МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Строительство, строительные материалы и конструкции»

РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ (СМЕШАННЫЙ КАРКАС)

Расчетно-графическая работа

по дисциплине

«Системы автоматизированного проектирования строительных конструкций»

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Выполнил: ст. гр. НОМЕР ГРУППЫ ФИО СТУДЕНТА

Проверил: ДАННЫЕ ПРЕПОДОВАТЕЛЯ

Тула

2022

Оглавление

Исходные данные 3

1. Компоновка каркаса 4

2. Сбор нагрузок 6

3. Статический расчет рамы средствами САПР 10

4. Расчет колонн и стропильных конструкций 21

5. Вывод 24

5. Литература 25

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Исходные данные

Вариант №7:

- Длина цеха №1, м – 96;
- Пролет цела №1, м – 30;
- Отм. низа стропильной конструкции цеха №1, м – 14.400;
- Пролет цела №2, м – 36;
- Отм. низа стропильной конструкции цеха №1, м – 8.400;
- Шаг по оси «А», м – 6;
- Шаг по оси «Б», м – 12;
- Шаг по оси «В», м – 6;
- Город строительства – Нижний Новгород;
- Тип стропильной конструкции №1 – стропильная ферма;
- Тип стропильной конструкции №2 – стропильная ферма;
- Класс бетона – В15;
- Класс арматуры – А400;
- Сталь – С245;
- Пояса ферм – парные L;
- Решетка ферм - парные L;
- Толщина стеновых панелей, мм – 160;
- Тип покрытия – ребристые железобетонные плиты покрытия, рубероидная кровля.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

1. Компоновка каркаса

Выбор сетки колонн. Шаг крайних колонн в продольном направлении принят 6 м, средних – 12 м. Шаг колонн в поперечном направлении соответствуют пролету цехов №1 – 30 м и №2 – 36 м.

Принята *«нулевая» система привязок*, когда наружные грани колонн и внутренние поверхности стен совмещаются с продольными разбивочными осями. Для здания без мостового крана и высоте от пола до низа несущих конструкций .4 .

По Заданию, в качестве *покрытия* приняты ребристые железобетонные плиты покрытия и рубероидная кровля. Покрытия выполняются по беспрогонной схеме. Крупноразмерные плиты покрытия укладываются непосредственном по стропильным фермам поперечных рам и привариваются к ним не менее, чем в трех углах. Глубина опирания не менее 100 мм. Сварка закладных деталей выполняется по всей длине, швы между плитами омоноличиваются, образовывая жесткий горизонтальный диск, обеспечивающий пространственную жесткость каркаса.

kaproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kaproekt.ru

Стропильные фермы располагаются в поперечном направлении. По средним рядам колонн в продольном направлении устанавливаются подстропильные конструкции.

Разбивка здания на температурные блоки. Длина здания по Заданию составляет 96 м, что больше 72 м. Здание поделено на два температурных блока по 48 м.

Компоновка поперечиной рамы (выбор типа и размеров сечений колонн). Для одноэтажного большепролетного производственного здания без мостового крана приняты колонны сплошного сечения размером 500х1000 мм.

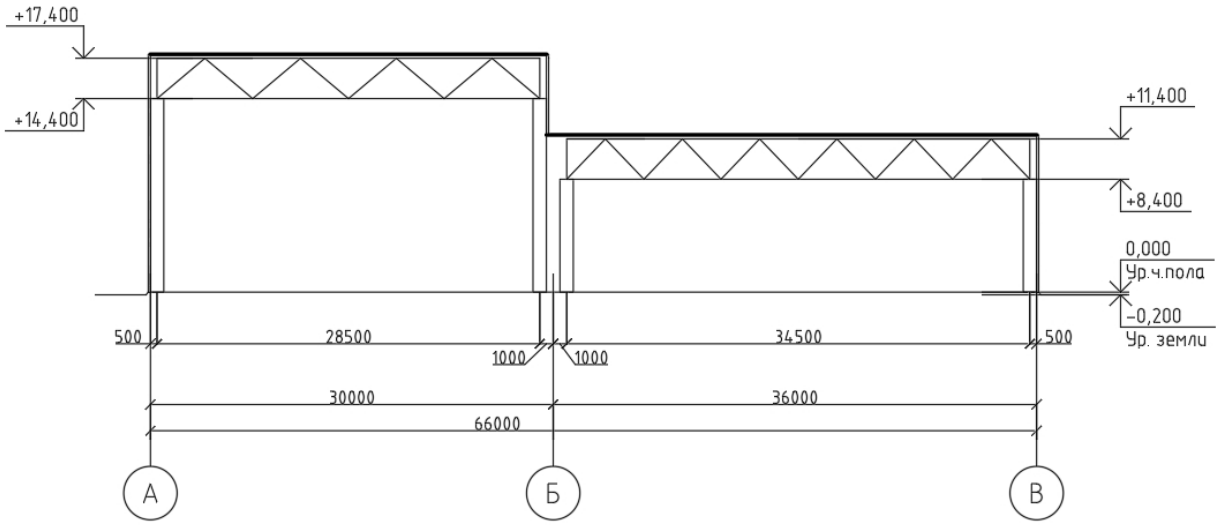


Рис. 1 Каркас здания в поперечном направлении

Выбор системы связей, обеспечивающих пространственную жесткость. Пространственную жесткость каркаса в поперечном направлении обеспечивают жесткое защемление колонн в фундамент и диск покрытия. В продольном направлении общую устойчивость каркаса обеспечивают вертикальные связи, установленные посредине температурного блока, и вертикальные связи фермы, установленные по краям температурного блока. Поверху колонн устанавливаются стальные распорки.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

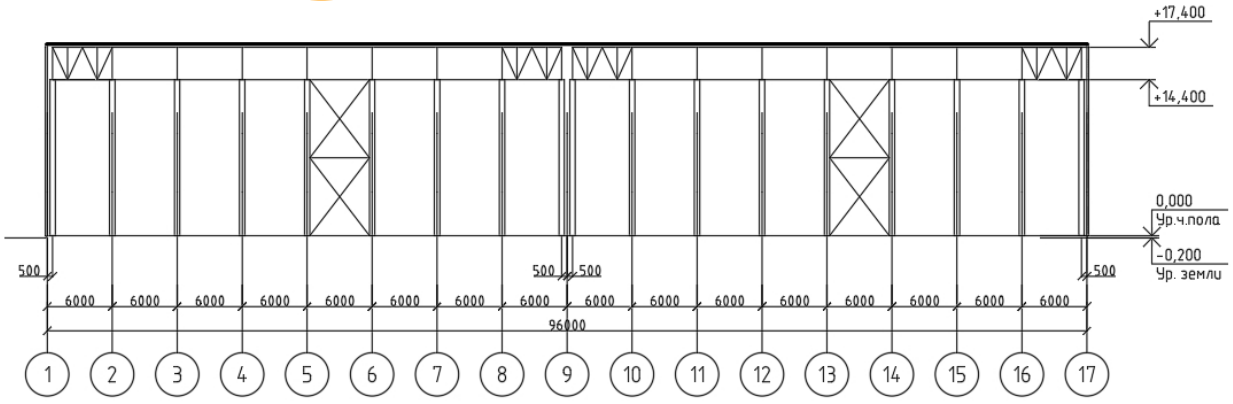
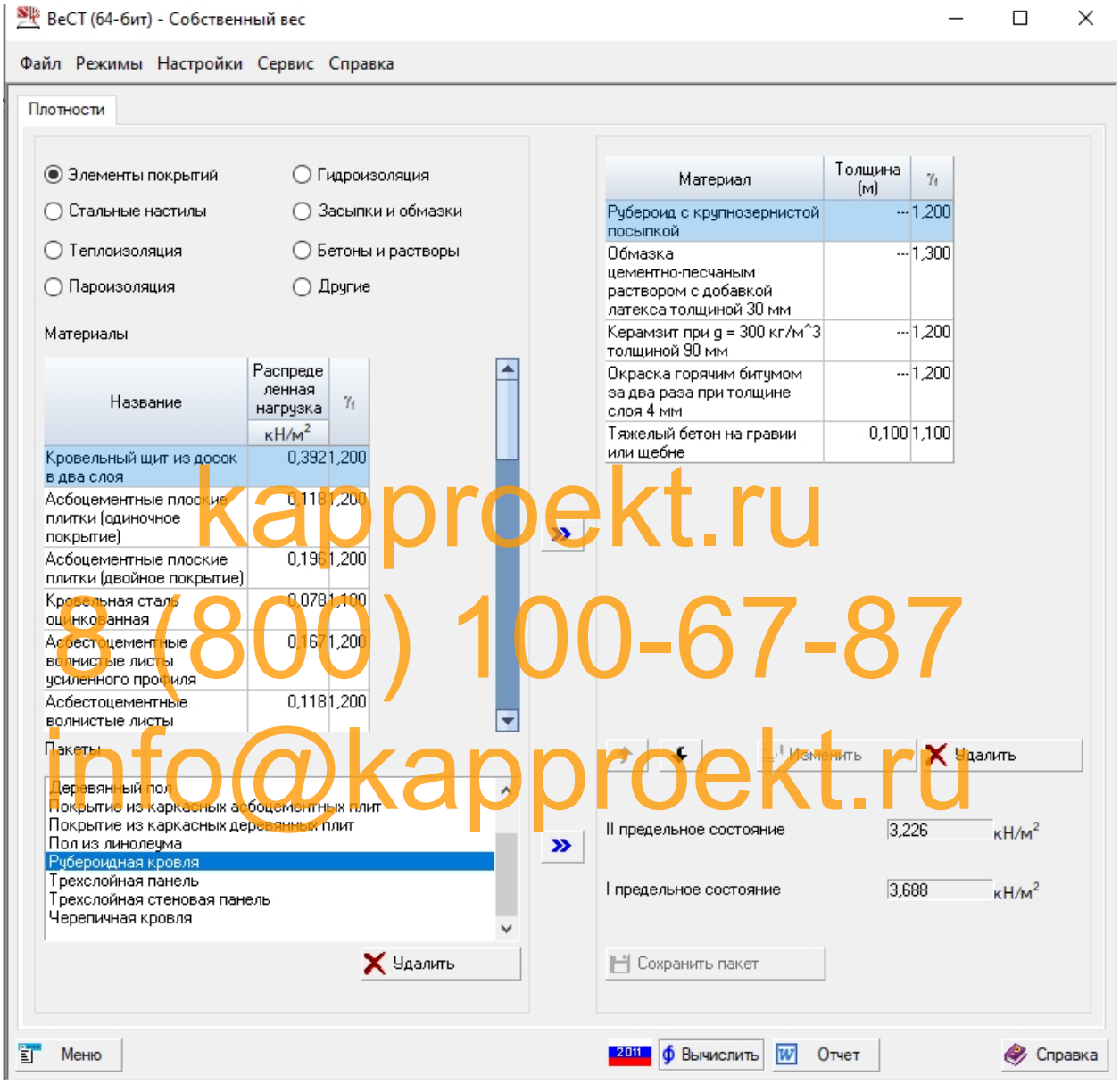


Рис. 2 Каркас здания в продольном направлении

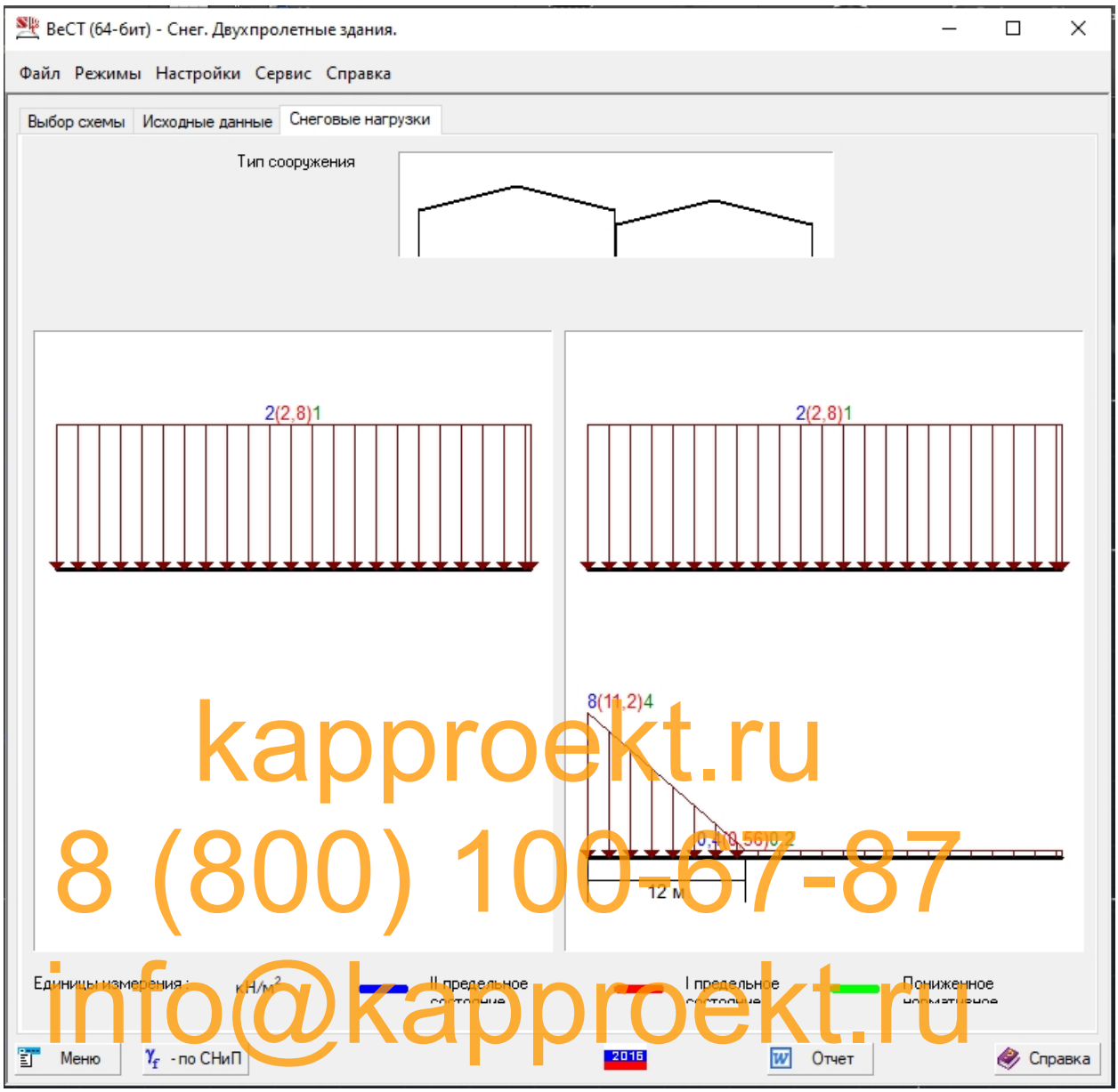
2. Сбор нагрузок

Сбор нагрузок осуществляется с помощью программы ВеСТ (см. Рис. 3-6). Собственный вес несущих конструкции учитывается в программе SCAD.



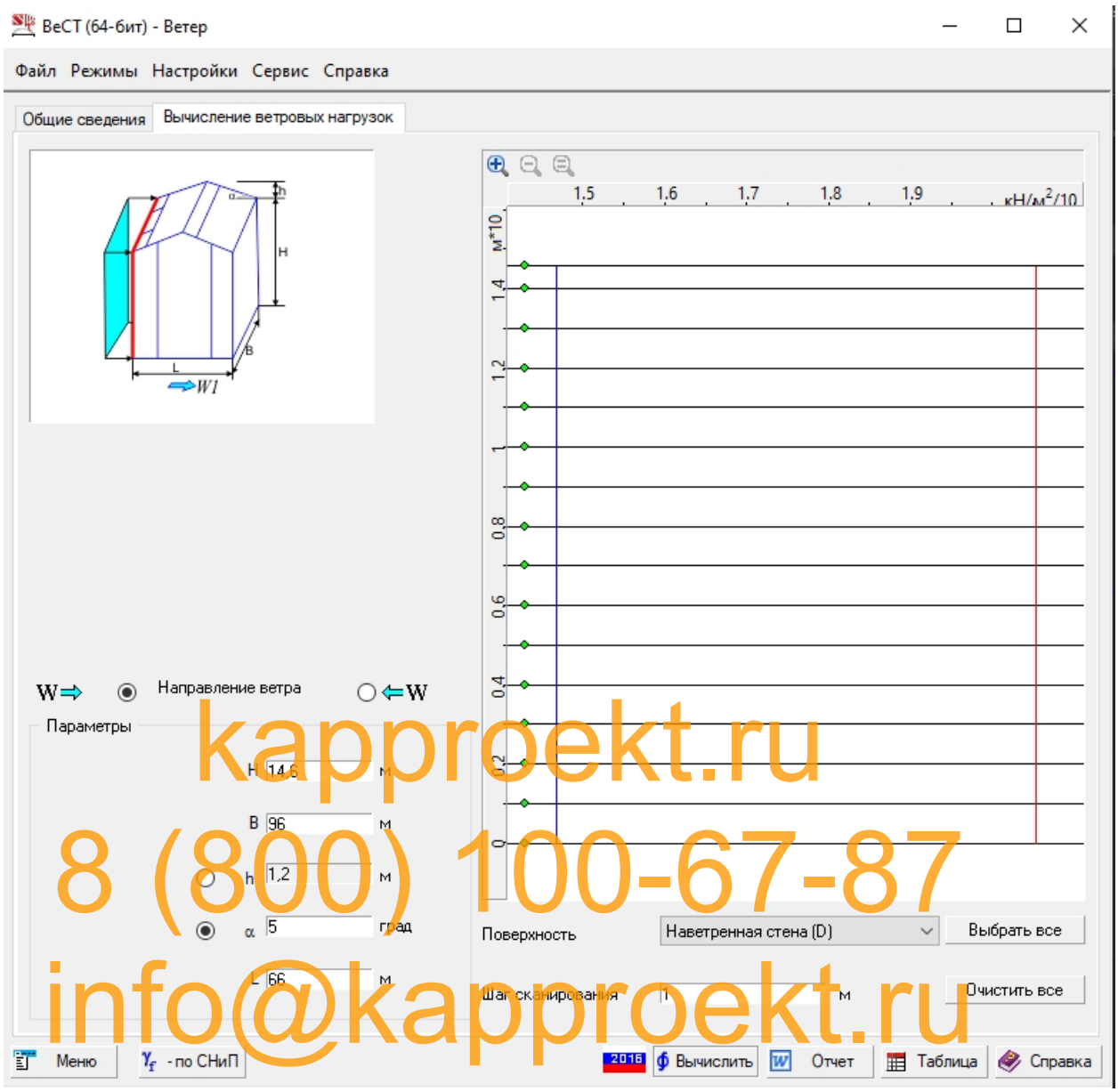
kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 3 Собственный вес рубероидной кровли



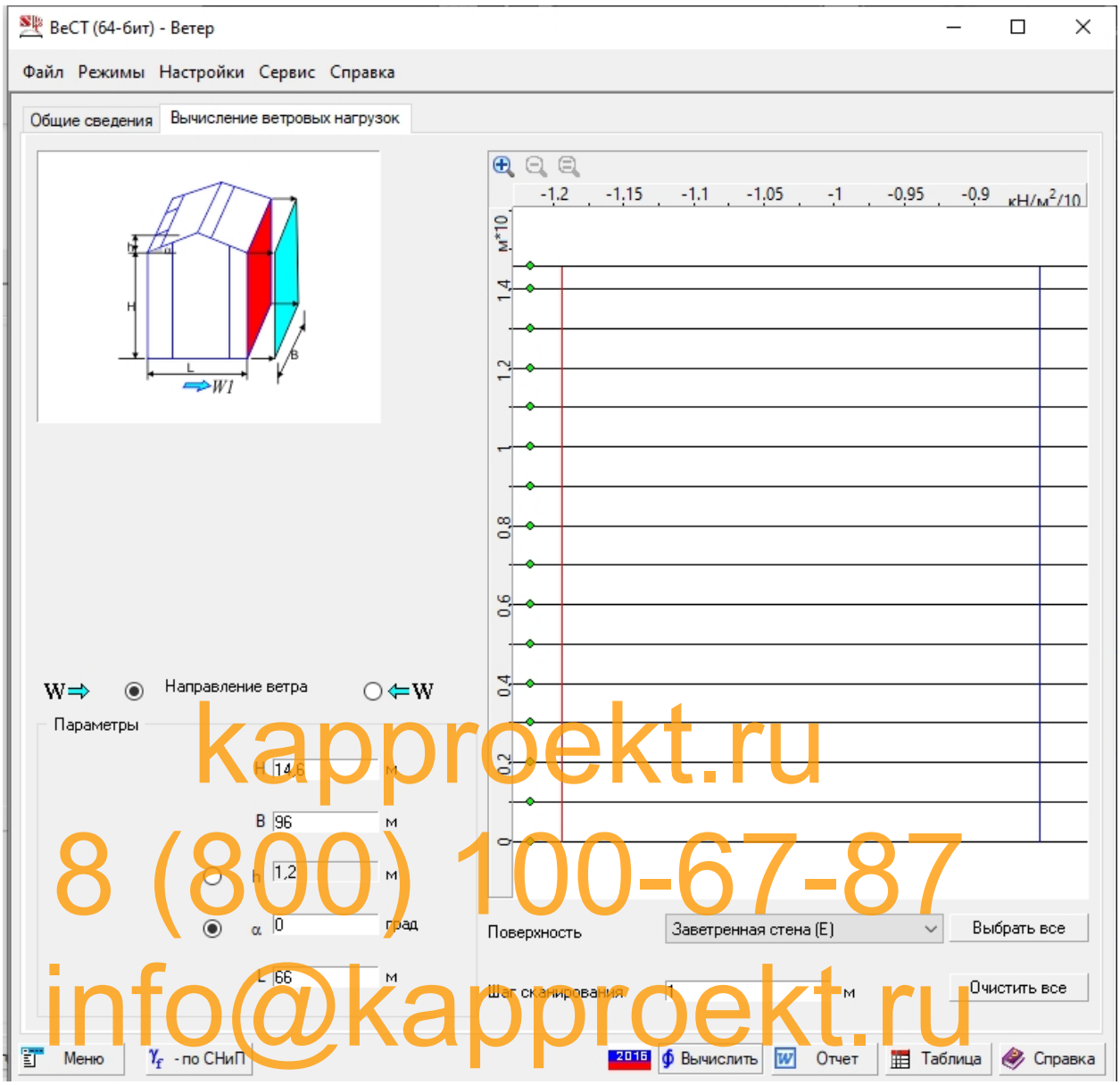
kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 4 Снеговая нагрузка



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 5 Ветровая нагрузка (наветренная сторона)



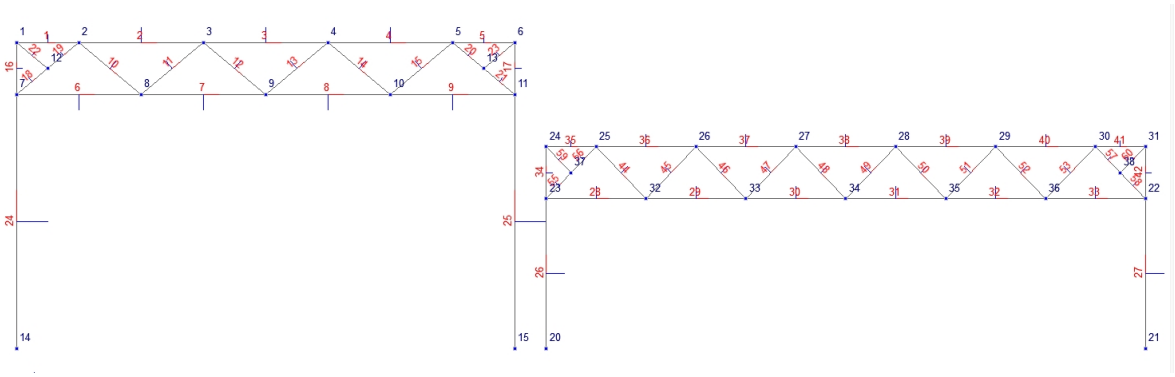
kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 6 Ветровая нагрузка (заветренная сторона)

3. Статический расчет рамы средствами САПР

Статический расчет рамы выполняется в программе SCAD.

1) Создаем новый проект. Тип схемы – плоская рама.
2) Создаем геометрию расчетной схемы при помощи команд: «Генерация прототипа фермы», «ввод узлов», «добавление стержней».



3) Рис. 7 Номера узлов и элементов, и местные оси расчетной схемы

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

4) Назначением типы конечных элементов. Для элементов фермы – Тип 1 (стержень плоской фермы). Для колонн – тип 2 (стержень плоской рамы).

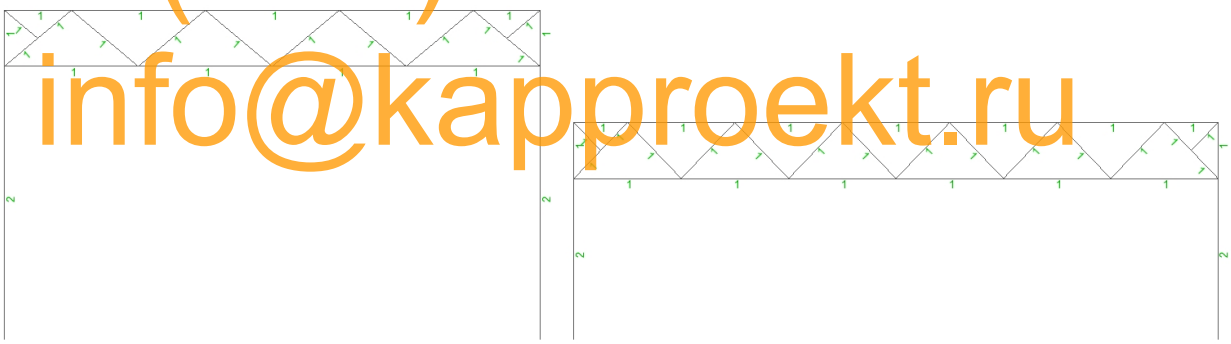


Рис. 8 Типы конечных элементов расчетной схемы

5) Назначаем жесткости элементам. Для колонн принимаем параметрический сечение размерами 500х1000 мм. Стержням фермы предварительно назначаем сечение из двух уголков L100х7.

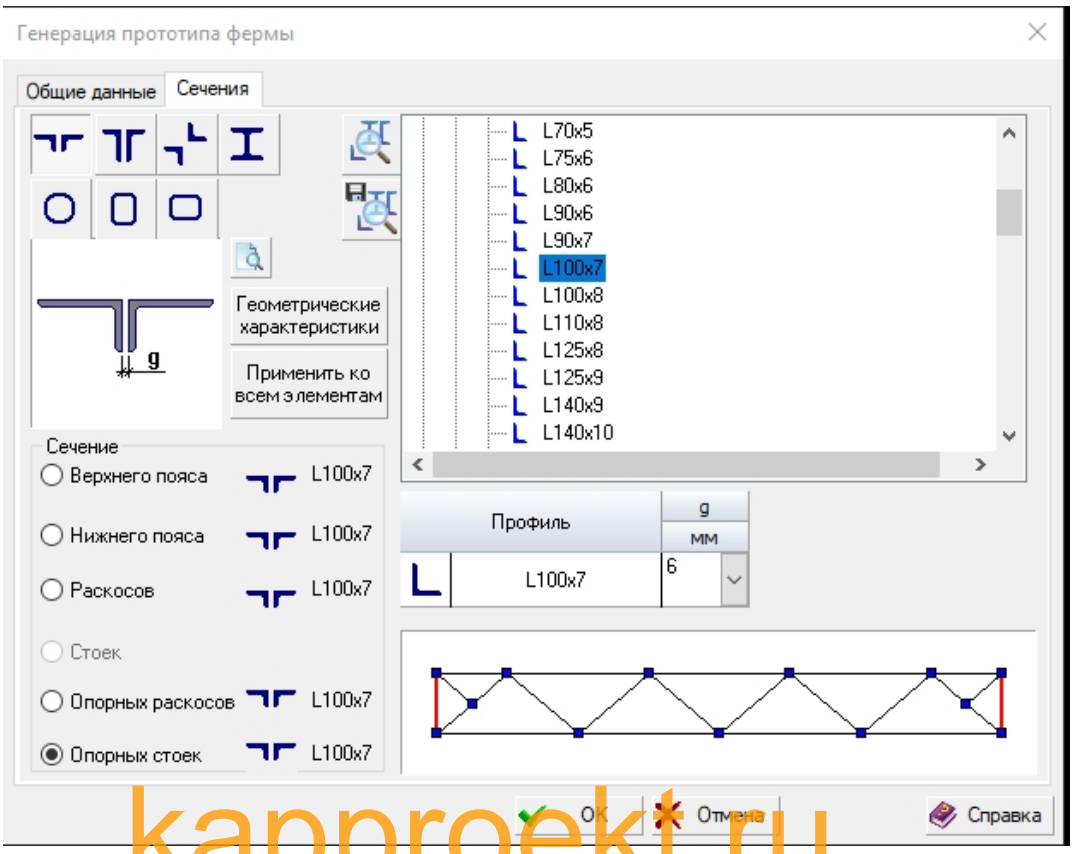


Рис. 9 Назначение жесткостей стальных конструкций

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

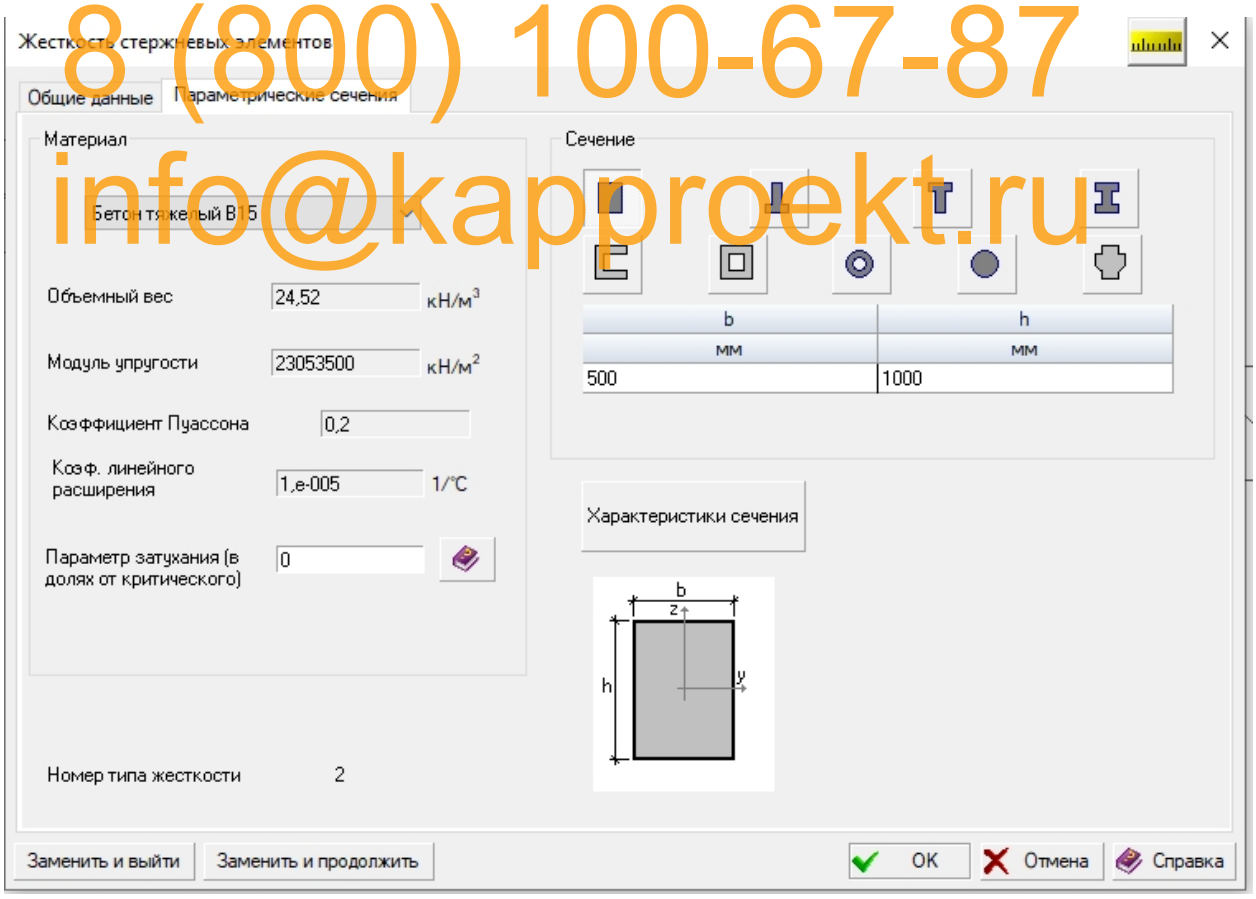


Рис. 10 Назначение жесткостей железобетонных конструкций

6) Колонны жестко защемлены в фундамент. Устанавливаем связи по всем направлениям.

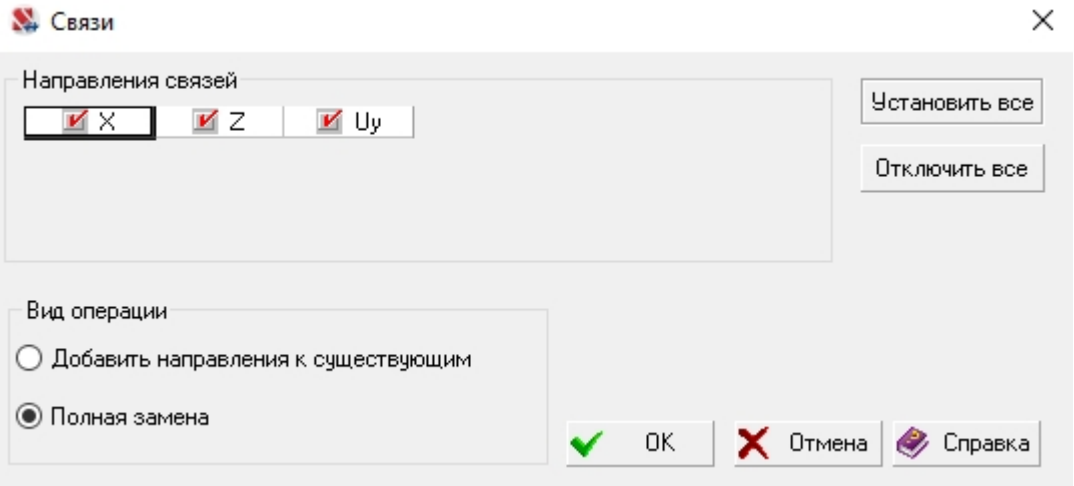


Рис. 11 Установка связей

7) Задаем узловые нагрузки на фермы и равномерно-распределенные на стержни колонн. На рис. 12-17 представлены заданные загружения.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

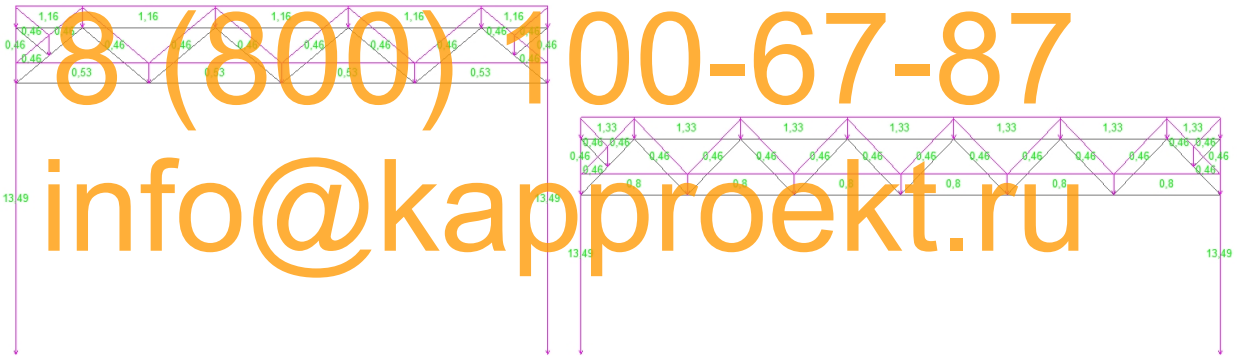


Рис. 12 Нагрузка от собственного веса конструкций

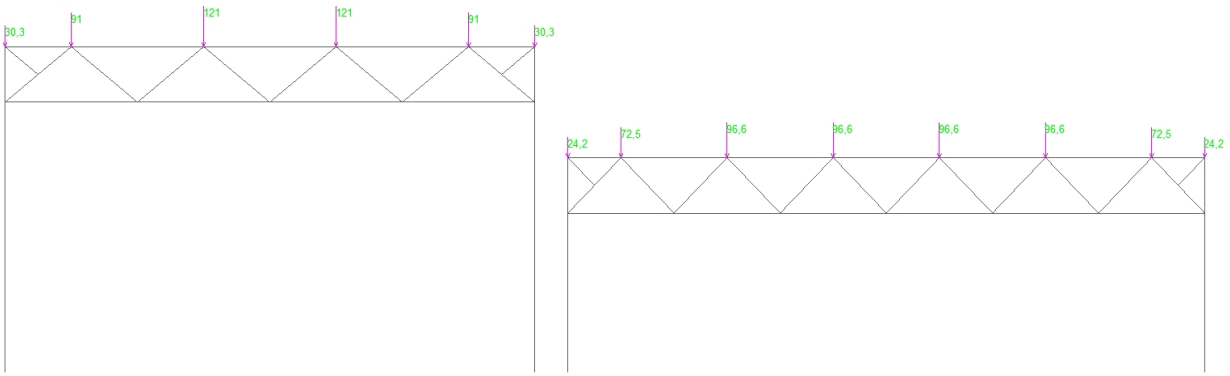


Рис. 13 Снеговая нагрузка

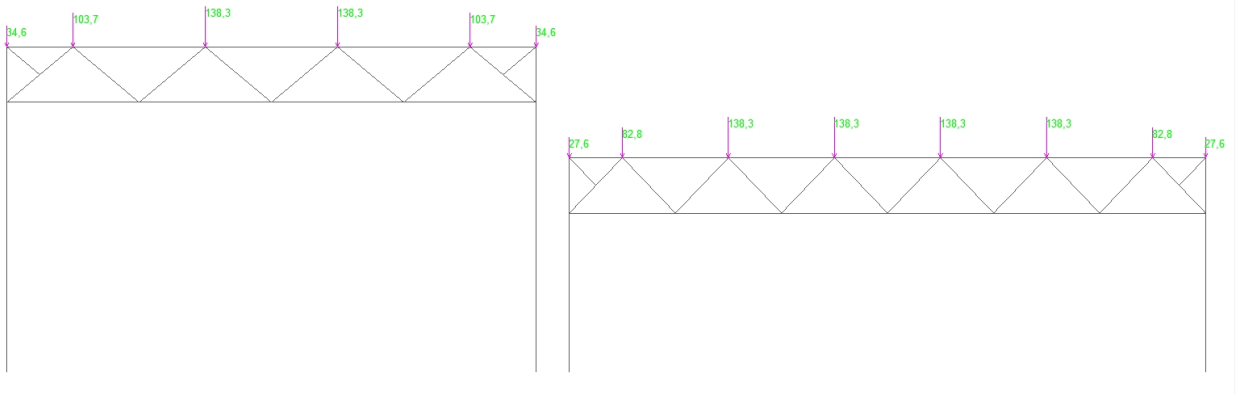


Рис. 14 Нагрузка от покрытия здания

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 15 Ветровая нагрузка

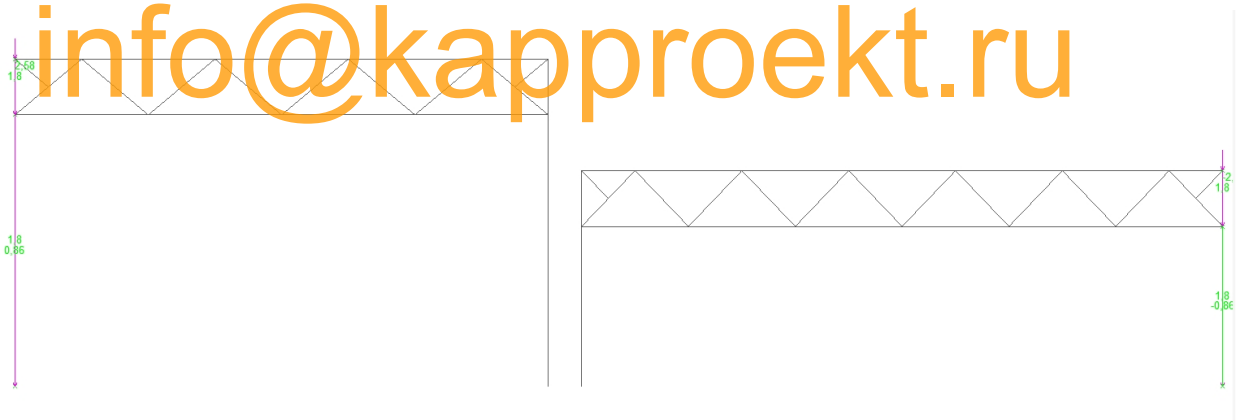


Рис. 16 Нагрузка от веса стеновых панелей

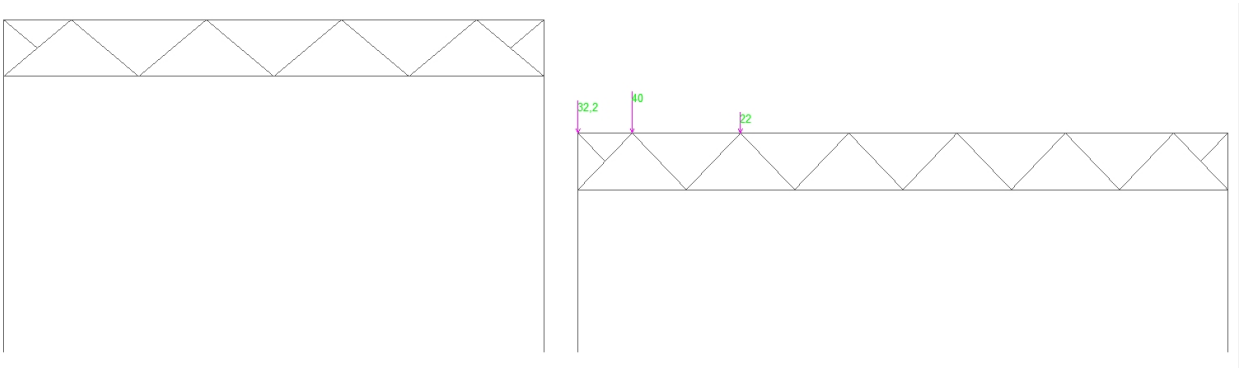
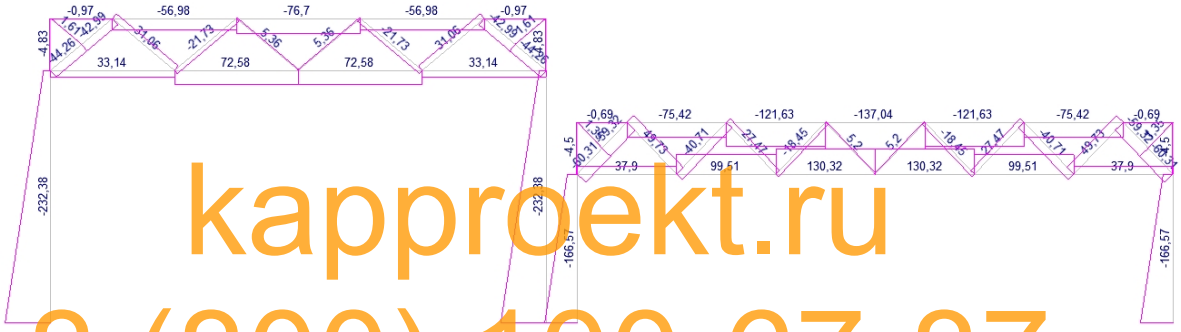


Рис. 17 Нагрузка от снегового мешка

8) Выполняем линейный расчет рамы. На рис. 18-20 представлены эпюры усилий и картины перемещений узлов.



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87

Рис. 18 Эпюра продольных усилий N, кН

info@kapproekt.ru

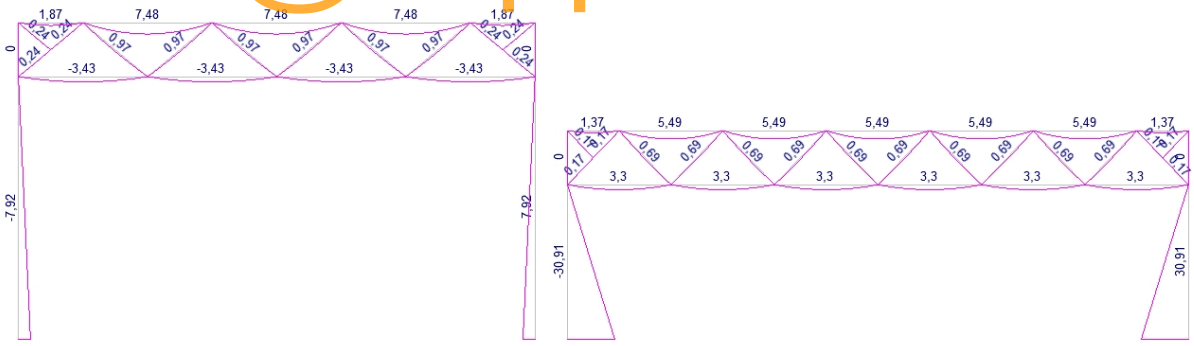


Рис. 19 Эпюра изгибающих моментов М, кН *м

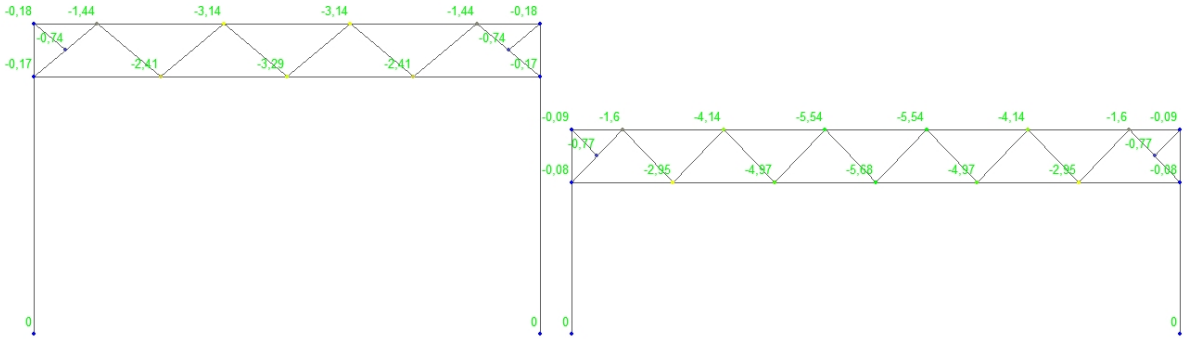


Рис. 20 Величины перемещений по оси Z, мм

9) В таблицах 1-2 представлены результаты расчёта стержневой системы.

Таблица 1. Величины перемещений в узлах расчетной схемы

Величины перемещений				
Узел	Загружение	Значение		
		X, мм	Z, мм	$U_{Y, град}$
1	1	-1,7	-0,388	0
1	2	-0,243	-0,181	0
1	3	-1,942	-0,443	0
1	4	5,778	2,502e-004	0
1	5	-0,467	0,031	0
2	1	-1,7	-9,703	0
2	2	-0,242	-1,44	0
2	3	-1,942	-11,08	0
2	4	5,775	0,049	0
2	5	-0,467	-0,026	0
3	1	-0,689	-22,144	0
3	2	-0,097	-3,14	0
3	3	-0,787	-25,293	0
3	4	5,772	0,102	0
3	5	-0,467	-0,026	0
4	1	-0,689	-22,144	0
4	2	-0,097	-3,14	0
4	3	-0,787	-25,293	0
4	4	5,769	0,108	0
4	5	-0,467	-0,02	0
5	1	-1,7	-9,703	0
5	2	-0,242	-1,44	0
5	3	-1,942	-11,08	0
5	4	5,768	0,058	0
5	5	-0,467	-0,009	0
6	1	-1,7	-0,388	0
6	2	-0,243	-0,181	0
6	3	-1,942	-0,443	0
6	4	5,768	-2,502e-004	0
6	5	-0,467	0	0
7	1	-4,368	-0,307	-0,026
7	2	-0,586	-0,17	-0,003
7	3	-4,988	-0,35	-0,029
7	4	5,814	2,502e-004	0,029
7	5	-0,469	-0,023	-0,003
8	1	-2,986	-16,528	0
8	2	-0,402	-2,407	0

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

8	3	-3,41	-18,877	0
8	4	5,794	0,073	0
8	5	-0,467	-0,026	0
9	1	1,298e-013	-22,968	0
9	2	2,31e-014	-3,287	0
9	3	1,445e-013	-26,234	0
9	4	5,771	0,104	0
9	5	-0,464	-0,023	0
10	1	2,986	-16,528	0
10	2	0,402	-2,407	0
10	3	3,41	-18,877	0
10	4	5,746	0,082	0
10	5	-0,462	-0,014	0
11	1	4,368	-0,307	0,026
11	2	0,586	-0,17	0,003
11	3	4,988	-0,35	0,029
11	4	5,718	-2,502e-004	0,034
11	5	-0,46	0	-0,003
12	1	-1,747	-4,51	0
12	2	-0,224	-0,744	0
12	3	-1,995	-5,151	0
12	4	5,797	0,023	0
12	5	-0,465	-0,028	0
13	1	1,747	-4,51	0
13	2	0,224	-0,744	0
13	3	1,995	-5,151	0
13	4	5,741	0,029	0
13	5	-0,463	-0,004	0
22	1	4,813	-0,216	0,048
22	2	0,793	-0,081	0,008
22	3	6,718	-0,289	0,067
22	4	0,552	-7,591e-005	0,005
22	5	0,099	-0,01	0,001
22	6	0,374	-0,007	0,004
23	1	-4,813	-0,216	-0,048
23	2	-0,793	-0,081	-0,008
23	3	-6,718	-0,289	-0,067
23	4	0,552	7,591e-005	0,005
23	5	0,099	0	0,001
23	6	-0,374	-0,064	-0,004
24	1	2,781	-0,281	0
24	2	0,473	-0,091	0
24	3	3,892	-0,362	0
24	4	0,536	7,591e-005	0
24	5	0,096	0	0
24	6	0,334	-0,149	0
25	1	2,781	-9,374	0
25	2	0,473	-1,598	0
25	3	3,892	-13,001	0
25	4	0,536	-0,015	0
25	5	0,096	-0,004	0
25	6	0,334	-1,119	0
26	1	1,998	-24,592	0
26	2	0,338	-4,136	0
26	3	2,807	-34,43	0
26	4	0,537	-0,032	0
26	5	0,096	-0,011	0
26	6	0,221	-2,274	0
27	1	0,721	-33,042	0
27	2	0,122	-5,545	0
27	3	1,014	-46,35	0
27	4	0,537	-0,038	0
27	5	0,096	-0,015	0

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

27	6	0,101	-2,472	0
28	1	-0,721	-33,042	0
28	2	-0,122	-5,545	0
28	3	-1,014	-46,35	0
28	4	0,538	-0,035	0
28	5	0,096	-0,016	0
28	6	0,01	-2,14	0
29	1	-1,998	-24,592	0
29	2	-0,338	-4,136	0
29	3	-2,807	-34,43	0
29	4	0,54	-0,026	0
29	5	0,096	-0,016	0
29	6	-0,05	-1,433	0
30	1	-2,781	-9,374	0
30	2	-0,473	-1,598	0
30	3	-3,892	-13,001	0
30	4	0,541	-0,01	0
30	5	0,096	-0,013	0
30	6	-0,08	-0,504	0
31	1	-2,781	-0,281	0
31	2	-0,473	-0,091	0
31	3	-3,892	-0,362	0
31	4	0,543	-7,591e-005	0
31	5	0,096	-0,017	0
31	6	-0,08	-0,007	0
32	1	-4,123	-17,358	0
32	2	-0,681	-2,954	0
32	3	-5,788	-24,235	0
32	4	0,527	-0,023	0
32	5	0,092	-0,008	0
32	6	-0,228	-1,751	0
33	1	-2,336	-29,429	0
33	2	-0,386	-4,967	0
33	3	-3,287	-41,249	0
33	4	0,533	-0,035	0
33	5	0,094	-0,013	0
33	6	-0,007	-2,431	0
34	1	1,22e-013	-33,733	0
34	2	2,002e-014	-5,685	0
34	3	1,767e-013	-47,322	0
34	4	0,538	-0,036	0
34	5	0,095	-0,015	0
34	6	0,163	-2,349	0
35	1	2,336	-29,429	0
35	2	0,386	-4,967	0
35	3	3,287	-41,249	0
35	4	0,543	-0,03	0
35	5	0,096	-0,016	0
35	6	0,284	-1,815	0
36	1	4,123	-17,358	0
36	2	0,681	-2,954	0
36	3	5,788	-24,235	0
36	4	0,548	-0,017	0
36	5	0,097	-0,014	0
36	6	0,354	-0,983	0
37	1	-1,473	-4,357	0
37	2	-0,233	-0,771	0
37	3	-2,038	-6,046	0
37	4	0,528	-0,007	0
37	5	0,094	-0,002	0
37	6	-0,073	-0,54	0
38	1	1,473	-4,357	0
38	2	0,233	-0,771	0

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

38	3	2,038	-6,046	0
38	4	0,547	-0,005	0
38	5	0,093	-0,015	0
38	6	0,163	-0,24	0

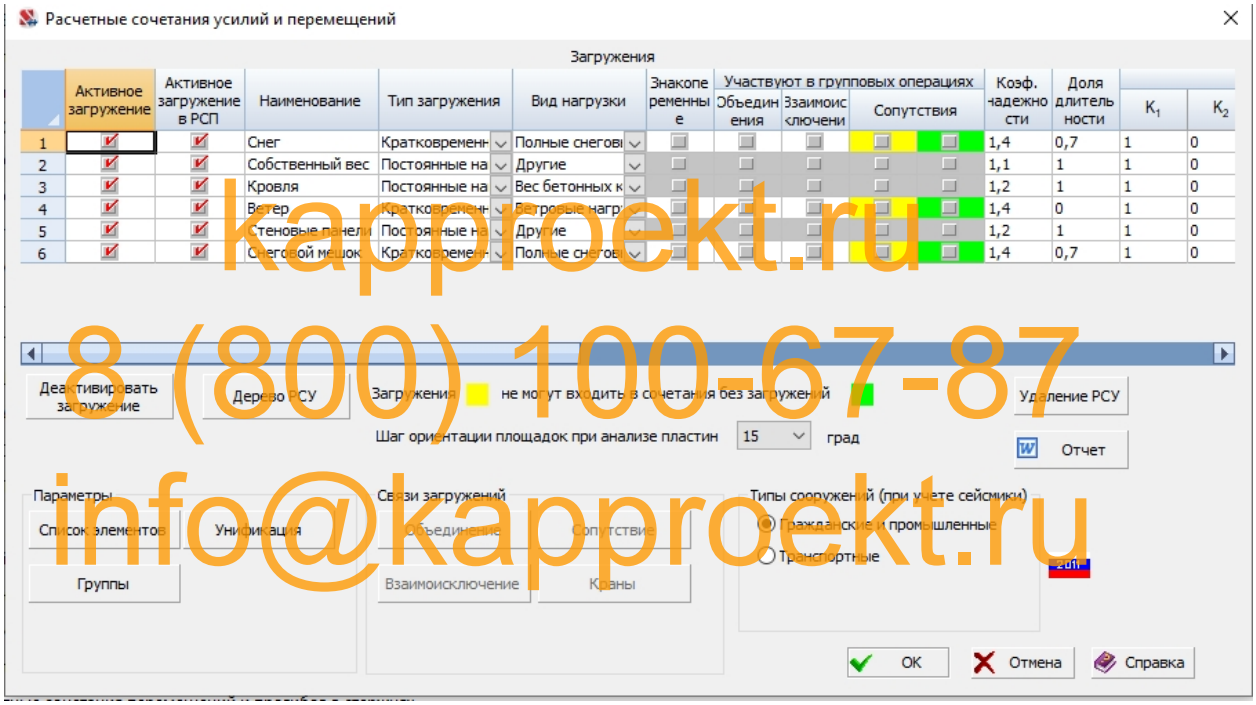
Таблица 2. Усилия в колоннах

Величины усилий в колоннах					
Элемент	Сечение	Загружение	Значение		
			N, кН	M_y, кН*м	Q_z, кН
24	1	1	-242,3	-59,049	4,044
24	1	2	-232,383	-7,919	0,542
24	1	3	-276,6	-67,436	4,619
24	1	4	0,198	112,177	-16,881
24	1	5	-31,68	-6,342	-0,426
24	2	1	-242,3	-29,524	4,044
24	2	2	-133,915	-3,959	0,542
24	2	3	-276,6	-33,718	4,619
24	2	4	0,198	22,516	-7,683
24	2	5	-18,54	-3,171	-0,426
24	3	1	-242,3	1,455e-014	4,044
24	3	2	-35,447	0	0,542
24	3	3	-276,6	-2,91e-014	4,619
24	3	4	0,198	1,455e-014	1,515
24	3	5	-5,4	0	-0,426
25	1	1	-242,3	59,049	-4,044
25	1	2	-232,383	7,919	-0,542
25	1	3	-276,6	67,436	-4,619
25	1	4	-0,198	77,301	-5,295
25	1	5	-1,552e-014	-6,214	0,426
25	2	1	-242,3	29,524	-4,044
25	2	2	-133,915	3,959	-0,542
25	2	3	-276,6	33,718	-4,619
25	2	4	-0,198	38,651	-5,295
25	2	5	-1,552e-014	-3,107	0,426
25	3	1	-242,3	-1,455e-014	-4,044
25	3	2	-35,447	0	-0,542
25	3	3	-276,6	0	-4,619
25	3	4	-0,198	-2,91e-014	-5,295
25	3	5	-1,552e-014	0	0,426
26	1	1	-289,9	-187,51	21,804
26	1	2	-166,575	-30,909	3,594
26	1	3	-387	-261,755	30,437
26	1	4	0,102	20,265	-2,356
26	1	5	0	3,555	-0,413
26	1	6	-85,367	-14,57	1,694
26	2	1	-289,9	-93,755	21,804
26	2	2	-108,573	-15,454	3,594
26	2	3	-387	-130,878	30,437
26	2	4	0,102	10,133	-2,356
26	2	5	0	1,777	-0,413
26	2	6	-85,367	-7,285	1,694
26	3	1	-289,9	5,821e-014	21,804
26	3	2	-50,572	0	3,594
26	3	3	-387	1,164e-013	30,437
26	3	4	0,102	0	-2,356
26	3	5	0	0	-0,413
26	3	6	-85,367	0	1,694
27	1	1	-289,9	187,51	-21,804
27	1	2	-166,575	30,909	-3,594
27	1	3	-387	261,755	-30,437

kapproekt.ru
8(800)100-67-87
info@kapproekt.ru

27	1	4	-0,102	28,703	-6,692
27	1	5	-20,88	3,841	0,413
27	1	6	-8,833	14,57	-1,694
27	2	1	-289,9	93,755	-21,804
27	2	2	-108,573	15,454	-3,594
27	2	3	-387	130,878	-30,437
27	2	4	-0,102	7,141	-3,338
27	2	5	-13,14	1,921	0,413
27	2	6	-8,833	7,285	-1,694
27	3	1	-289,9	-5,821e-014	-21,804
27	3	2	-50,572	1,455e-014	-3,594
27	3	3	-387	2,328e-013	-30,437
27	3	4	-0,102	0	0,016
27	3	5	-5,4	0	0,413
27	3	6	-8,833	0	-1,694

10) Задаем расчетные сочетания усилий (РСУ).

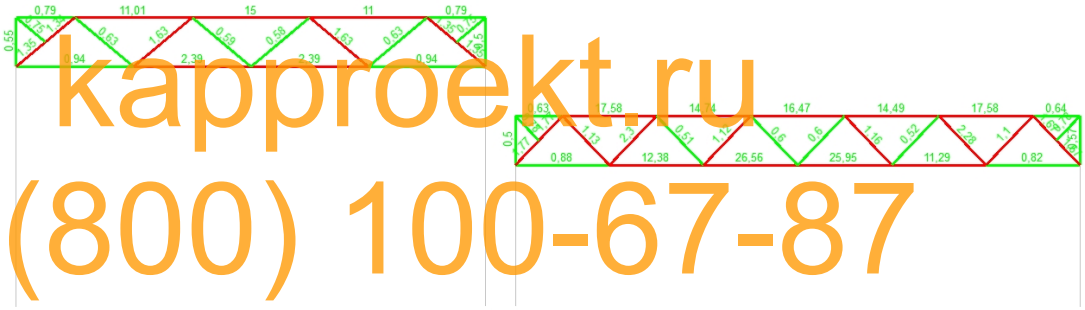


kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 21 Расчетные сочетания усилий

4. Расчет колонн и стропильных конструкций

1) По результатам линейного расчета выполним проверку несущей способности и подбор сечений для стальных конструкций и арматуры для железобетонных.
2) Создаем группы армирования стержней для железобетонных колонн. Расчетные длины назначаем в соответствии с Таблицей 7.1 СП 355.1325800.2017.
3) Назначаем группы конструктивных элементов для стержней ферм. Расчетные длины принимаем по Таблице 24, СП 16.13330.2017.
4) Выполняем расчет. Часть элементов фермы не проходят проверку по несущей способности. Выполняем подбор сечений и меняем жесткости в расчетной схеме. На Рис. 24 представлен результат проверки стальных конструкций по несущей способности после изменения жесткостей.



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 22 Результаты проверки на несущую способность предварительно назначенных сечений стальных конструкций

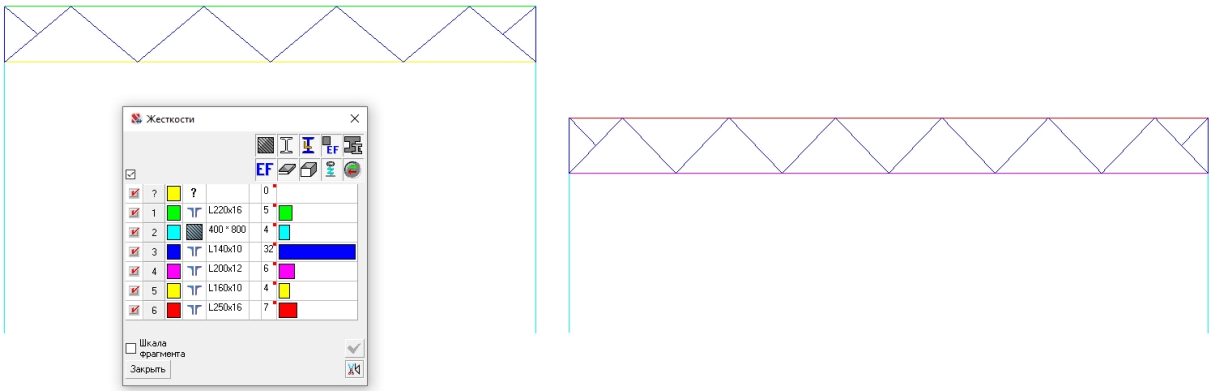


Рис. 23 Изменение жесткостей стальных конструкций по результатам расчета

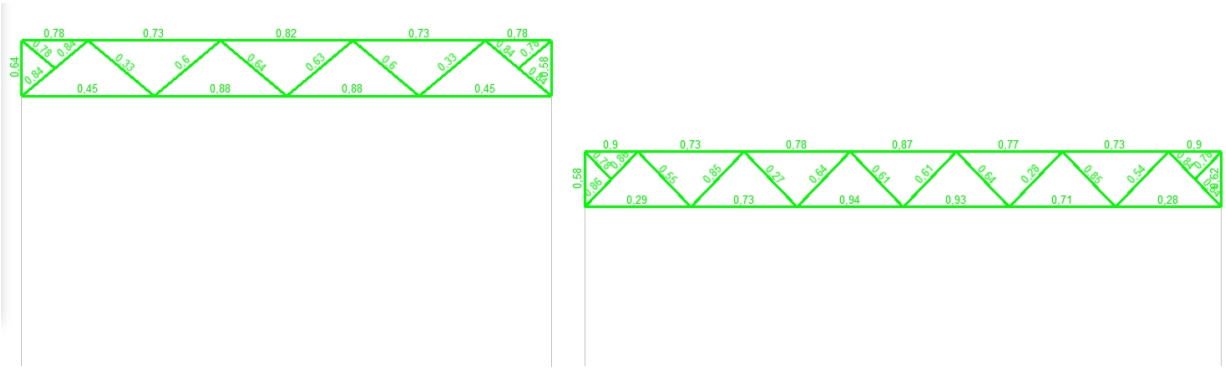


Рис. 24 Результаты проверки на несущую способность сечений стальных конструкций после подбора

5) По результатам расчета железобетонных конструкций получаем площадь армирования колонн. По сортаменту подбираем арматуру в колоннах. Поперечная арматура по расчету не требуется, ее устанавливаем конструктивно из ⌀8 мм, класс А240, шагом 400 мм. Принятая расчетная арматура представлена в Таблице 3.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

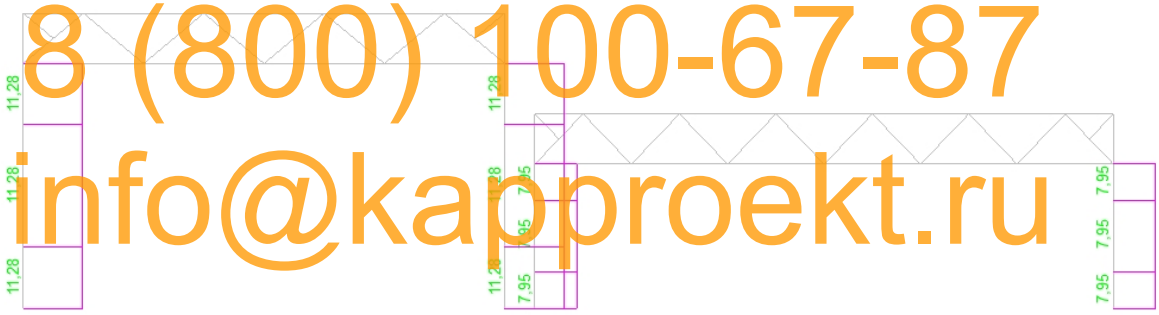


Рис. 15 Расчетная площадь арматуры железобетонных колонн S1, см2

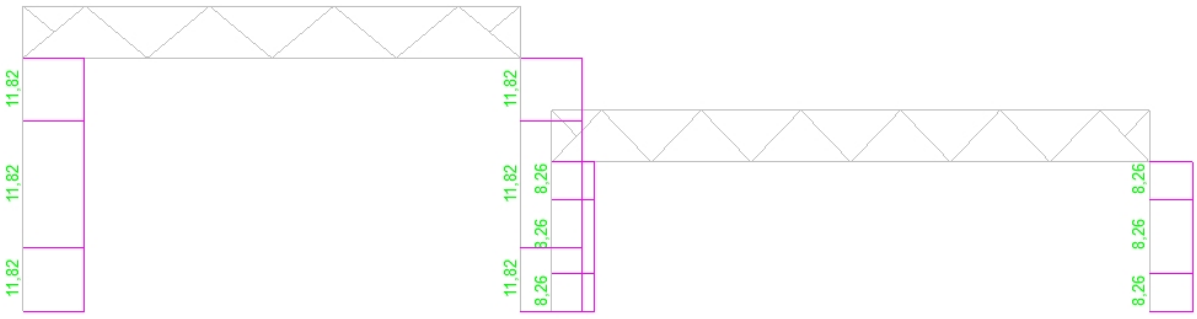


Рис. 16 Расчетная площадь арматуры железобетонных колонн S3, см2

Таблица 3. Подбор сечения арматуры.

Конструктивная группа	Значение As с эпюры	Значение As по сортаменту	Кол-во и диаметр стержней
Колонны цеха №1			
AS1	11.28 см^2	14.726см^2	3 ø 25 мм
AS3	11,82 см^2	14.726см^2	3 ø 25 мм
Колонны цеха №2			
AS1	7,95 см^2	9.425см^2	3 ø 20 мм
AS3	8,26 см^2	9.425см^2	3 ø 20 мм

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

5. Вывод

В работе запроектированы конструкции одноэтажного производственного здания без башенного крана. Был произведен расчет поперечной рамы каркаса в программе SCAD.

Колонны приняты сплошного прямоугольного сечения с размерами 500х1000 мм. Продольная арматура - ⌀20, 25 мм, класс А400. Поперечная арматура приняты конструктивно - ⌀8 мм, класс А240, шаг 400 мм. Бетон класса В15.

Стальная ферма цеха №1 запроектирована из спаренных уголков сечением:

- Верхний пояс – L220х16;
- Нижний пояс – L160х10;
- Опорный раскос – L140х10;
- Решетка – L140х10;

Стальная ферма цеха №2 запроектирована из спаренных уголков сечением:

- Верхний пояс – L250х16;
- Нижний пояс – L200х12;
- Опорный раскос – L140х10;
- Решетка – L140х10;

Марка стали для всех стальных конструкций - С245.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

5. Литература

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

2. Семенов А.А. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе.

3. Л.И. Труш Программно-вычислительный комплекс SCAD для расчета железобетонных конструкций.

4. Белокопытова И.А., Бурыгин С.Г. «SCAD для чайников».

5. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции.

6. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции.

7. СП 355.1325800.2017 Конструкции каркасные железобетонные сборные одноэтажных зданий производственного назначения.

8. Заикин А. И. Железобетонные конструкции одноэтажных промышленных зданий. – М.:АСВ,2001. – 272с.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru