

1. Расчёт конструкций перекрытия

1. Сбор нагрузок

Нагрузки от собственного веса несущих конструкций – учитываются программой самостоятельно, исходя из задаваемого удельного веса и габаритов конструкций.

Таблица 1 – Нагрузки действующие на перекрытие

№ п/п	Наименование нагрузки	Ед. изм.	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
1	Вес полов и перегородок: 1. перегородки из гипсокартона: $t = 0.12$ м : эквивалентная распределенная нагрузка на перекрытие при $h = 3,0$ м 2. конструкция пола: OSB плита 12мм, плита ЦСП 16мм, ламинат, керамическая плитка Итого:	кН/м ²	1,5 0,8 2,3	1.3 1.3	1,95 1,04 2,99
2	Полезные нагрузки на перекрытия: 1. Квартиры жилых зданий, бытовые помещения	кН/м ²	2,0	1,2	2,4

Расчет обрешетки настила (OSB плита):

Шаг балок 600 мм (по ширине утеплителя)

С учётом грузовой площади расчетная нагрузка составит:

$$q_p = 299 + 240 = 539 \text{ кг/м,}$$

$$\text{нормативная : } q_n = 230 + 200 = 430 \text{ кг/м,}$$

Монтажная сосредоточенная нагрузка составит $P = 120$ кг.

Расчетный пролет обрешетки 0,45 м.

Максимальный расчетный изгибающий момент в пролете:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{539 \text{ кг/м} \cdot (0,45 \text{ м})^2}{8} = 13,65 \text{ кг} \cdot \text{м} (0,14 \text{ кН} \cdot \text{м})$$

Принимаю толщину OSB плиты 12мм

Момент сопротивления и инерции расчётной полосы настила равны:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{100 \cdot 1,2^2}{6} = 24 \text{ см}^3$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{100 \cdot 1,2^3}{6} = 14,4 \text{ см}^3$$

Напряжение изгиба:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1365}{24} = 57 \leq 130 \text{ кг/см}^3$$

Относительный прогиб:

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,3 \cdot 45^3}{10^5 \cdot 14,4} = \frac{1}{282} \leq \frac{1}{200}$$

Максимальный расчетный изгибающий момент в пролете при сосредоточенной нагрузке:

$$M = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{120 \cdot 45}{4} = 1350 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

Напряжение изгиба:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1350}{24} = 56,3 \leq 130 \cdot 1,2 = 156 \text{ кг/см}^3,$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий кратковременность действия монтажной нагрузки.

Расчет металлической балки БЗ

Расчетная нагрузка на перекрытие, включая вес самого перекрытия составляет 539 кг/м². Пролет балки 4,7м. Шаг балок 0,6м (по ширине утеплителя)

С учётом грузовой площади нагрузка составит: 539*0,6=323,4кг/м

Максимальный расчетный изгибающий момент в балке:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{323,4 \text{ кгс/м} \cdot (4,7 \text{ м})^2}{8} = 893,0 \text{ кгс} \cdot \text{м} (8,93 \text{ кН} \cdot \text{м})$$

Расчёт по прочности

Требуемый момент сопротивления балки определяем по формуле:

$$M_y = \frac{M}{R_y \cdot y_c} = \frac{893 \text{ кгс} \cdot \text{м}}{23 \cdot 0,9} = 43,2 \text{ см}^3$$

По сортаменту, в зависимости от W_y , подбираем требуемый профиль.

Для обеспечения прочности балки, минимальный, необходимый профиль двутавр №12Б1 по СТО АСЧМ 20-93 «Двутавры стальные горячекатанные. Сортамент»

Расчёт по предельному прогибу

Предельный прогиб по СП 20.13330.2011 составляет $L/200$ для:

«Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов): покрытий и перекрытий, открытых для обзора.»

Исходя из формулы для максимального прогиба балки:

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_H \cdot l}{EI} \leq \left[\frac{f}{l} \right],$$

где $E = 21 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$ – модуль упругости материала прогона (стали),

$\left[\frac{f}{l} \right]$ - предельный прогиб прогона,

требуемый момент инерции прогона определяем по формуле:

$$I_{тр} = \frac{200 \cdot 5 \cdot M_H \cdot l}{48E}$$
$$I_{тр} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 89300 \cdot 470}{48 \cdot 21 \cdot 10^5} = 416,4 \text{ см}^4$$

Двутавр №14Б1 по СТО АСЧМ 20-93 удовлетворяет требованиям жесткости.

2. Расчёт конструкций перекрытия в программном комплексе Лир-САПР 2013.

1. Общие положения

Расчёт произведён в программном комплексе Лир-САПР 2013.

Краткое описание конструкций сооружения.

Перекрытие каркасное из металлоконструкций плоское одноэтажное, устраиваемое внутри здания **каркасной конструктивной системы из кирпичной кладки**. Общая жесткость и устойчивость перекрытия обеспечивается совместной работой балок каркаса, опорные узлы которых замоноличены в ниши несущих кирпичных стен.

2. Обоснование расчетной схемы

В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях. В качестве основных неизвестных приняты следующие перемещения узлов:

X линейное по оси X

Y линейное по оси Y

Z линейное по оси Z

UX угловое вокруг оси X

UY угловое вокруг оси Y

UZ угловое вокруг оси Z

На расчетной схеме плиты в местах расположения колонн, диафрагм и ядра жесткости наложены связи в узлах по оси Z.

В ПК "ЛИРА" реализованы положения следующих разделов СП:

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»

СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция.»

В расчетную схему включены следующие типы элементов:

Тип 10. Универсальный пространственный стержневой КЭ

Координаты узлов и нагрузки, приведенные в развернутых описаны в правой декартовой системе координат.

Расчет выполнен на основное сочетание нагрузок.

Расчетные сочетания напряжений для пластинчатых элементов выбираются по критерию экстремальных напряжений с учетом направления главных площадок.

Индексация и правила знаков усилий в конечных элементах

Конечный элемент воспринимает следующие виды усилий, напряжений и реакций:

N_X нормальное напряжение вдоль оси X_1 ; положительный знак соответствует растяжению.

N_Y нормальное напряжение вдоль оси Y_1 ; положительный знак соответствует растяжению.

N_Z нормальное напряжение вдоль оси Z_1 (для случая плоской деформации); положительный знак соответствует растяжению.

T_{XY} сдвигающее напряжение, параллельное оси X_1 и лежащее в плоскости, параллельной X_1OZ_1 ; за положительное принято направление, совпадающее с направлением оси X_1 , если N_Y совпадает по направлению с осью Y_1 .

M_X момент, действующий на сечение, ортогональное оси X_1 ; положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси Z_1).

M_Y момент, действующий на сечение, ортогональное оси Y_1 ; положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси Z_1).

M_{XY} крутящий момент; положительный знак соответствует кривизне диагонали 1-4, направленной выпуклостью вниз (относительно оси Z_1).

Q_X — перерезывающая сила в сечении, ортогональном оси X_1 ; положительный знак соответствует совпадению направления силы с направлением оси Z_1 на той части элемента, в которой отсутствует узел 1.

Q_Y — перерезывающая сила в сечении, ортогональном оси Y_1 ; положительный знак соответствует совпадению направления силы с направлением оси Z_1 на той части элемента, в которой отсутствует узел 1.

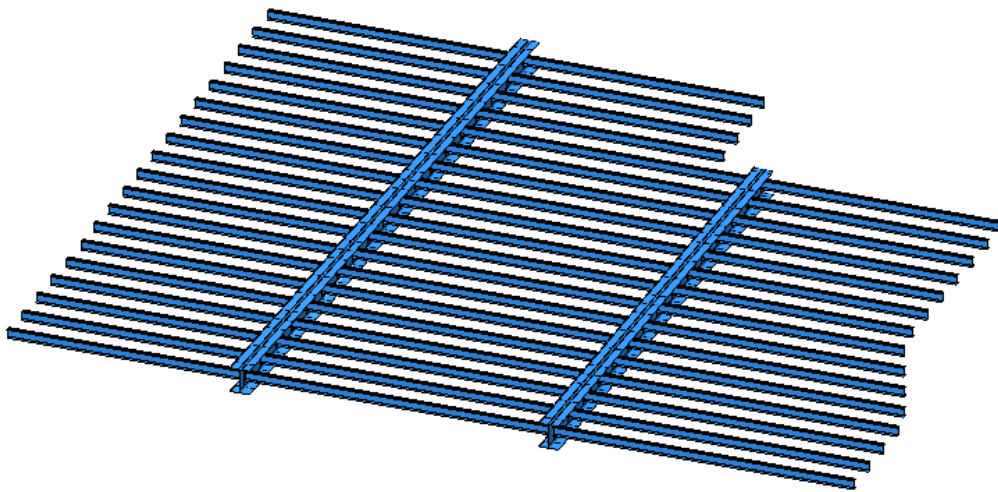


Рисунок 1- Пространственная расчетная модель

3. Статический расчет плиты

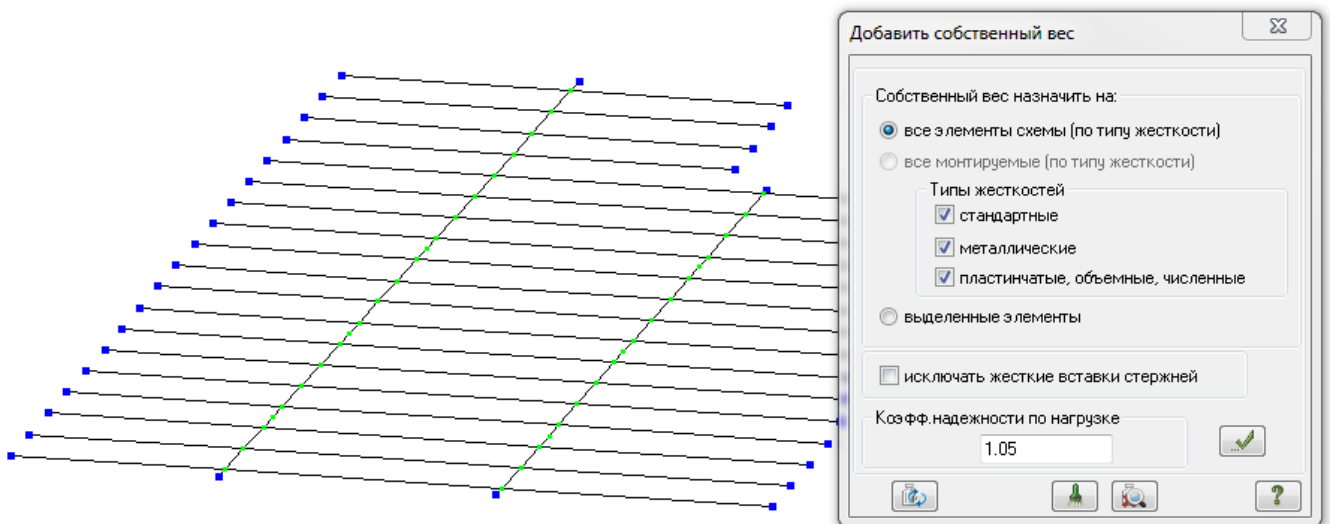


Рисунок 2 - Загрузка 1: Собственный вес конструкций

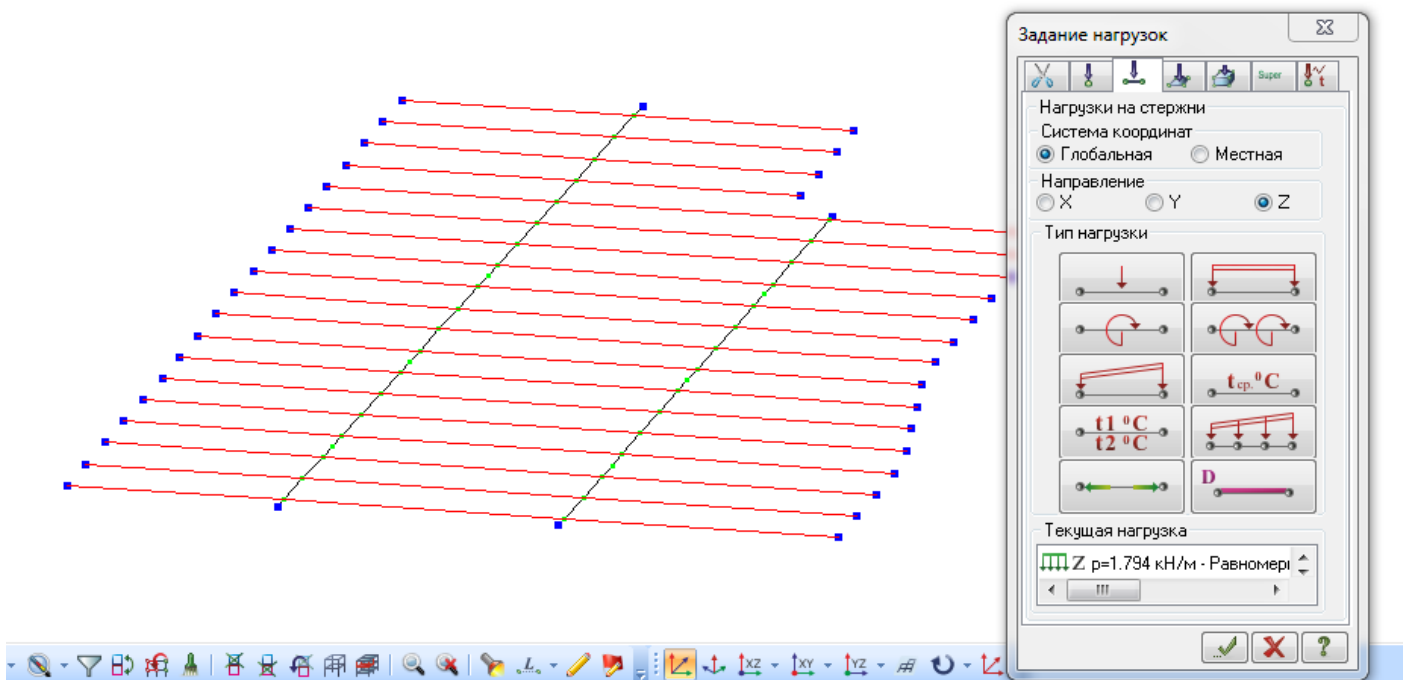


Рисунок 3 - Загружение 2: Вес пола и перегородок

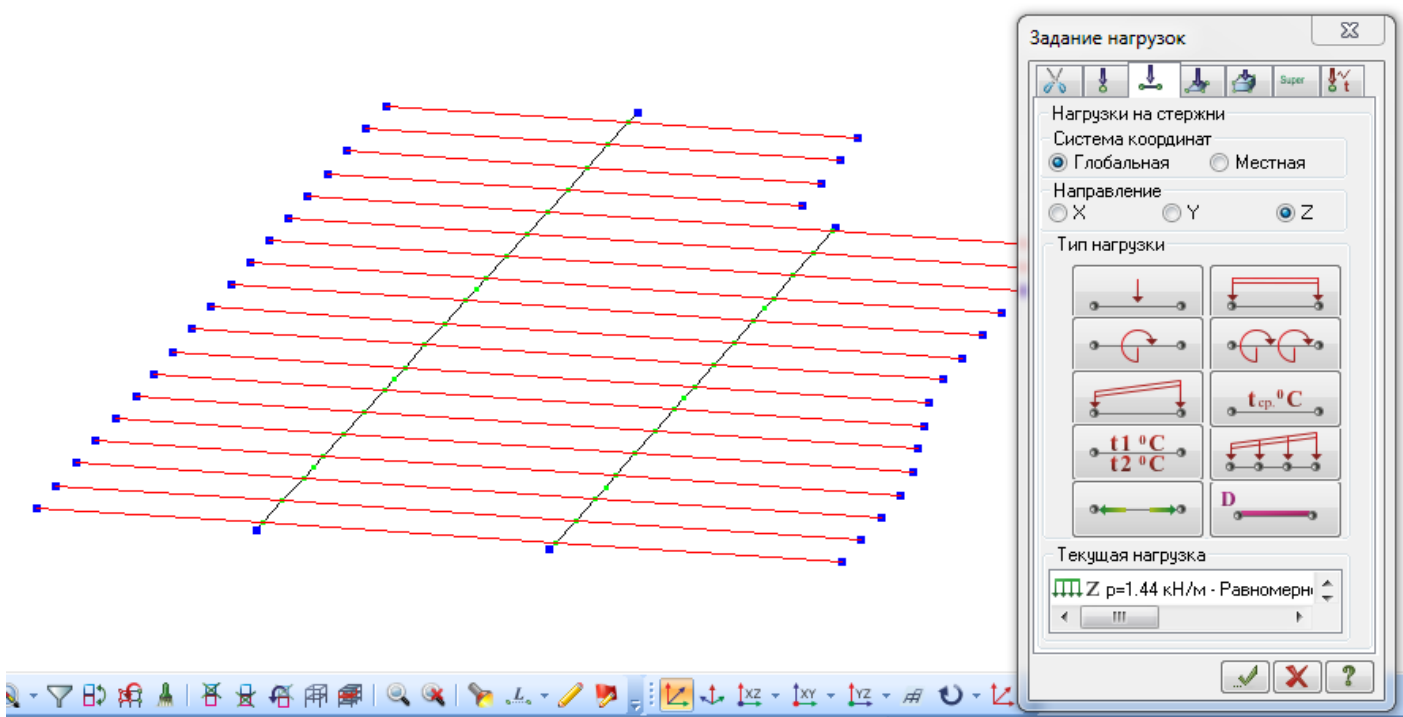


Рисунок 4 - Загружение 3: Полезная нагрузка на перекрытия

2.1 Конструктивный расчет конструкции каркаса перекрытия

Расчет каркаса проводился по прочности и прогибу элементов.

Расчет проводился по СП 16.13330.2011

Условия эксплуатации конструкции : в закрытом помещении.

Протокол расчета

Дата: 25.11.2018

GenuineIntel Intel(R) Core(TM) i5 CPU M 430 @ 2.27GHz 4 threads

Microsoft Windows 7 Ultimate Edition RUS Service Pack 1 (build 7601), 64-

bit

Размер доступной физической памяти = 830844416

14:19 Чтение исходных данных из файла C:\Users\Public\Documents\LIRA
SAPR\LIRA SAPR 2013 NonCommercial\Data\Каркас_2.txt

14:19 Контроль исходных данных основной схемы

Количество узлов = 82 (из них количество неудаленных = 82)

Количество элементов = 95 (из них количество неудаленных = 95)

ОСНОВНАЯ СХЕМА

14:19 Оптимизация порядка неизвестных

Количество неизвестных = 240

РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ

14:19 Формирование матрицы жесткости

14:19 Формирование векторов нагрузок

14:19 Разложение матрицы жесткости

14:19 Вычисление неизвестных

14:19 Контроль решения

Формирование результатов

14:19 Формирование топологии

14:19 Формирование перемещений

14:19 Вычисление и формирование усилий в элементах

14:19 Вычисление и формирование реакций в элементах

14:19 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях

14:19 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях

Суммарные узловые нагрузки на основную схему:

Загрузка 1 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=4.64932$ $PUX=-4.04728e-017$ $PUY=-1.18211e-016$ $PUZ=0$

Загрузка 2 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=40.0455$ $PUX=5.33955e-019$ $PUY=-1.11022e-016$ $PUZ=0$

Загрузка 3 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=32.1436$ $PUX=2.75781e-019$ $PUY=3.33067e-016$ $PUZ=0$

Расчет успешно завершен

Затраченное время = 0 мин

Результаты расчета в виде изополей усилий

Результаты статического расчета и подбора сечений в виде изополей представлены на рисунках 7 – 2.20.

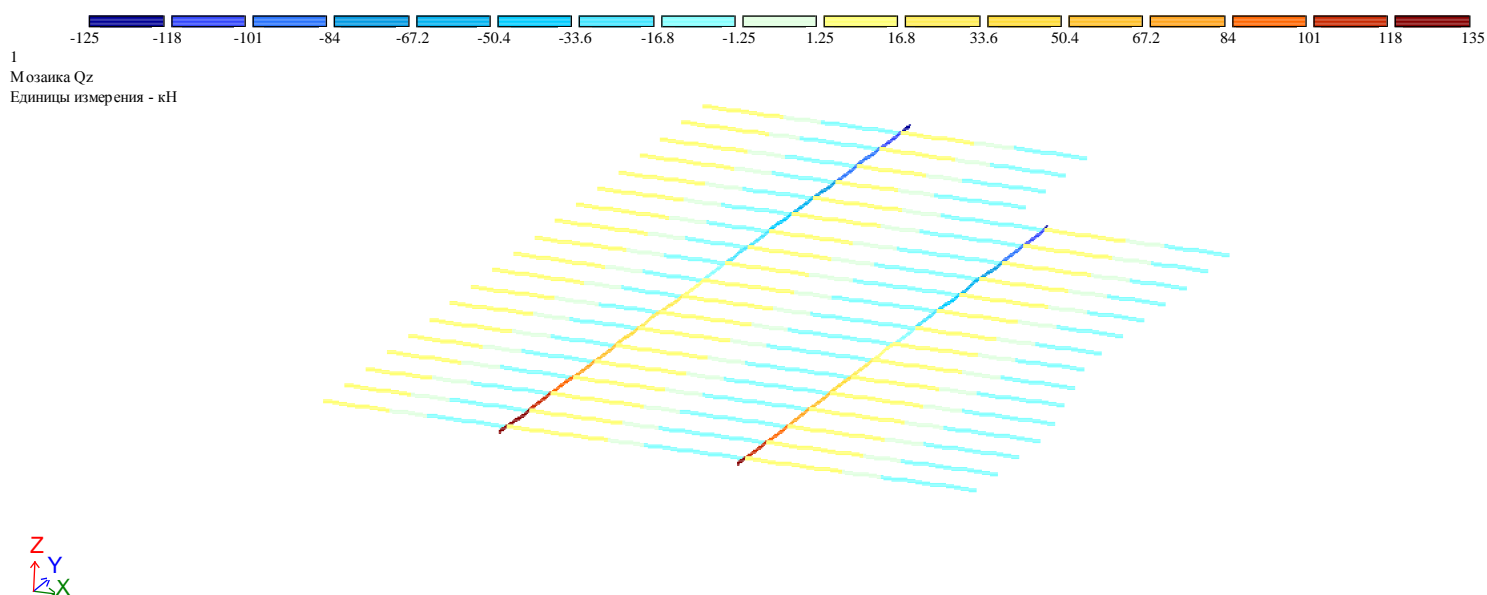


Рисунок 8 – Мозайка напряжений по Q_z

1
Мозайка M_y
Единицы измерения - кН*м

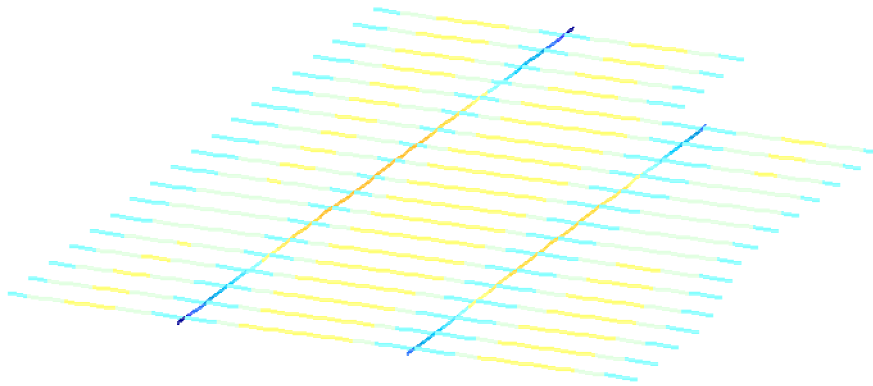
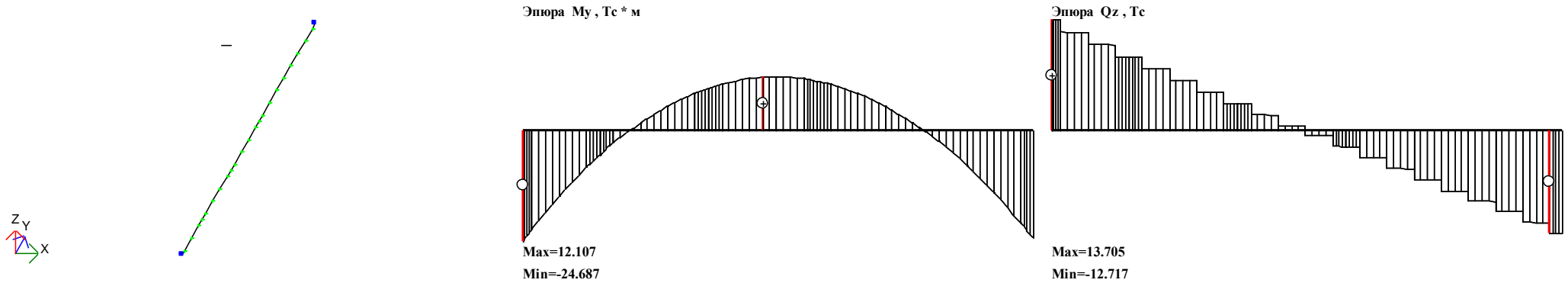


Рисунок 9 – Мозайка напряжений по M_y

2.2.3.2 Расчет стержней каркаса перекрытия

Подбор сечения балки Б1 (Элемент КБ3)



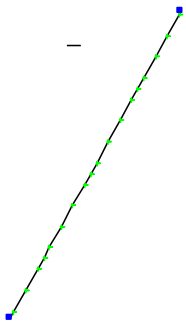
Шифр задачи : Каркас_2
Конструктивный элемент КБ3

огр а н и ч е н и я м				чистый изгиб
Y max	Z max	Y min	Z min	
300.00	300.00	1.00	1.00	нет
коэффициенты		L/f	тип расчета	шаг ребер/планокм
усл. работы	надежн.			
1.00	1.00	200	в упруг.	0.00

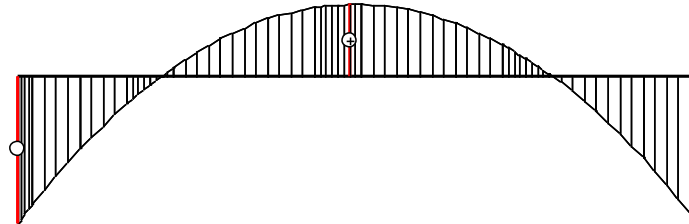
Результаты проверки

Сечение	1.1.1. Двутавр 40П2				
Профиль	40П2; СТО АСЧМ 20-93				
Сталь	С245; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	СТО АСЧМ 20-93. Широкополочные двутавры. Актуализированный				
проценты использования по ИПС					
норм.	касат.	приведен.	общ.уст.	уст.стен.	уст.пояс.
50.9	27.3	41.4	0.0	33.5	37.4
прогиб	шаг ребер/планок	наименьший коэф.Фb	сводные%%использов.		
			ИПС	2ИПС	местн.устойч.
1026	нет	1.000	50.9	19.5	37.4

Подбор сечения балки Б2 (Элемент КБ4)



Эпюра $M_y, T_c * m$



Max=8.7233
Min=-17.471

Эпюра Q_z, T_c



Max=12.451
Min=-12.519

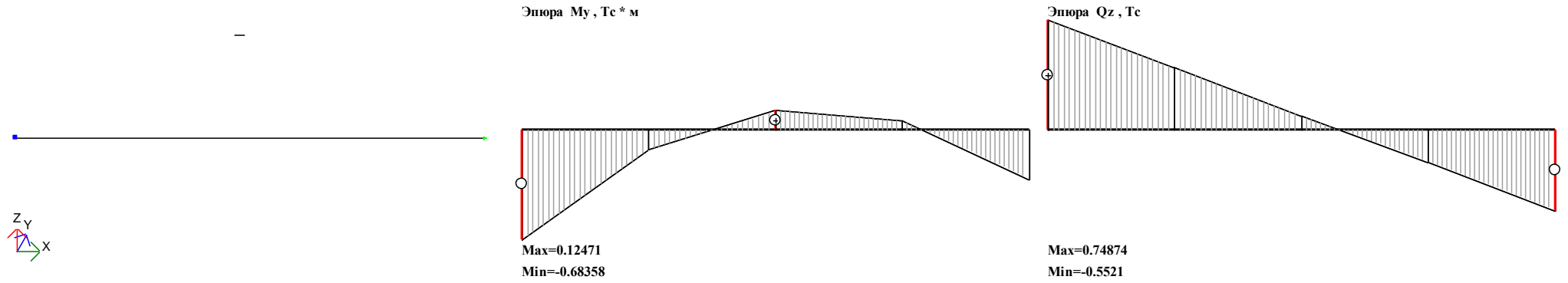
Шифр задачи : Каркас_2
Конструктивный элемент КБ4

огр а н и ч е н и я м				чистый изгиб
Y max	Z max	Y min	Z min	
300.00	300.00	1.00	1.00	нет
коэффициенты		L / f	тип расчета	шаг ребер/планокм
усл. работы	надежн.			
1.00	1.00	200	в упруг.	0.00

Результаты проверки

Сечение	1.1.1. Двутавр 40Ш2				
Профиль	40Ш2; СТО АСЧМ 20-93				
Сталь	С245; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	СТО АСЧМ 20-93. Широкополочные двутавры. Актуализированный				
проценты использования по ПС					
норм.	касат.	приведен.	общ.уст.	уст.стен.	уст.пояс.
36.0	24.9	31.7	0.0	33.5	31.5
прогиб	шаг ребер/планок	наименьший коэф.Фб	сводные%%использов.		
			1ПС	2ПС	местн.устойч.
1852	нет	1.000	36.0	10.8	33.5

Подбор сечения балки БЗ (Элемент 71)



Шифр задачи : Каркас_2
Элемент 71

огр а н и ч е н и я м				чистый изгиб
Y max	Z max	Y min	Z min	нет
300.00	300.00	1.00	1.00	нет
коэффициенты		L/f	тип расчета	шаг ребер/планок
усл. работы	надежн.			
1.00	1.00	200	в упруг.	0.00

Результаты проверки

Сечение	1.2.2. Двутавр 14Б1				
Профиль	14Б1; СТО АСМЧ 20-93				
Сталь	С235; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	СТО АСМЧ 20-93. Нормальные двутавры. Актуализированный				
проценты использования по ИПС					
норм.	касат.	приведен.	общ.уст.	уст.стен.	уст.пояс.
46.0	11.9	33.8	0.0	30.8	22.3
прогиб	шаг ребер/ планок	наименьший коэф.Фб	сводные %использов.		
			1ПС	2ПС	местн.устойч.
7967	нет	1.000	46.0	2.5	30.8

Исходя из расчетов и конструктивных решений, принимаю конструкцию антресоли со следующими сечениями элементов:

Сечение балки Б1 - двутавр №40Ш1 по СТО-АСЧМ 20-93,

Сечение балки Б2 - двутавр №40Ш1 по СТО-АСЧМ 20-93,

Сечение балки Б3 - двутавр №14Б1 по СТО-АСЧМ 20-93,

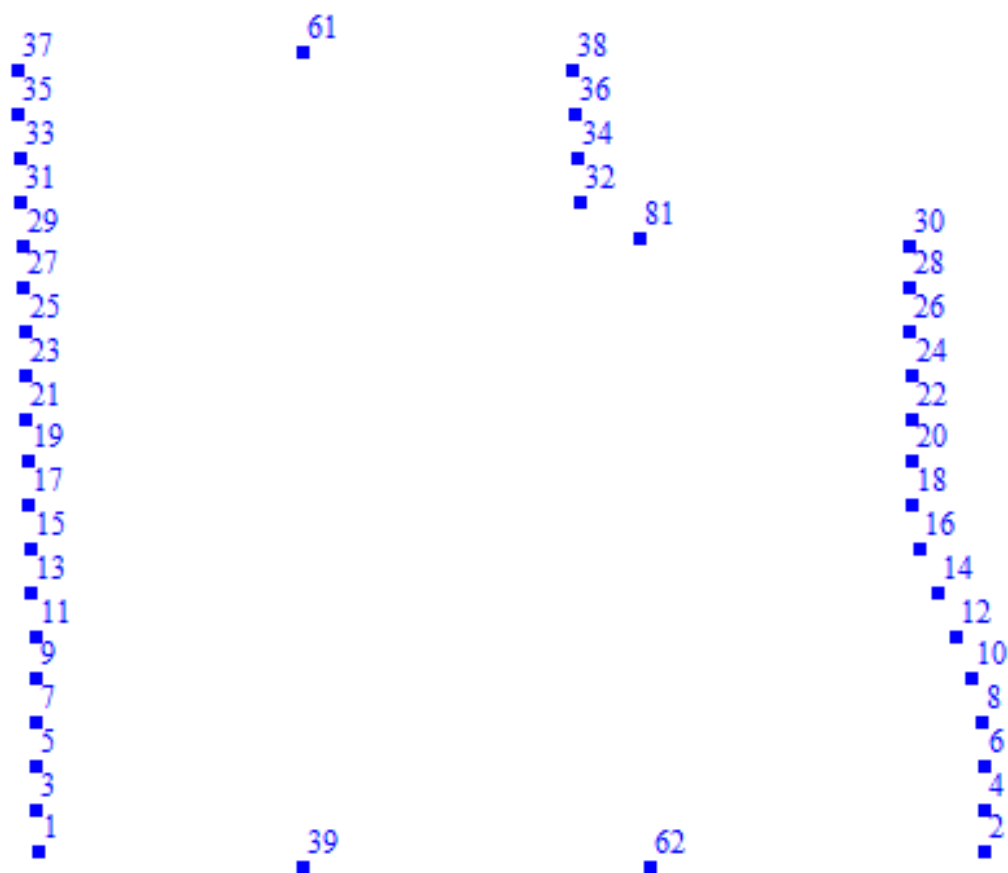


Рисунок 7. Номера опорных узлов

Таблица 1. Расчетные усилия в опорных узлах

№ узла	R _x (кН)	R _y (кН)	R _z (кН)	M _x (кН*м)	M _y (кН*м)	M _z (кН*м)
1	0.000	0.000	5.600	0.000	- 3.109	0.000
2	0.000	0.000	7.634	0.000	5.815	0.000
3	0.000	0.000	5.621	0.000	- 3.234	0.000
4	0.000	0.000	7.611	0.001	5.822	0.000
5	0.000	0.000	5.841	0.001	- 3.690	0.000
6	0.000	0.000	7.672	0.001	5.992	0.000
7	0.000	0.000	6.085	0.001	- 4.222	0.000
8	0.000	0.000	7.599	0.001	5.968	0.000
9	0.000	0.000	6.339	0.001	- 4.788	0.000
10	0.000	0.000	7.379	0.001	5.743	0.000
11	0.000	0.000	6.573	0.001	- 5.320	0.000
12	0.000	0.000	6.906	0.001	5.181	0.000
13	0.000	0.000	6.851	0.000	- 5.853	0.000
14	0.000	0.000	6.408	0.000	4.620	0.000
15	0.000	0.000	7.053	0.000	- 6.258	0.000
16	0.000	0.000	5.878	0.000	4.045	0.000
17	0.000	0.000	7.188	0.000	- 6.519	0.000
18	0.000	0.000	5.577	0.000	3.691	0.000
19	0.000	0.000	7.360	- 0.006	- 6.764	0.000
20	0.000	0.000	5.487	0.000	3.502	0.000
21	0.000	0.000	7.343	- 0.001	- 6.704	0.000
22	0.000	0.000	5.366	0.000	3.239	0.000
23	0.000	0.000	7.340	- 0.001	- 6.599	0.000
24	0.000	0.000	5.265	0.000	2.979	0.000
25	0.000	0.000	7.252	- 0.001	- 6.333	0.000
26	0.000	0.000	5.191	0.000	2.750	0.000
27	0.000	0.000	7.111	- 0.001	- 5.955	0.000
28	0.000	0.000	5.195	0.000	2.643	0.000
29	0.000	0.000	6.994	- 0.001	- 5.580	0.000
30	0.000	0.000	5.586	0.000	3.073	0.000
31	0.000	0.000	7.268	- 0.001	- 5.706	0.000
32	0.000	0.000	7.197	- 0.001	5.615	0.000
33	0.000	0.000	7.010	- 0.001	- 5.158	0.000
34	0.000	0.000	6.753	0.000	4.829	0.000
35	0.000	0.000	6.803	- 0.001	- 4.719	0.000
36	0.000	0.000	6.379	0.000	4.176	0.000
37	0.000	0.000	6.724	0.000	- 4.519	0.000
38	0.000	0.000	6.101	0.000	3.723	0.000
39	0.000	0.000	134.403	242.095	- 0.585	0.000
61	0.000	0.000	124.716	- 234.537	- 0.125	0.000
62	0.000	0.000	122.098	171.310	2.925	0.000
81	0.000	0.000	122.773	- 169.855	- 1.053	0.000

7. Перечень нормативных документов

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»;
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция.
3. В.Е. Шишкин «Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс»
4. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии»;
5. ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»;