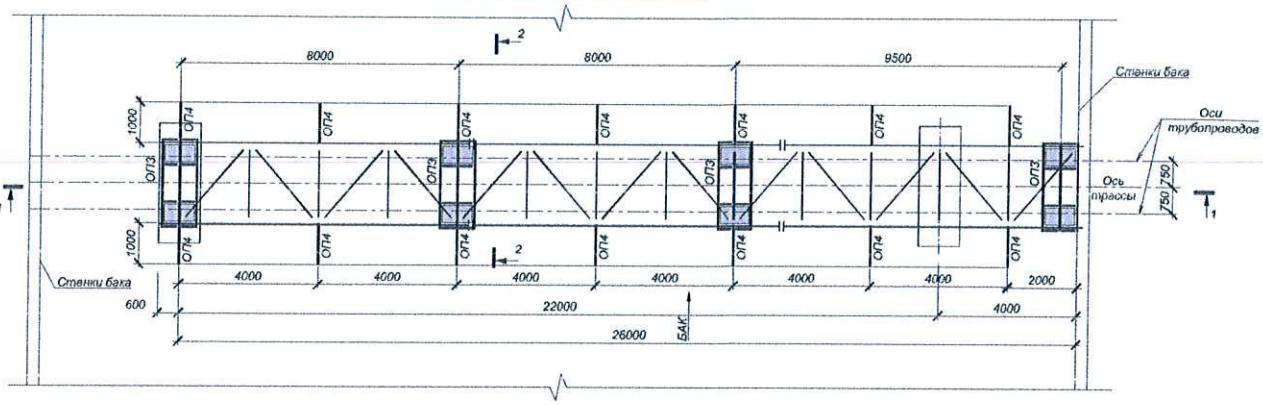
2. Конструктивная схема объекта

Пролетное строение состоит из двух сварных двутавров пролетом 22 м, соединенных между собой по верхним поясам горизонтальными связями. Связи выполнены из прокатного уголка. По верхним поясам уложены траверсы, на которые опираются два трубопровода диаметром по 630 мм. Пролетное строение опирается на железобетонные опоры.

Схема расположения пролетного строения через БАК

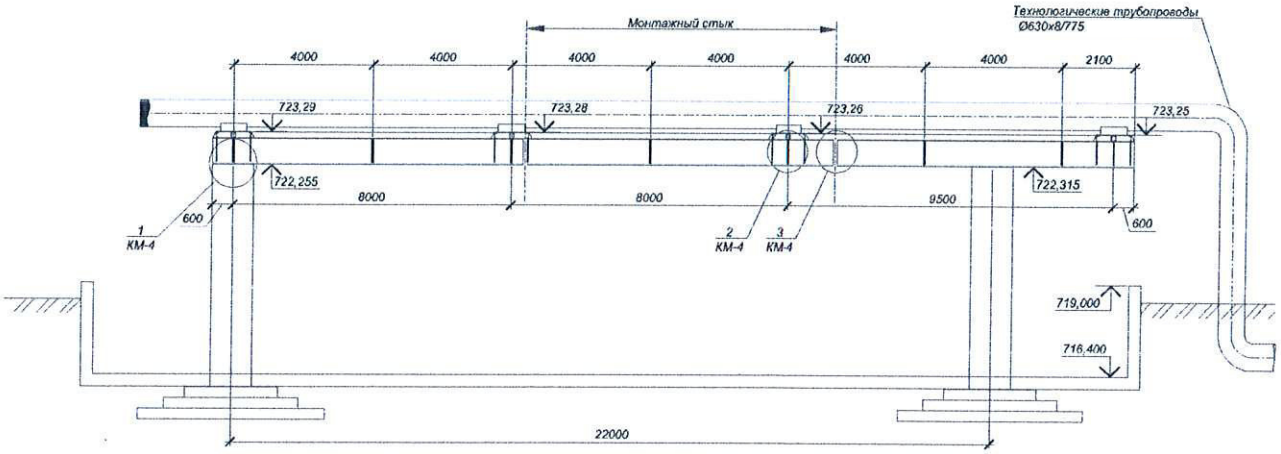


План опор под трубопроводы



1 - 1

горизонтальные связи условно не показаны



Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	60

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	4575-3-С11-КМ.Р	Лист 4

3. Расчетная схема.

3.1. Общая характеристика расчетной схемы.

Расчет производился в пространственной постановке с упругими жесткостными характеристиками материалов на действие основных и особых сочетаний нагрузок. Создание расчетной схемы и все расчеты производились с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР 2019

В основу расчёта положен метод конечных элементов с использованием в качестве основных неизвестных перемещений и поворотов узлов расчётной схемы. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию этого метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т. д.), называемых конечными элементами и присоединенных к узлам.

В состав расчетной схемы включены конструкции, работа которых является существенной и определяющей для данной системы; все прочие конструкции, мало влияющие на схему системы и её работу, из расчетной схемы исключены. Конфигурация схемы принята по чертежам, в соответствии с заданием на расчет.

При создании конечно-элементной модели использовались следующие типы конечных элементов:

Тип 10. Универсальный пространственный стержневой КЭ;

Тип 41. Универсальный прямоугольный КЭ оболочки

Собственный вес настила и нагрузки на площадки обслуживания были учтены в виде распределенных нагрузок на оболочечные КЭ нулевой жесткости, моделирующие передачу нагрузок в узлы схемы, и не участвующие в формировании матрицы жесткости.

В узлах опирания траверс и примыкания связей введены абсолютные жесткие тела (АЖТ), обеспечивающих кинематическую связь между узлами и моделирующих несоосность примыкания стержней.

3.2. Визуализация расчетной схемы сооружения.

Объект расчета представлен системой конечных элементов, показанной на нижеследующих рисунках подраздела. Конечно-элементной схеме предшествует 3D-изображение, выполненное в ВИЗОР-САПР.

Опорные узлы представлены цветной палеткой из шести ячеек, где три верхних ячейки соответствуют X, Y, Z, а три нижних - UX, UY, UZ. Присутствие цвета в ячейке обозначает наложенную связь .

Визуализация шарнирного соединения выполняется значком окружности на концах элемента .

Моделирование абсолютно жестких тел (АЖТ) в узлах схемы, помечается оранжевым цветом узла.

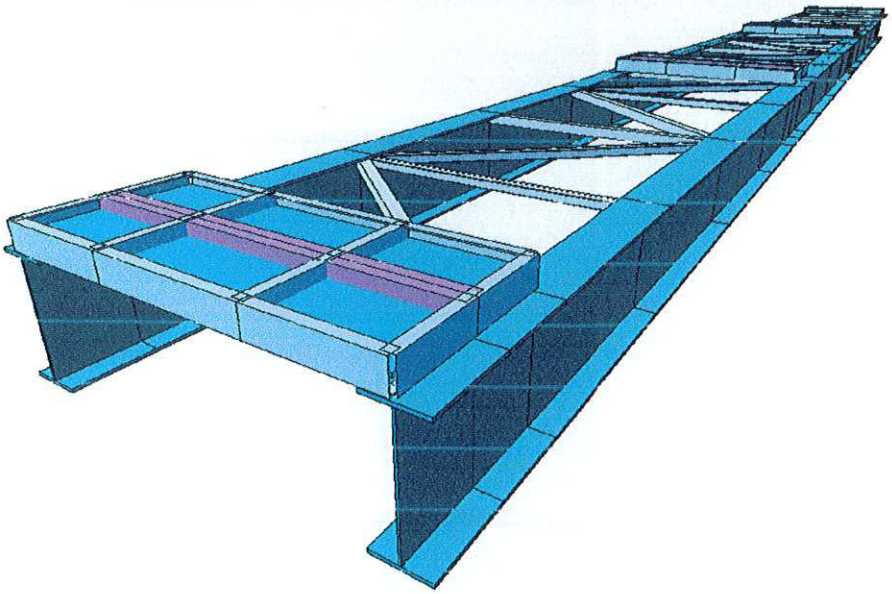
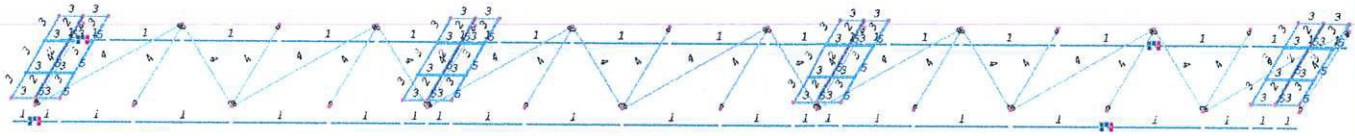


Рис 1.2. Общий вид 3D расчетной схемы



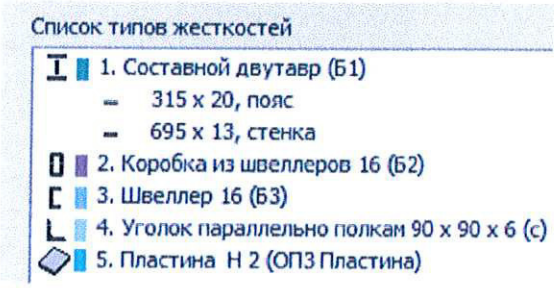


Рис 1.3. Общий вид конечно-элементной модели (номера жесткостей)

3.3. Загружения и расчетные сочетания.

При расчете рассматривались следующие загружения и сочетания:

Параметры РСУ									
№ загр	Имя загружения	Вид	Знако-перем.	Взаимо-искл.	Соп. загр.	Коэф. надежн.	Коэффициенты сочетаний		
							1 основ.	2 основ.	Особое
1	1.Собственный вес	Постоянная (П)	+			1.1	1	1	0.95
2	2.Холодное состояние	Длительная (Д)	+	1	3	1.2	1	0.95	0.8
3	3.Холодное состояние_трение	Длительная (Д)	+/-			1.2	1	0.95	0
4	4.Рабочее состояние	Длительная (Д)	+	1	5	1.2	1	0.95	0
5	5.Рабочее состояние_трение	Длительная (Д)	+/-			1.2	1	0.95	0
6	6.Снеговая	Кратковременная (К)	+	2		1.2	1	0.9	0.5
7	7.Сейсмика_X	Сейсмика (С)	+/-	3		1.0	0	0	1
8	8.Сейсмика_Y	Сейсмика (С)	+/-	3		1.0	0	0	1
9	9.Сейсмика_Z	Сейсмика (С)	+/-	3		1.0	0	0	1

При выборе РСУ рассматриваются:

1-ое основное сочетание, включающее постоянное загружение и одно, наиболее опасное, из временных (длительных или кратковременных) с коэффициентами сочетаний K_1=1.

2-ое основное сочетание, включающее постоянное загружение с коэффициентом K_2=1, все длительные загружения с коэффициентом K_2=0.95 и все кратковременные с коэффициентом K_2=0.9.

Алгоритм вычисления РСУ основан на накоплении суммарных наибольших и наименьших значений тех величин, которые принимаются в качестве критерия.

Такими критериями приняты: в стержнях – нормальные напряжения, в наиболее удаленных от центра тяжести точках сечения, касательные напряжения в серединах сторон сечения, а также наибольшие и наименьшие продольные усилия, и перерезывающие силы.

3.4. Сбор нагрузок

№	Наименование нагрузки	Ед. изм.	Нормативная нагрузка	$K_{нагр}$	$K_{отв}$	Расчетная нагрузка	Прим.[1]
1	2	3	4	5	6	7	8
Постоянные нагрузки							
1	Вес металлических конструкций пролетного строения, заданных в расчетную схему, определяется программно в зависимости от заданных сечений элементов, $K_{нагр}$=1.1						1
Временные длительные нагрузки							
2	Нагрузка от веса трубы с изоляцией и веса транспортируемой жидкости в стадии эксплуатации						
	По технологическому заданию			1.1	1		2-5
Кратковременные нагрузки							
3	Нагрузка на трубопроводы						
	Снеговая[2]	кгс/м	0.03255	1.4	1	0.046	6
Особые нагрузки							
4	Сейсмическая нагрузка	Сейсмичность площадки 10 баллов, 3-я категория грунтов по сейсмическим свойствам					7-9

1. В примечаниях (8) указан номер группы загружения для программного расчета.
2. Расчет приведен на последующих листах подраздела

Кратковременная нагрузка – снеговая

Нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли:

s_0=70 кгс/м²

Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на трубопровод:

μ=0.6

Ширина горизонтальной проекции трубопровода:

B=0.775 м

Полное нормативное значение снеговой нагрузки на погонный метр трубопровода:

$s_н = s_0 \cdot \mu \cdot B$=70 кгс/м²·0.6·0.775 м = 32.55 кгс/м.

Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на обслуживающие площадки:

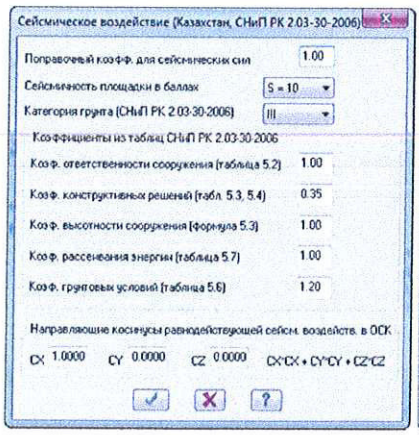
μ=0.8

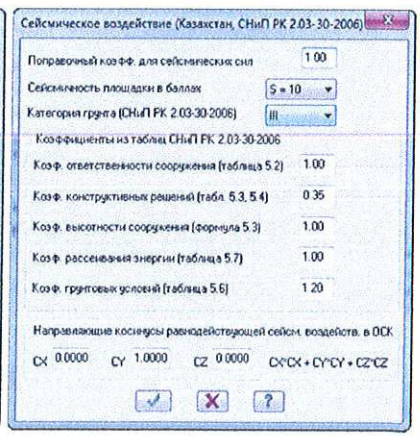
Полное нормативное значение снеговой нагрузки на обслуживающую площадку:

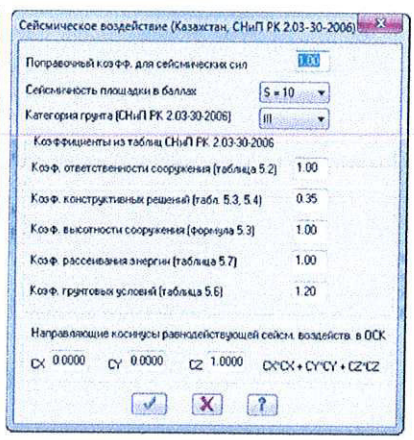
$s_н = s_0 \cdot \mu$ = 70 кгс/м²·0.8 = 56 кгс/м².

Особая нагрузка – сейсмическая вдоль глобальной оси X и Y, Z (Загружения 7-9)

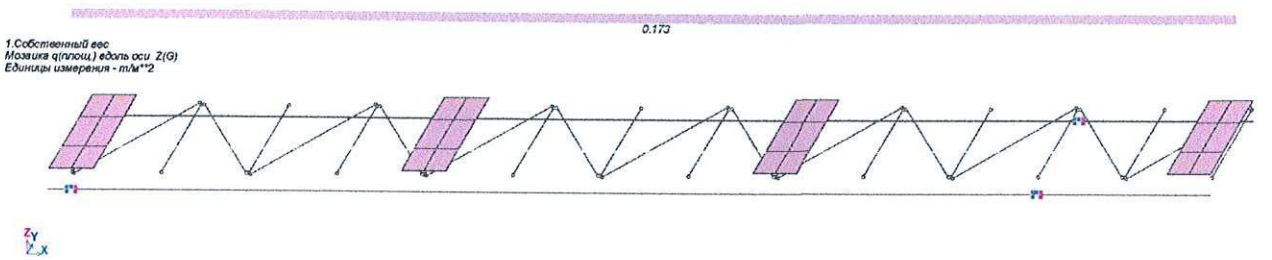
Диалоговые окна Сейсмическое воздействие (модуль 43)

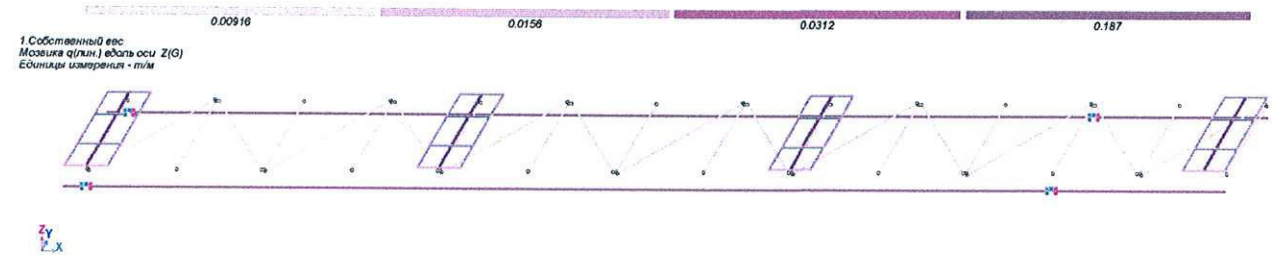


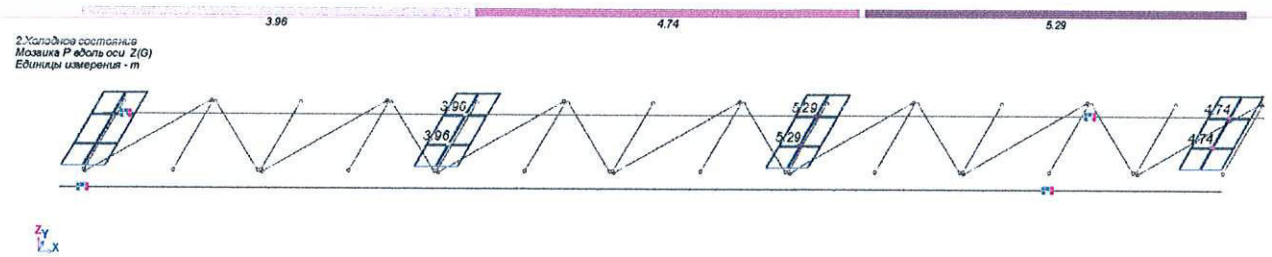


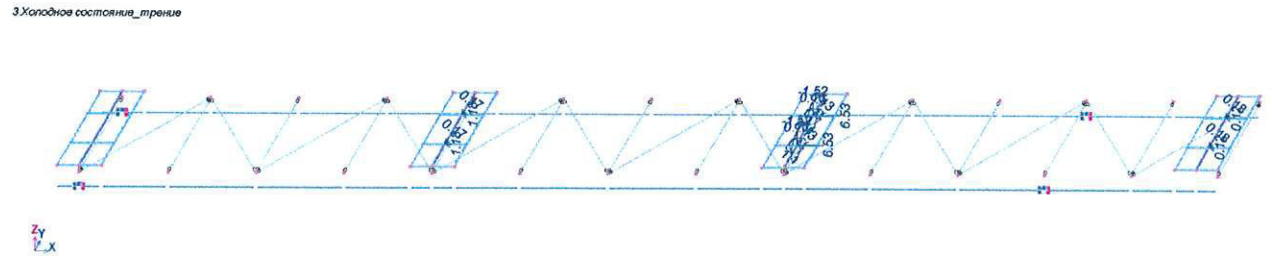


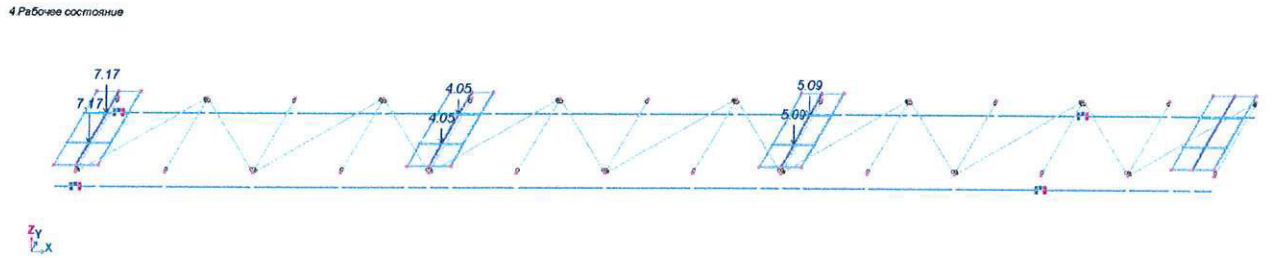
3.5. Цветовые мозаики приложений нагрузок.

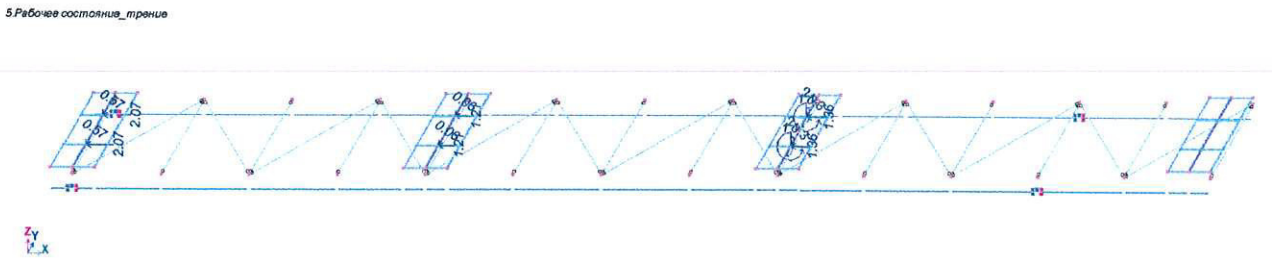


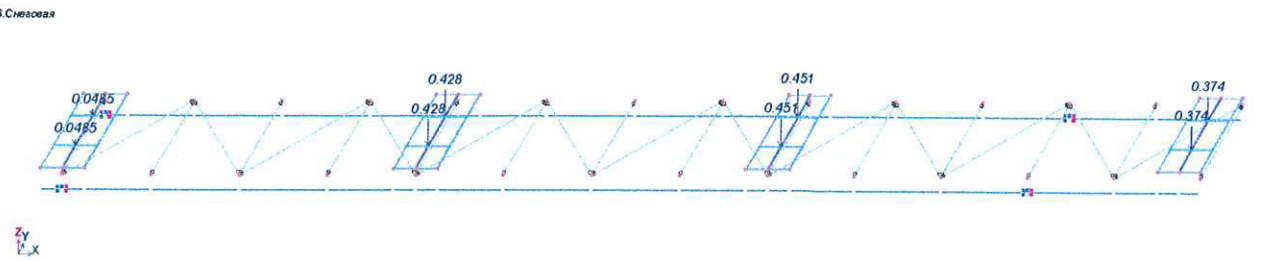












Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	4575-3-С11-КМ.Р	Лист 8

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл. 60

4. Результаты расчета

4.1. Распечатка протокола расчета

11:35 Контроль исходных данных основной схемы
Количество узлов = 120 (из них количество неудаленных = 120)
Количество элементов = 161 (из них количество неудаленных = 161)
ОСНОВНАЯ СХЕМА
11:35 Оптимизация порядка неизвестных
Количество неизвестных = 388
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
11:35 Формирование матрицы жесткости
11:35 Формирование векторов нагрузок
11:35 Разложение матрицы жесткости
11:35 Вычисление неизвестных
11:35 Контроль решения
РАСЧЕТ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
11:35 Формирование диагональной матрицы масс для динамического загружения №7
11:35 Формирование диагональной матрицы масс для динамического загружения №8
11:35 Формирование диагональной матрицы масс для динамического загружения №9
Вычисление собственных колебаний для динамических загужений №№7 в 9
Суммарные массы: mX=3.56209 mY=3.56209 mZ=3.56209 mUX=0 mUY=0 mUZ=0
11:35 Контроль пригодности схемы для вычисления собственных колебаний при таком приложении масс. Контроль осуществляется путем приложения масс как статических нагрузок
11:35 Вычисление собственных колебаний
11:35 Итерация №1
11:35 Итерация №2
Найдено форм 1 (из них 1 в заданном диапазоне)
11:35 Итерация №3
Найдено форм 16 (из них 16 в заданном диапазоне)
11:35 Итерация №4
Найдено форм 26 (из них 26 в заданном диапазоне)
11:35 Итерация №5
Найдено форм 36 (из них 36 в заданном диапазоне)
11:35 Итерация №6
Найдено форм 44 (из них 44 в заданном диапазоне)
11:35 Итерация №7
Найдено форм 56 (из них 56 в заданном диапазоне)
11:35 Формирование векторов динамических нагрузок
11:35 Вычисление неизвестных
Формирование результатов
11:35 Формирование топологии
11:35 Формирование перемещений
11:35 Вычисление и формирование усилий в элементах
11:35 Вычисление и формирование реакций в элементах
11:35 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
11:35 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
11:35 Формирование форм колебаний
Суммарные узловые нагрузки на основную схему:
Загружение 1 PX=0 PY=0 PZ=12.9688 PUX=-7.45931e-017 PUY=-4.45824e-016 PUZ=0
Загружение 2 PX=0 PY=0 PZ=27.98 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 3 PX=15.66 PY=0.96 PZ=0 PUX=-3.04 PUY=0.32 PUZ=2.2
Загружение 4 PX=0 PY=0 PZ=32.62 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 5 PX=9.28 PY=1.86 PZ=0 PUX=2.2 PUY=4 PUZ=0
Загружение 6 PX=0 PY=0 PZ=2.603 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 7-19 PX=-1.11903 PY=0.0595068 PZ=-0.0889384 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 7-22 PX=-0.31498 PY=0.0230535 PZ=0.27001 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 7-24 PX=-18.3583 PY=-0.0556729 PZ=0.376356 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 7-25 PX=-1.17326 PY=0.0480064 PZ=0.275323 PUX=0 PUY=0 PUZ=0

Загружение 7-29 PX=-3.70044 PY=-0.0223985 PZ=-0.819491 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 7-30 PX=-0.519876 PY=0.00755983 PZ=0.129632 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 7-40 PX=-0.444256 PY=-0.0143568 PZ=-0.162158 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 8-2 PX=-0.0022903 PY=-5.26175 PZ=0.0334909 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 8-3 PX=-0.0869248 PY=-14.058 PZ=1.80449 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 8-4 PX=0.0986208 PY=-0.490659 PZ=-1.86983 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 8-5 PX=0.0935377 PY=-2.79159 PZ=-1.29296 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 8-6 PX=-0.15005 PY=-4.45156 PZ=1.60122 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 8-10 PX=0.00252922 PY=-0.429767 PZ=-0.00304208 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-1 PX=-0.483142 PY=0.0140227 PZ=-4.16546 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-3 PX=0.014877 PY=2.40599 PZ=-0.308835 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-4 PX=0.501105 PY=-2.4931 PZ=-9.50085 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-5 PX=0.0577642 PY=-1.72395 PZ=-0.798466 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-6 PX=0.0719634 PY=2.13496 PZ=-0.767938 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-7 PX=0.217991 PY=-0.433704 PZ=-2.345 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-22 PX=0.360014 PY=-0.0263495 PZ=-0.308615 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Загружение 9-29 PX=-1.09265 PY=-0.00661378 PZ=-0.241977 PUX=0 PUY=0 PUZ=0
Расчет успешно завершен

4.2. Частоты и периоды собственных колебаний

			Частоты					
№ загруж	№ формы	Собст. значения	Круг. частота (рад/с)	Частота (Гц)	Период (с)	Коэф. распред.	Мод. масса (%)	Сумма мод. масс (%)
7	19	0.005	214.925	34.206	0.029	- 0.368	3.812	4.398
7	22	0.004	258.182	41.091	0.024	0.196	1.073	5.491
7	24	0.004	280.327	44.615	0.022	- 1.493	62.540	68.031
7	25	0.003	292.492	46.552	0.021	- 0.377	3.997	72.027
7	29	0.003	371.294	59.093	0.017	- 0.670	12.606	84.780
7	30	0.002	407.104	64.793	0.015	- 0.251	1.771	86.551
7	40	0.002	564.308	89.812	0.011	- 0.232	1.513	88.465
8	2	0.042	23.878	3.800	0.263	- 0.799	17.925	17.925
8	3	0.027	36.406	5.794	0.173	- 1.306	47.890	65.815
8	4	0.026	38.107	6.065	0.165	0.244	1.671	67.486
8	5	0.019	53.303	8.483	0.118	0.582	9.510	76.996
8	6	0.018	54.653	8.698	0.115	- 0.735	15.165	92.161
8	10	0.010	102.082	16.247	0.062	0.228	1.464	94.331
9	1	0.069	14.416	2.294	0.436	- 1.006	28.388	28.388
9	3	0.027	36.406	5.794	0.173	0.224	1.403	29.792
9	4	0.026	38.107	6.065	0.165	1.240	43.154	72.947
9	5	0.019	53.303	8.483	0.118	0.359	3.627	76.574
9	6	0.018	54.653	8.698	0.115	0.352	3.488	80.062
9	7	0.017	57.665	9.178	0.109	- 0.616	10.651	90.713
9	22	0.004	258.182	41.091	0.024	- 0.223	1.402	92.762
9	29	0.003	371.294	59.093	0.017	- 0.198	1.099	94.371

4.3. Расчетные сочетания усилий в элементах схемы

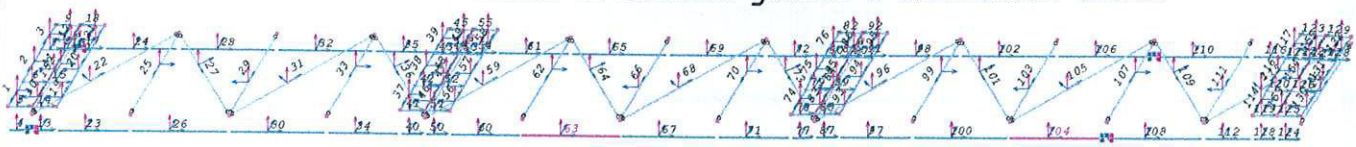


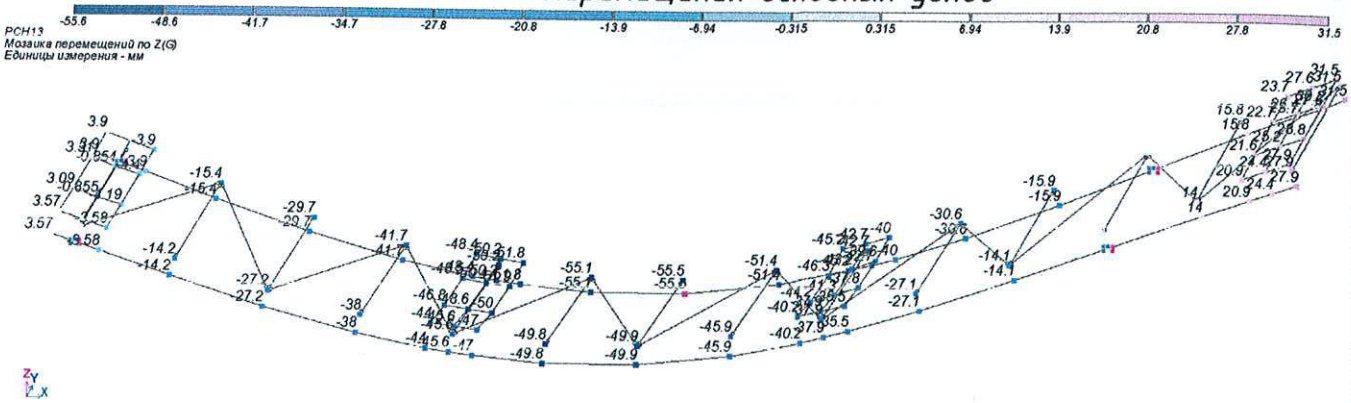
Рис 4.1. Поперечная рама по оси 3

Единицы измерения усилий: т

Единицы измерения моментов: т*м

ЭЛЕМ	НС	КРТ	СТ	КС	Г	N, т	MK, т*м	MY, т*м	QZ, т	MZ, т*м	QY, т	ЗАГРУЖЕНИЯ
63	1	1	2		A1	-4.902	-0.018	50.516	0.448	0.155	0.005	1,3,4,-5,6
63	1	9	2		A1	-4.037	-0.006	47.196	0.340	0.074	0.129	1,3,4,5,6
63	1	10	2		A1	-1.918	-0.018	40.668	-0.495	-0.025	-0.021	1,-3,4,-5
63	1	13	2		A1	-3.276	-0.003	37.910	-0.217	0.065	0.118	1,2,3,5
63	1	14	2		A1	-1.447	-0.016	35.880	-1.219	-0.036	-0.028	1,2,-3,-5,6
63	1	15	2		A1	-4.140	-0.015	41.230	-0.109	0.145	-0.007	1,2,3,-5
63	1	16	2		A1	-0.583	-0.004	32.560	-1.327	-0.116	0.097	1,2,-3,5,6
63	1	17	2		A1	-0.437	-0.003	30.311	-1.244	-0.115	0.095	1,2,-3,5
63	1	18	2		A1	-4.285	-0.016	43.480	-0.193	0.144	-0.005	1,2,3,-5,6
63	1	23	2		A1	-4.757	-0.017	48.267	0.532	0.155	0.002	1,3,4,-5
63	1	27	2		A1	-2.473	-0.006	41.147	-0.090	-0.015	0.116	1,4,5
63	1	29	2		A1	-3.853	-0.010	41.819	-0.247	0.104	0.057	1,2,3,6
63	1	32	2		A1	-3.337	-0.018	44.467	0.019	0.065	-0.009	1,4,-5
63	1	33	2		A1	-0.870	-0.009	31.971	-1.190	-0.075	0.032	1,2,-3
63	1	34	2		A1	-2.434	-0.010	38.020	-0.760	0.014	0.046	1,2,6
63	1	1	3	C	C1	-4.153	-0.001	45.173	-2.063	0.200	0.145	1,2,6,-9
63	1	2	3	C	C1	1.304	-0.012	-0.210	1.496	-0.179	-0.094	1,9
63	1	9	3	C	C1	5.519	0.002	25.260	-0.078	-0.443	0.170	1,2,6,-8
63	1	10	3	C	C1	-8.368	-0.014	19.703	-0.489	0.463	-0.119	1,8
63	1	17	3	C	C1	6.858	0.006	4.707	0.576	-0.448	0.142	1,-8
63	1	18	3	C	C1	-9.707	-0.019	40.257	-1.144	0.469	-0.091	1,2,6,8
63	1	29	3	C	C1	-2.611	-0.007	33.132	-0.927	0.141	0.120	1,2,6,7
104	3	1	2		A1	-6.139	-0.003	-1.916	-6.046	0.982	-0.285	1,-3,4,5
104	3	2	2		A1	0.483	-0.010	-20.372	-10.358	-0.286	0.051	1,2,3,-5,6
104	3	3	2		A1	0.644	-0.010	-19.193	-9.870	-0.310	0.059	1,2,3,-5
104	3	4	2		A1	-5.863	-0.008	-18.876	-7.360	0.967	-0.269	1,2,-3,5,6
104	3	6	2		A1	-5.701	-0.007	-17.697	-6.872	0.943	-0.261	1,2,-3,5
104	3	17	2		A1	2.866	-0.002	-18.481	-8.313	0.055	0.035	1,2,3,5
104	3	18	2		A1	-8.085	-0.015	-19.587	-8.918	0.601	-0.245	1,2,-3,-5,6
104	3	24	2		A1	0.206	-0.006	-3.412	-9.045	-0.270	0.035	1,3,4,-5
104	3	27	2		A1	1.755	-0.006	-18.837	-9.091	-0.127	0.047	1,2,3
104	3	28	2		A1	-1.855	-0.001	-2.309	-6.767	0.539	-0.137	1,4,5
104	3	30	2		A1	-3.128	-0.005	-3.844	-8.034	0.380	-0.132	1,4,6
104	3	32	2		A1	-6.813	-0.011	-18.052	-7.650	0.760	-0.249	1,2,-3
104	3	34	2		A1	-2.690	-0.009	-19.624	-8.860	0.340	-0.109	1,2,6
104	3	1	3	C	C1	-14.341	0.014	1.666	-3.970	2.004	-0.666	1,-8
104	3	2	3	C	C1	11.249	-0.022	-20.675	-6.137	-1.700	0.568	1,2,6,8
104	3	3	3	C	C1	12.772	-0.015	-6.734	-1.034	-1.960	0.650	1,8
104	3	4	3	C	C1	-15.865	0.007	-12.276	-9.073	2.264	-0.748	1,2,6,-8
104	3	7	3	C	C1	0.865	-0.011	-27.221	-9.619	0.792	-0.289	1,2,6,-9
104	3	8	3	C	C1	-3.958	0.003	8.212	-0.488	-0.488	0.191	1,9
104	3	29	3	C	C1	-5.727	0.001	-3.082	-2.824	-0.086	0.091	1,7
104	3	33	3	C	C1	2.388	-0.003	-13.279	-4.516	0.531	-0.207	1,-9
104	3	34	3	C	C1	-7.250	-0.006	-17.023	-7.927	0.174	0.009	1,2,6,7

4.4. Перемещения основных узлов



Коэффициенты сочетаний

N загруж.	Вид	РСН13
1	1.Собственный вес	1
4	4.Рабочее состояние	0.95
5	5.Рабочее состояние_трение	0.95
6	6.Снеговая	0.9

5. Проверочный расчет элементов сооружения

5.1. Правила чтения результатов в СТК-САПР

Вид результатов расчета

Для всех рассчитанных сечений элементов выводятся результаты проверок по прочности и устойчивости (по первому предельному состоянию), гибкости и прогибу (по второму предельному состоянию). Результаты выводятся в виде процентов использования сечения в сравнении с предельной несущей способностью по той или другой проверке. То есть, результат всегда равен:

Процент использования по проверке %ис = 100% * максимальное значение / предельная несущая способность

При формировании результатов использовано также понятие процента использования по 1-му предельному состоянию и по 2-му предельному состоянию.

Процент использования сечения по 1-му предельному состоянию (1ПС) – наибольший из процентов по проверкам прочности и устойчивости, взятый по всем РСУ.

%ис1ПС = max{%ис(i)} -- по прочности, устойчивости,

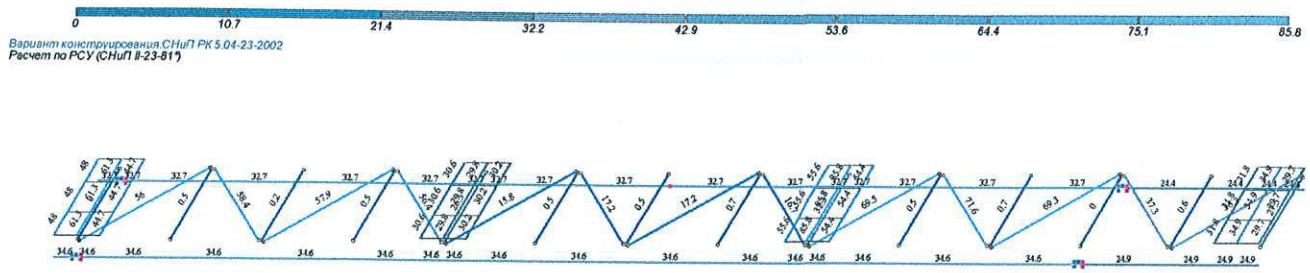
Процент использования сечения по 2-му предельному состоянию (2ПС) – наибольший из процентов по проверкам предельной гибкости или прогибу, взятый по всем РСУ.

%ис2ПС = max{%ис(i)} -- по гибкости, прогибу,

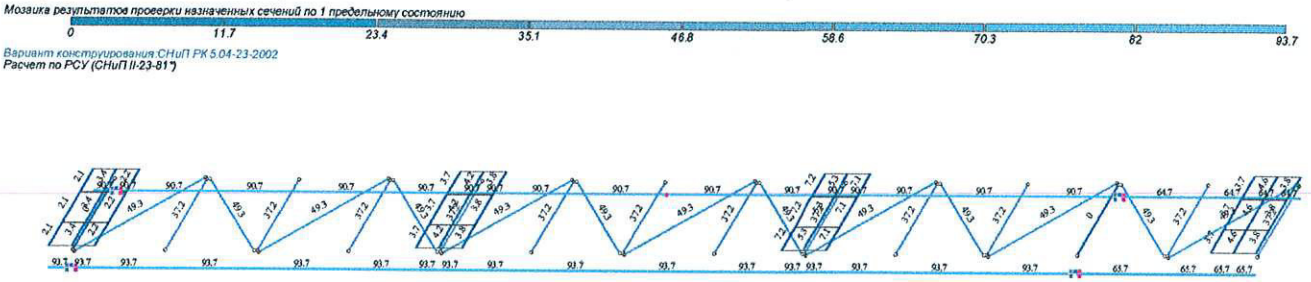
где i - количество расчетных сочетаний усилий (РСУ).

Результаты расчета представляются в виде процентов использования в табличной форме, в виде мозаики или в окне локального расчета.

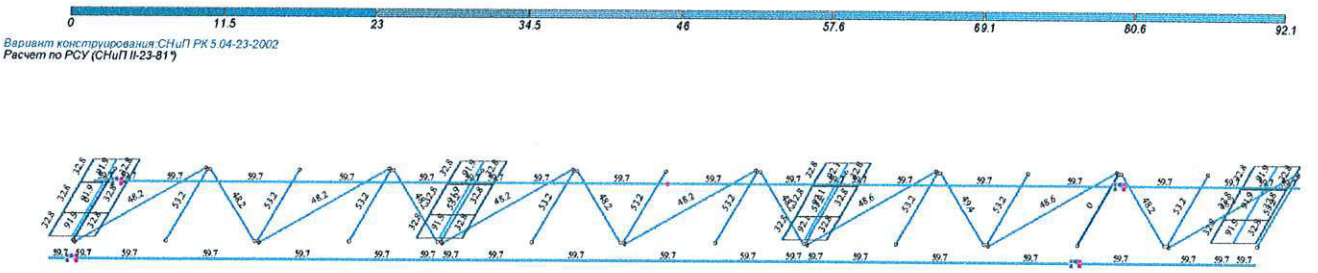
5.2. Мозаики результатов проверки заданных сечений



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состоянию



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию



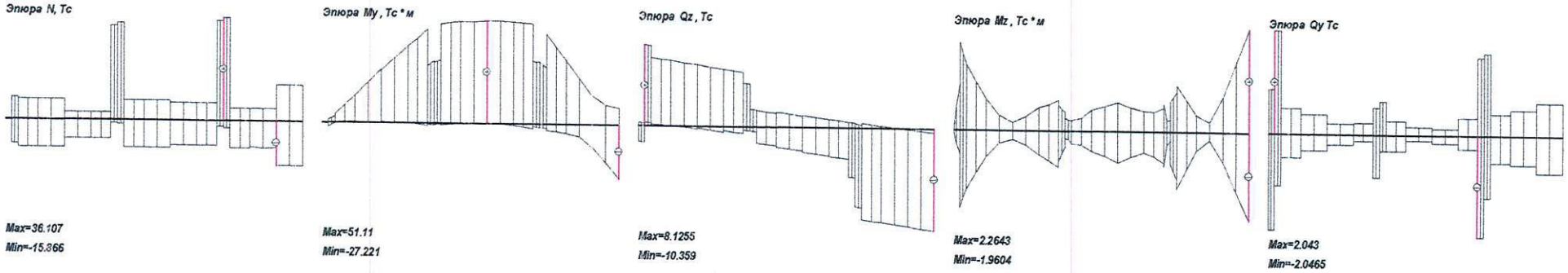
Мозаика результатов проверки назначенных сечений по местной устойчивости

5.3. Локальная проверка элементов

На ниже представленных листах подраздела приведены локальные проверки наиболее нагруженных элементов из групп заданных жесткостей. На листе расчета элемента отображается расчетная схема элемента, огибающие эпюры усилий, возникающих в элементе; таблица, содержащая исходные данные для расчета элемента и таблица, содержащая подробные результаты расчета элемента и его поперечного сечения.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
60		

1. Составной двутавр (Б1)



Конструктивный элемент КБ2

ограничениям				
Y max	Z max	Y min	Z min	чистый изгиб
300.00	300.00	1.00	1.00	нет

коэффициенты						
усл. работы	надежн.	L/f	min расчета	шаг ребер/планок	закрепл.	Lefм
0.90	1.00	400.00	в упруг.	3.00	много	4.00

Результаты проверки

Сечение	1.3.3. Составной двутавр
Сечение	315 x 20 пояс
Профиль	315 x 20; ГОСТ 19903 - 74*
Сталь	С345; ГОСТ 27772-88; Стали по СНиП II-23-81*, лист
Сортамент	Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5...25 мм
Сечение	695 x 13 стенка
Профиль	695 x 13; ГОСТ 19903 - 74*
Сталь	С345; ГОСТ 27772-88; Стали по СНиП II-23-81*, лист
Сортамент	Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5...25 мм

проценты использования по 1ПС

норм.	касат.	приведен.	общ.уст.	уст.стен.	уст.пояс.
34.6	7.3	27.1	0.0	59.7	47.2
прогиб	шаг ребер/планок	наименьший коэф.Фb	сводные%%использов.		
			1ПС	2ПС	местн.устойч.
427	3.000	1.000	34.6	93.7	59.7

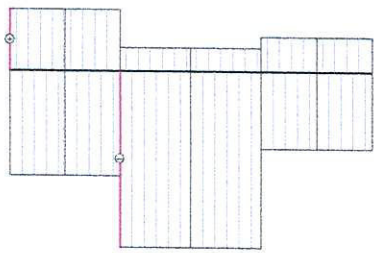
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

4575-3-С11-КМ.Р

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
60		

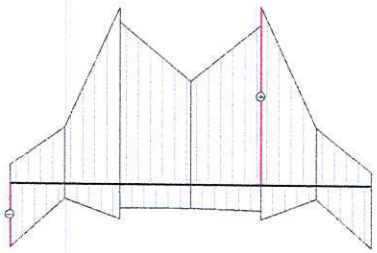
2. Коробка из швеллеров 16 (Б2)

Эпюра N, Тс



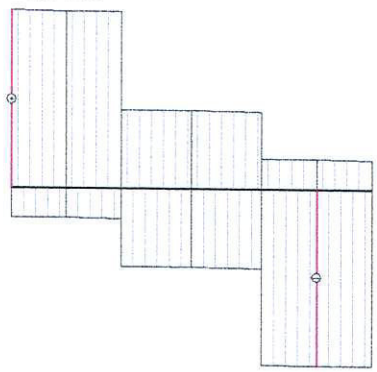
Max=1.1908
Min=-3.3962

Эпюра My, Тс * м



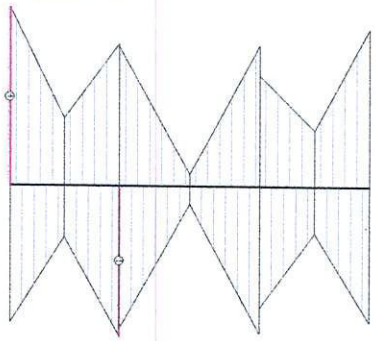
Max=2.8141
Min=-1.0082

Эпюра Qz, Тс



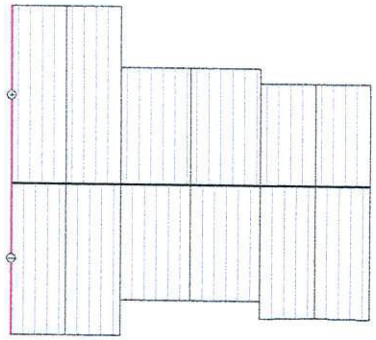
Max=5.4484
Min=-5.4604

Эпюра Mz, Тс * м



Max=0.68423
Min=-0.57968

Эпюра Qy Тс



Max=1.8056
Min=-1.5429

Конструктивный элемент КБ7

ограничениям				чистый изгиб
Ymax	Zmax	Ymin	Zmin	
300.00	300.00	1.00	1.00	нет
коэффициенты				
усл. работы	надежн.	L/f	тип расчета	шаг ребер/планок
0.90	1.00	120	упруг.	0.00

Результаты проверки

Сечение	1.1.1. Коробка из швеллеров 16
Профиль	16; ГОСТ 8240 - 72
Сталь	С245; ГОСТ 27772-88; Стали по СНиП II-23-81*, лист
Сортамент	Швеллер с уклоном внутренних граней полок

проценты использования по 1ПС

норм.	касат.	приведен.	общ.уст.	уст.стен.	уст.пояс.
85.8	31.0	69.3	0.0	92.1	47.2
прогиб	шаг ребер/планок	наименьший коэф.Фb	сводные%%использов.		
			1ПС	2ПС	местн.устойч.
2275	нет	1.000	85.8	5.3	92.1

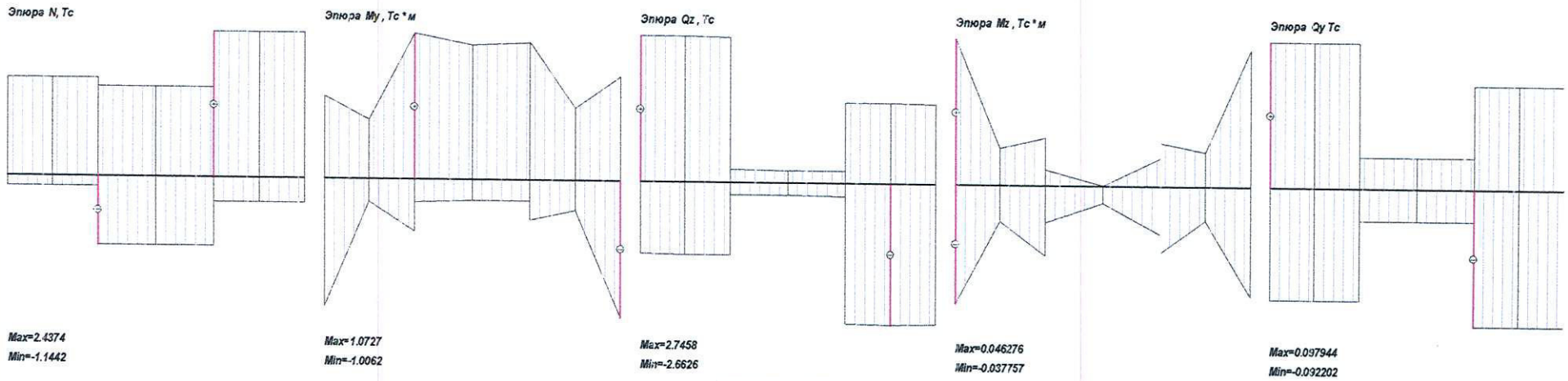
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

4575-3-С11-КМ.Р

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
60		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3. Швеллер 16 (Б3)



Конструктивный элемент К515

ограничениям				
Ymax	Zmax	Ymin	Zmin	чистый изгиб
300.00	300.00	1.00	1.00	нет
коэффициенты				
усл. работы	надежн.	L/f	mun расчета	шаг ребер/планок
0.90	1.00	120	упруг.	0.00

Результаты проверки

Сечение	1.1.1. Швеллер 16
Профиль	16; ГОСТ 8240 - 72
Сталь	С245; ГОСТ 27772-88; Стали по СНиП II-23-81*, лист
Сортамент	Швеллер с уклоном внутренних граней полок

проценты использования по 1ПС

норм.	касат.	приведен.	общ.уст.	уст.стен.	уст.пояс
55.6	31.1	45.2	0.0	26.9	32.8
прогиб	шаг ребер/планок	наименьший коэф.Фb	сводные%%использов.		
			1ПС	2ПС	местн.устойч.
1658	нет	1.000	55.6	7.2	32.8

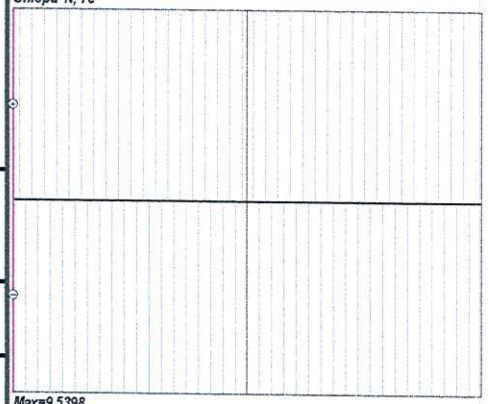
4575-3-С11-КМ.Р

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
60		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

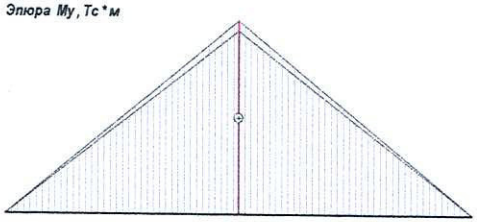
4. Уголок параллельно полкам 90 x 90 x 6 (с)

Эпюра N, Тс



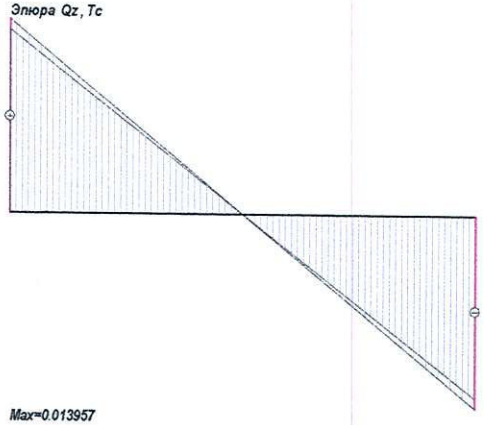
Max=9.5398
Min=-9.643

Эпюра My, Тс*м



Max=0.010635
Min=0

Эпюра Qz, Тс



Max=0.013957
Min=-0.013957

Элемент 101

ограничениям

Y max	Z max	Y min	Z min	tw min
300.00	300.00	1.00	1.00	0.10

расчетная длинам		тип элемента	коэф-ты усл. раб.		коэфф. надежности
отн. Y1	отн. Z1		по прочн.	по уст.	
2.74	2.74	неизвестный	0.90	0.90	1.00

Результаты проверки

Сечение	1.2.2. Уголок параллельно полкам 90 x 90 x 6
Профиль	90 x 90 x 6; ГОСТ 8509 - 86
Сталь	С245; ГОСТ 27772-88; Стали по СНиП II-23-81*, лист
Сортамент	Уголок равнополочный

проценты использования по 1ПС

по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
31.7	71.6	71.6	0.55	0.0	49.4

проценты использов.по 2ПС		сводные%%использов.			шаг ребер/ планок
гибк. отн.Y1	гибк. отн.Z1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	
49.3	49.3	71.6	49.3	49.4	нет

4575-3-С11-КМ.Р