



ООО «ПКБ ГИПЕРИОН»

www.pkb-giperion.ru



Контроль качества и экспертиза расчетов стальных конструкций в SCAD.

Главный инженер Вольф Ярослав Владимирович

wolf@pkb-giperion.ru

г. Новосибирск - г. Москва
2019



Основные этапы расчётов стальных конструкций

1. Компоновка каркаса.
2. Расчёт нагрузок на каркас.
3. Формирование расчётной схемы каркаса:
 - Задание геометрии (в т.ч. импорт из других приложений);
 - Задание жесткостных характеристик (или корректировка);
 - Задание граничных условий (связи, шарниры, взаимодействие с грунтовым основанием и т.д.);
 - Задание воздействий (статические и динамические нагрузки, смещения опор, температура и т.д.);
 - Формирование комбинаций нагрузок и РСУ.
4. Расчёт каркаса (получение усилий и перемещений).
5. Анализ результатов поведения расчётной схемы.
6. Задание характеристик конструктивных элементов (постпроцессор).
7. Анализ, контроль и оптимизация полученных результатов.
8. Расчёт узлов соединений элементов каркаса.



Основные этапы расчётов стальных конструкций

1. Компоновка каркаса.
2. Расчёт нагрузок на каркас.
3. Формирование расчётной схемы каркаса:
 - Задание геометрии (в т.ч. импорт из других приложений);
 - Задание жесткостных характеристик (или корректировка);
 - Задание граничных условий (связи, шарниры, взаимодействие с грунтовым основанием и т.д.);
 - Задание воздействий (статические и динамические нагрузки, смещения опор, температура и т.д.);
 - Формирование комбинаций нагрузок и РСУ.
4. Расчёт каркаса (получение усилий и перемещений).
5. **Анализ результатов поведения расчётной схемы.**
6. Задание характеристик конструктивных элементов (постпроцессор).
7. Анализ, контроль и оптимизация полученных результатов.
8. Расчёт узлов соединений элементов каркаса.



Анализ результатов поведения расчётной схемы

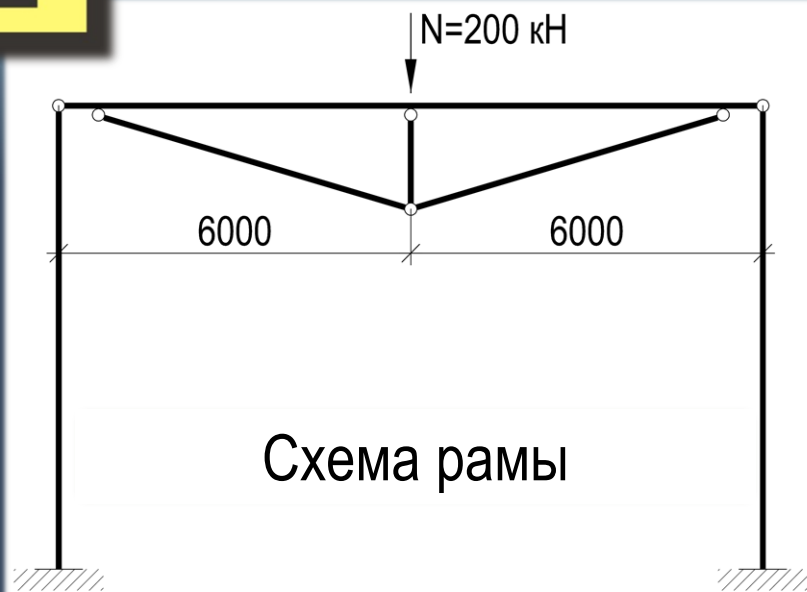
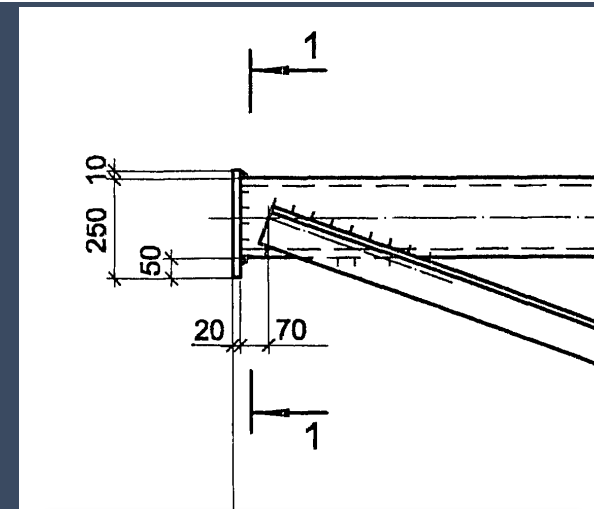
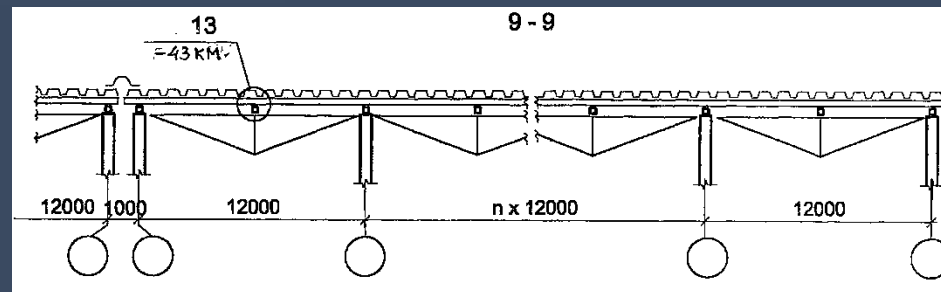


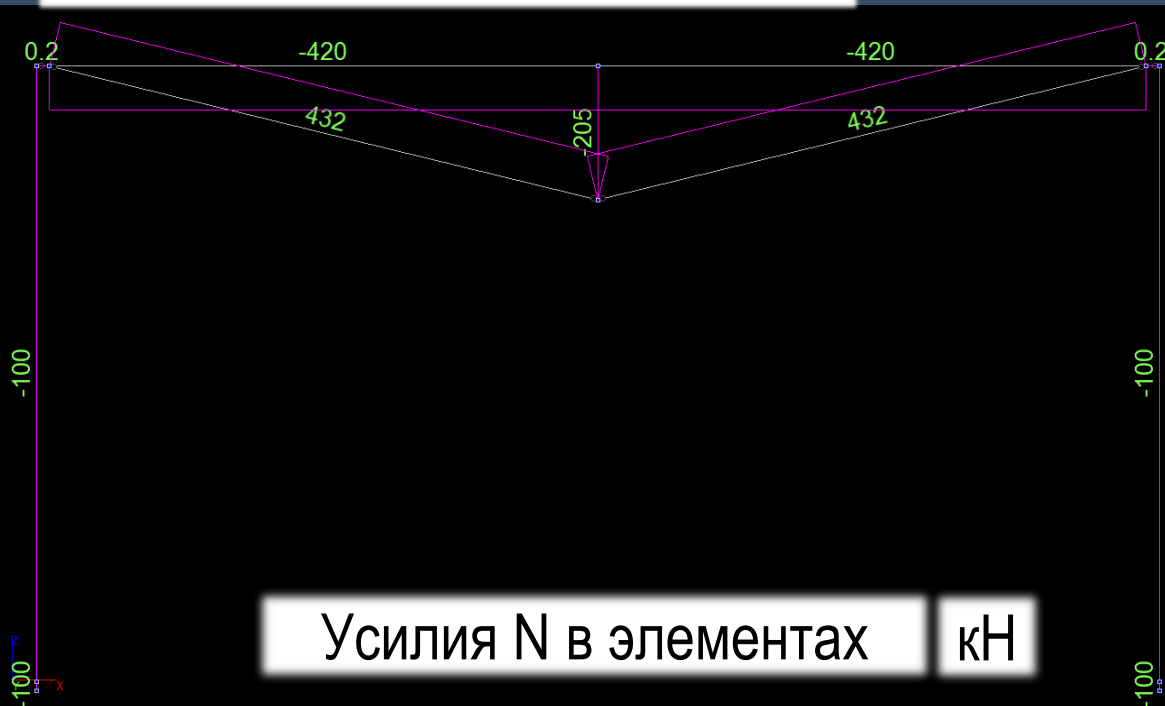
Схема рамы

Фрагмент расчётной схемы среднего ряда колонн с использованием подстропильных ферм по типовой серии 1.460.3-23.98



Фрагмент опорного узла подстропильной фермы

Усилия N в элементах кН



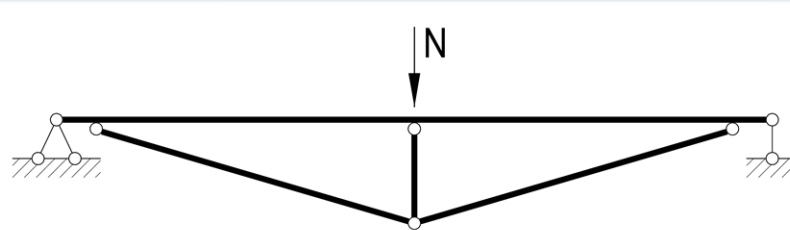
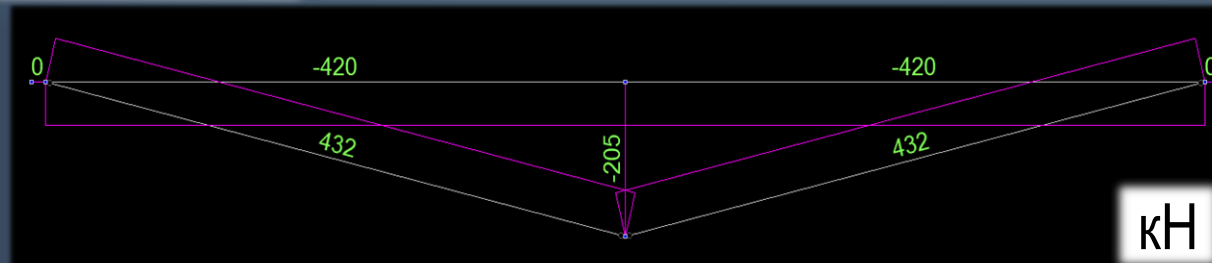
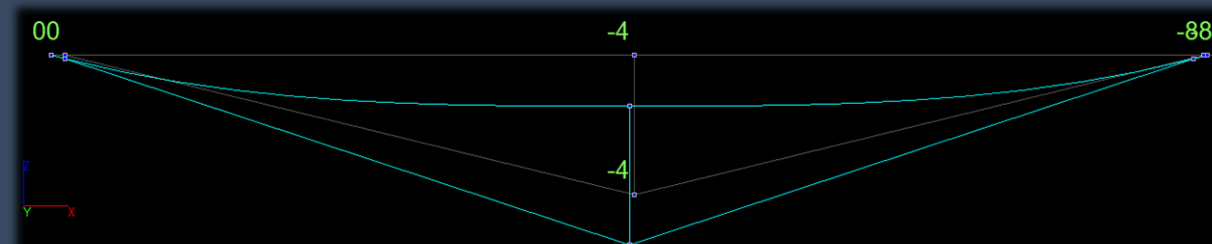


Схема фермы



Усилия N в
элементах



Перемещения
узлов по оси X, мм
(горизонтальные)

$$\Delta = N \cdot L / (E \cdot A)$$

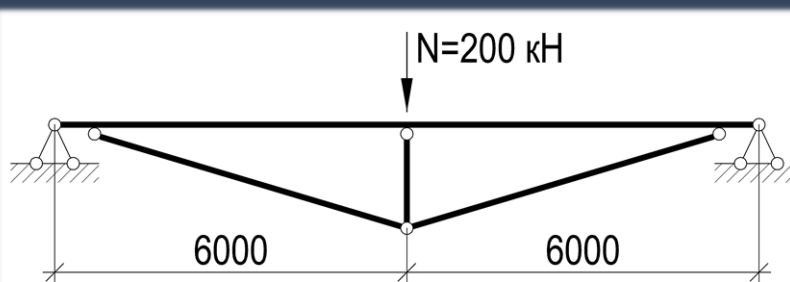
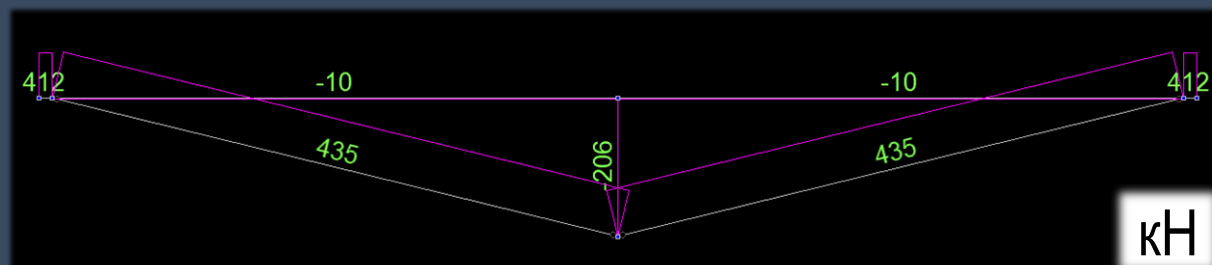
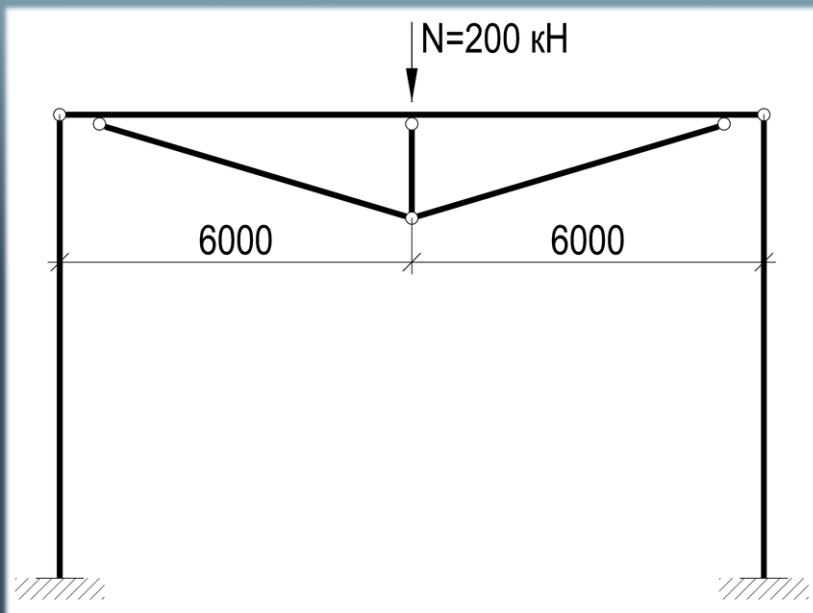


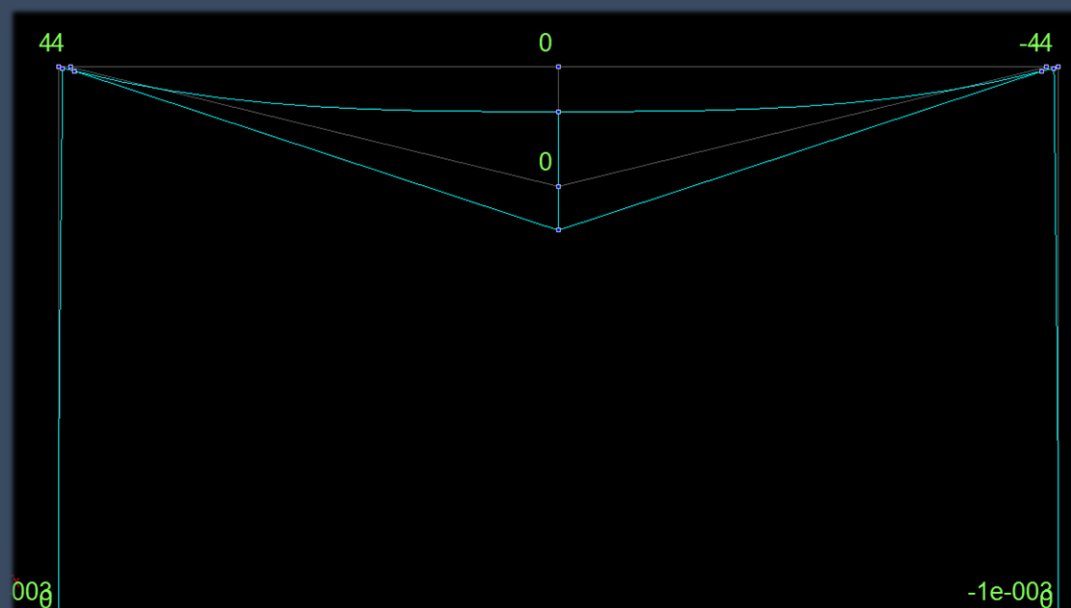
Схема фермы



Усилия N в
элементах

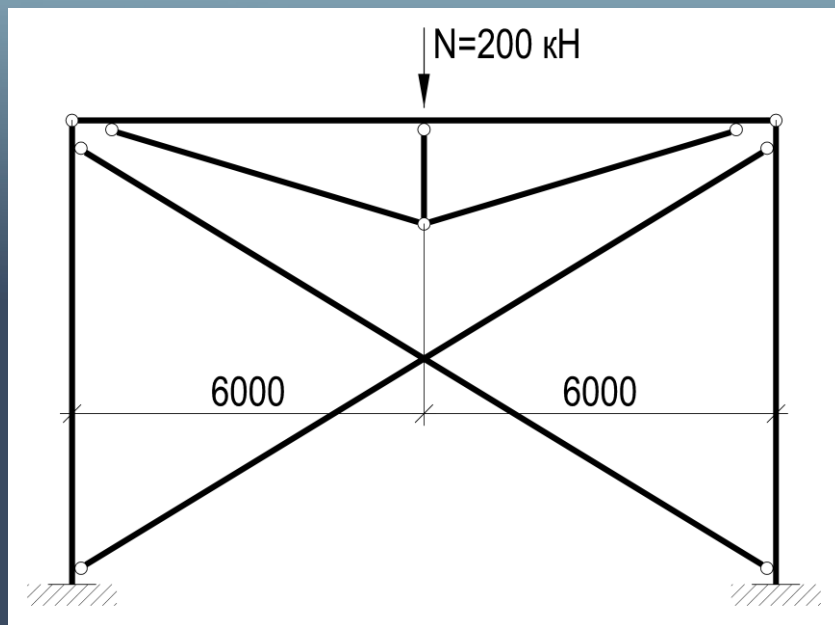


Рядовой шаг колонн с
подстропильной
фермой

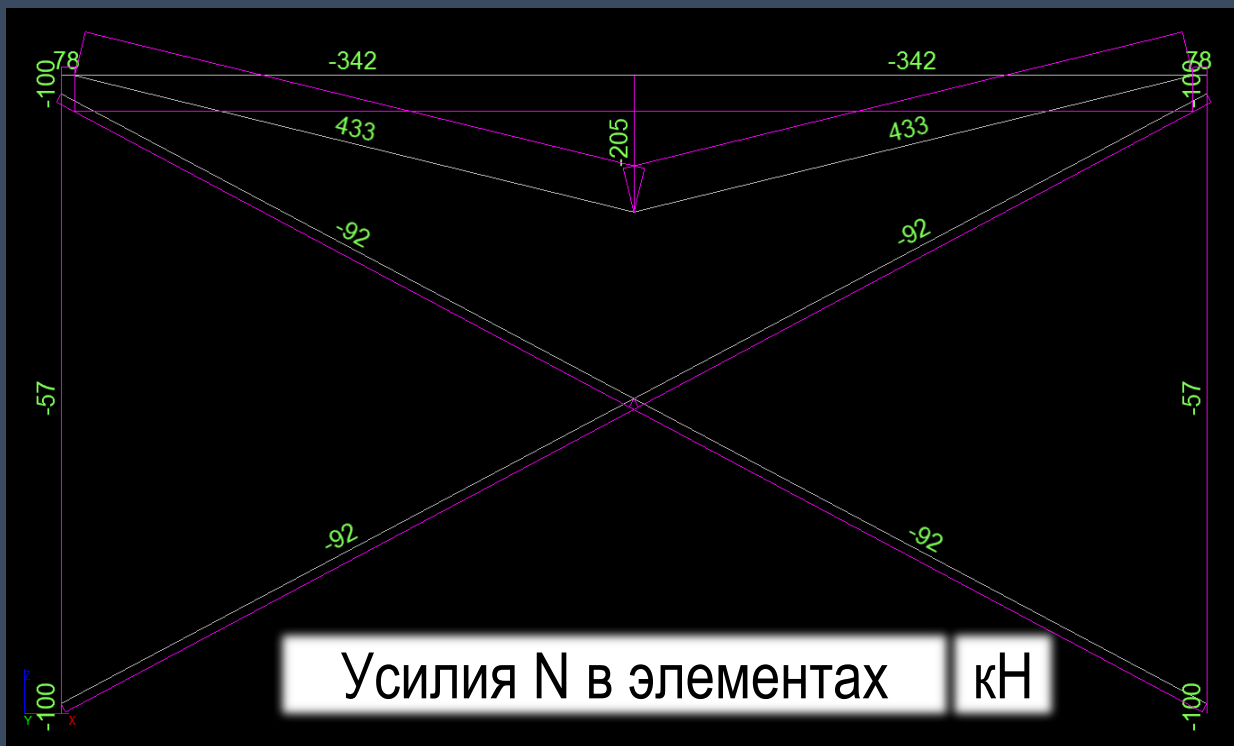


Перемещения узлов по
оси X, мм
(горизонтальные)

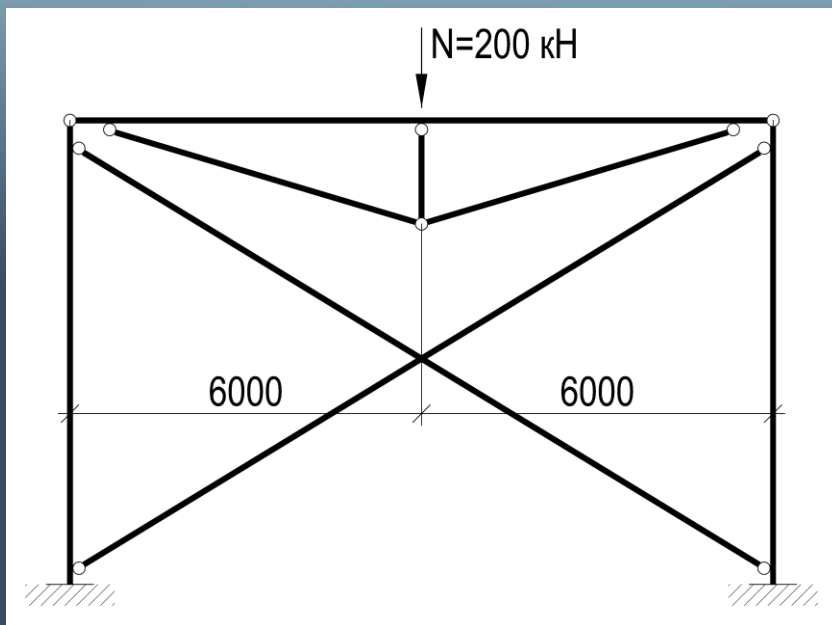
$$\Delta = N \cdot L / (E \cdot A)$$



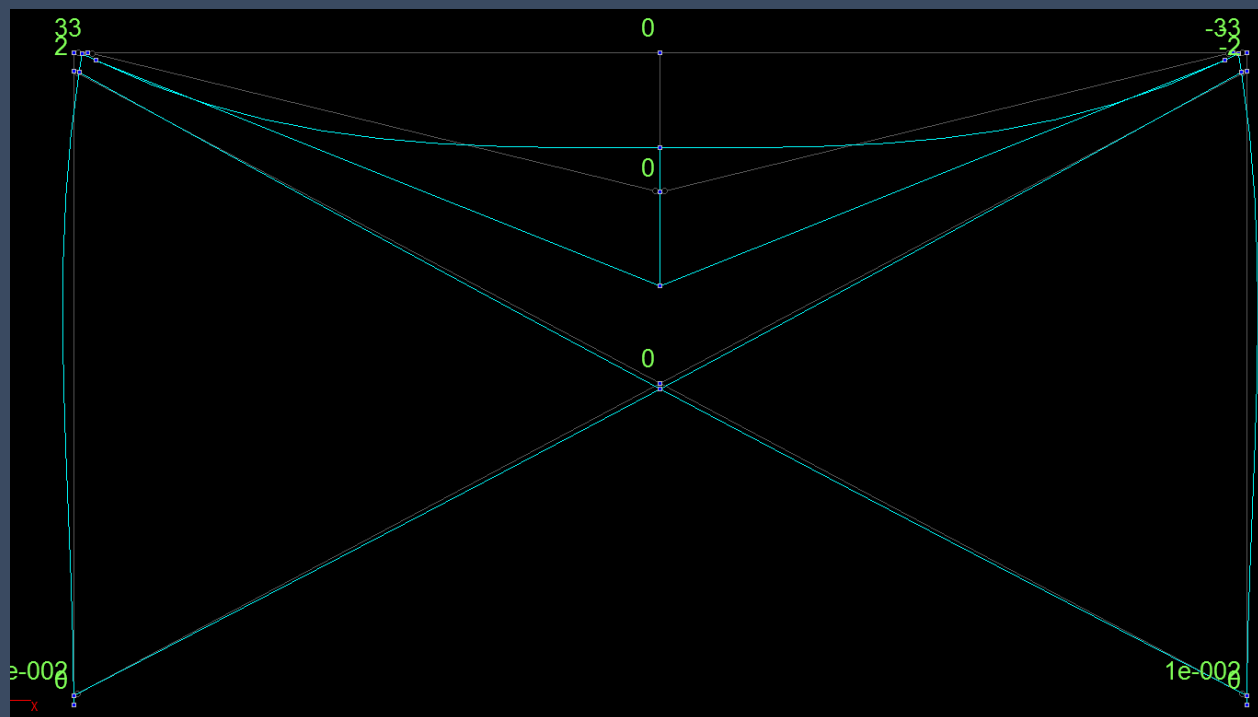
Связевой шаг колонн
с подстропильной
фермой



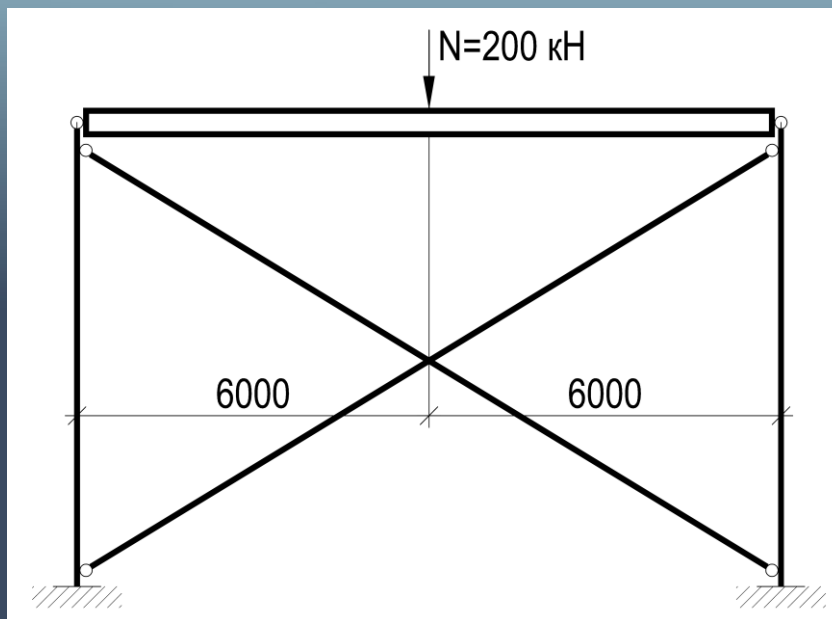
Усилия N в элементах кН



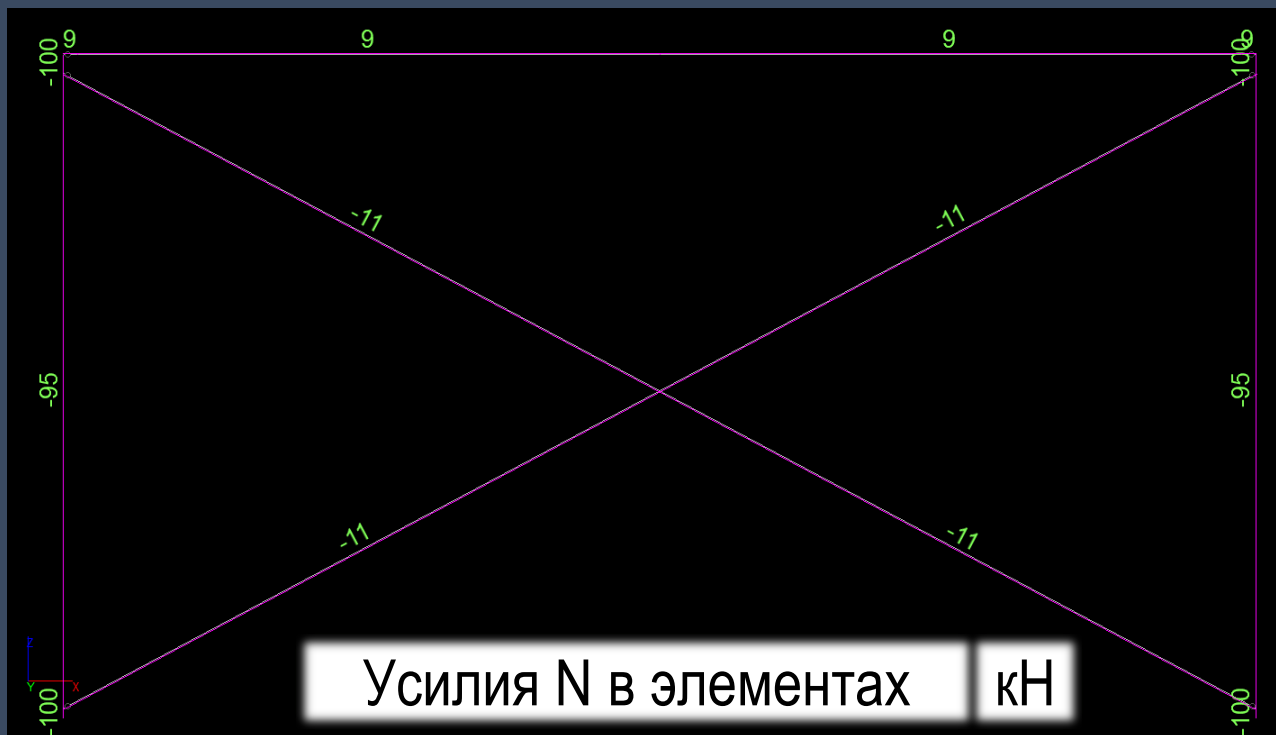
Связевой шаг колонн с
подстропильной фермой

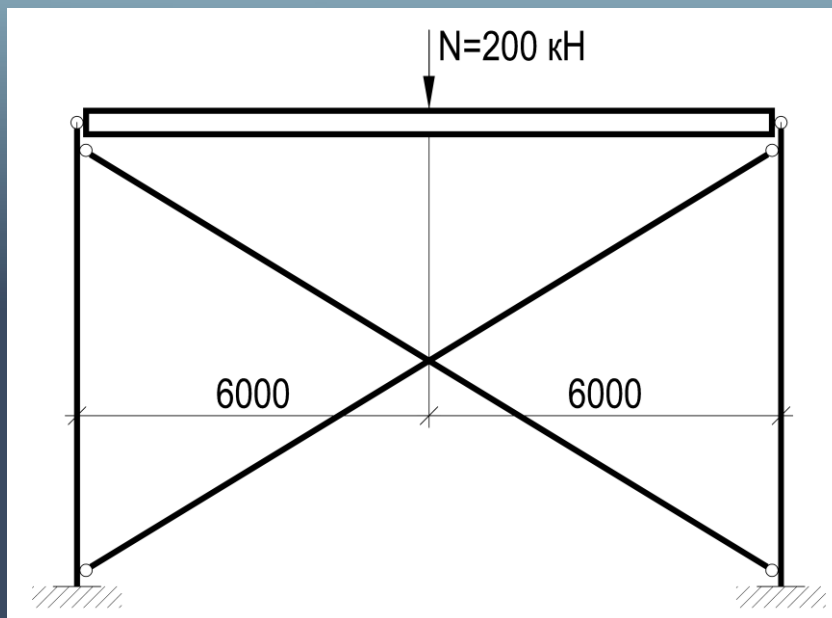


Перемещения узлов по
оси X, мм
(горизонтальные)

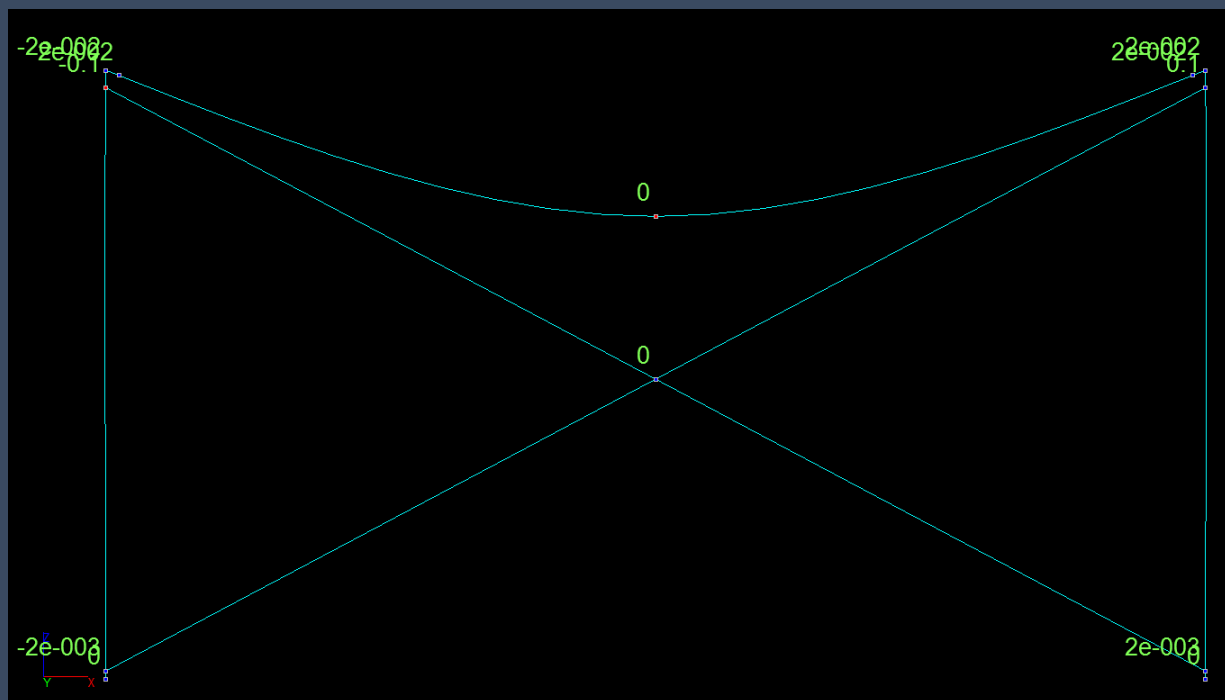


Связевой шаг колонн с
подстропильной балкой

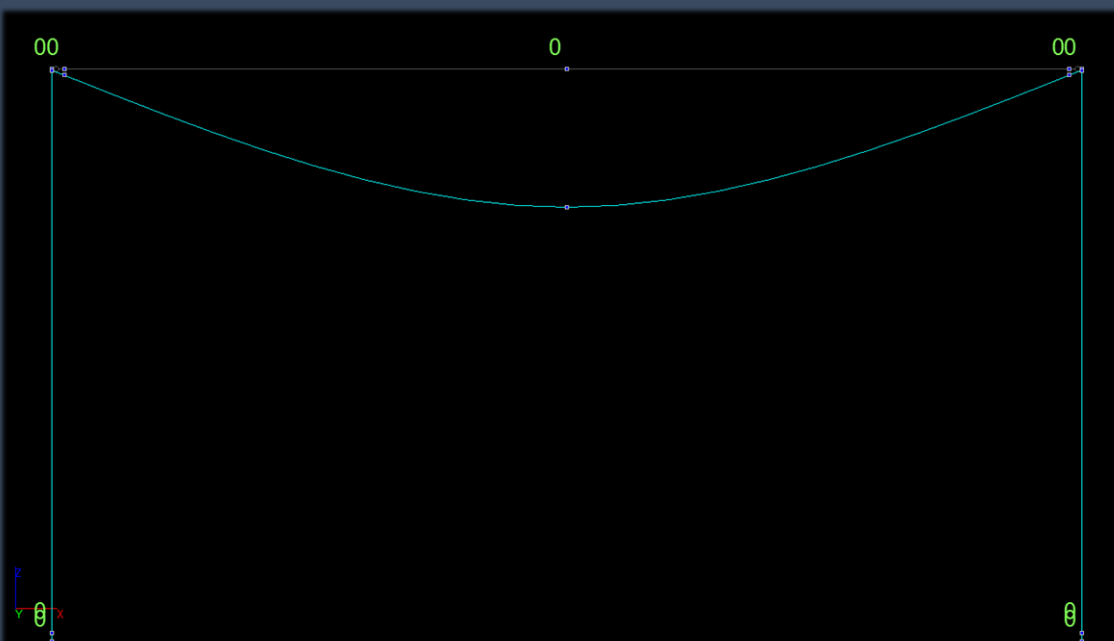
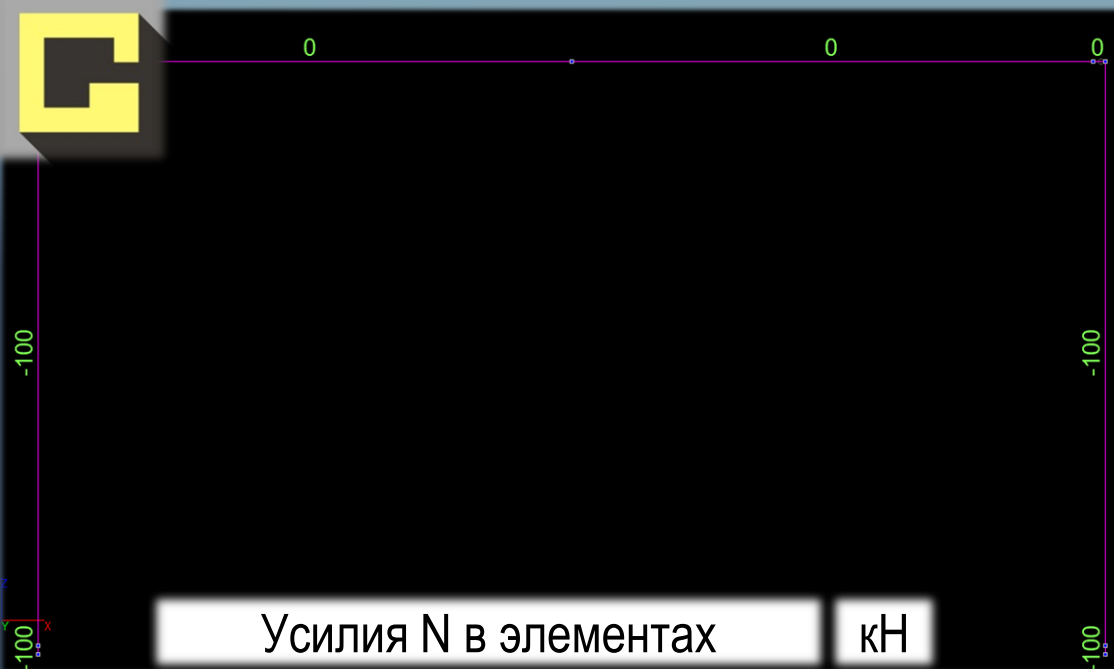




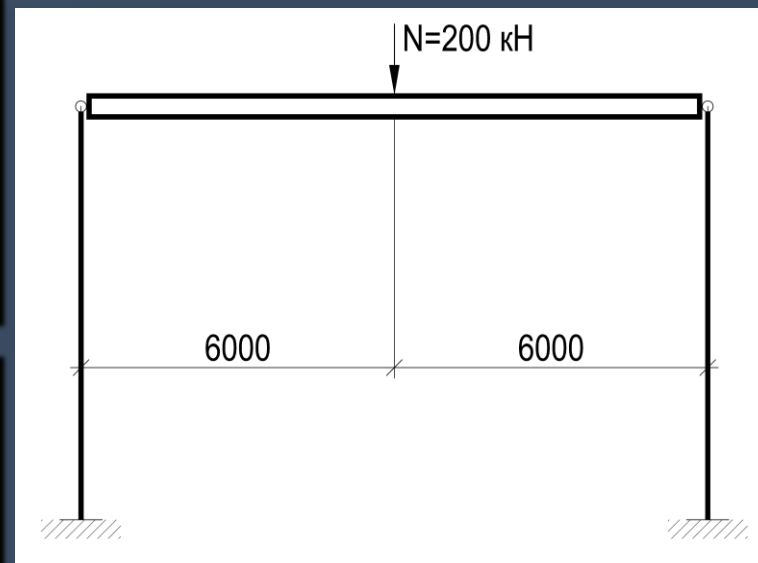
Связевой шаг колонн с
подстропильной балкой



Перемещения узлов по
оси X, мм
(горизонтальные)



Рядовой шаг колонн с
подстропильной балкой



Перемещения узлов по
оси X , мм
(горизонтальные)



Подстропильная ферма на коротких консолях

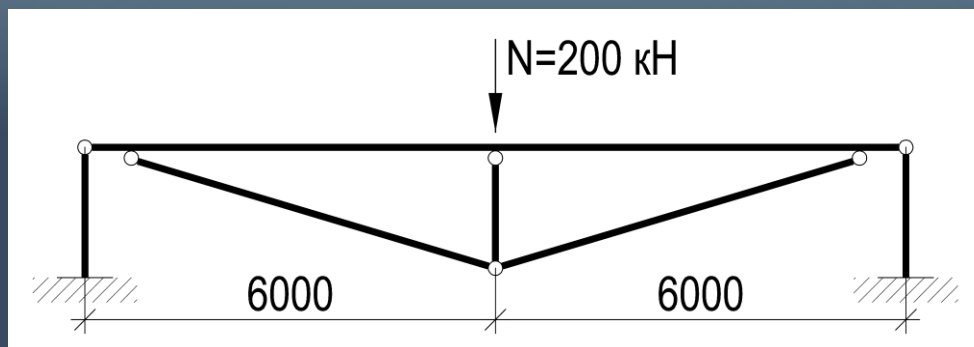
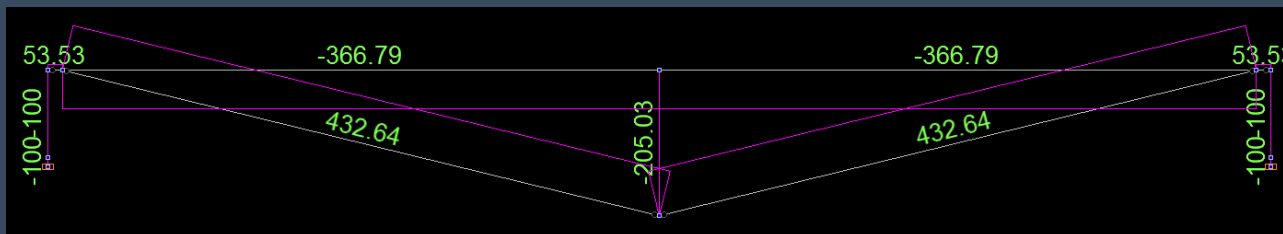
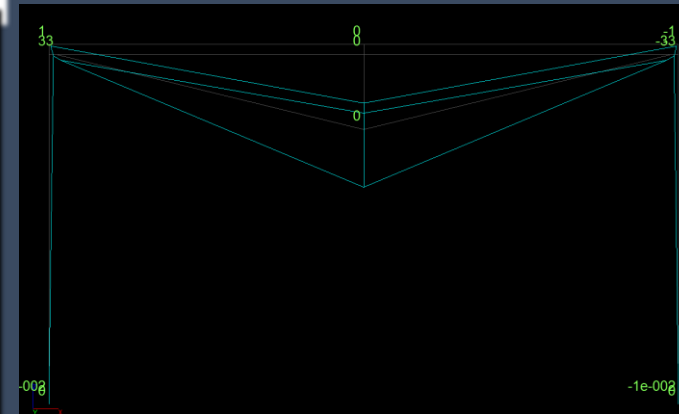
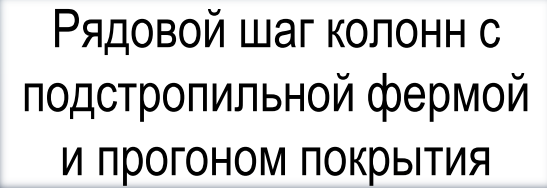


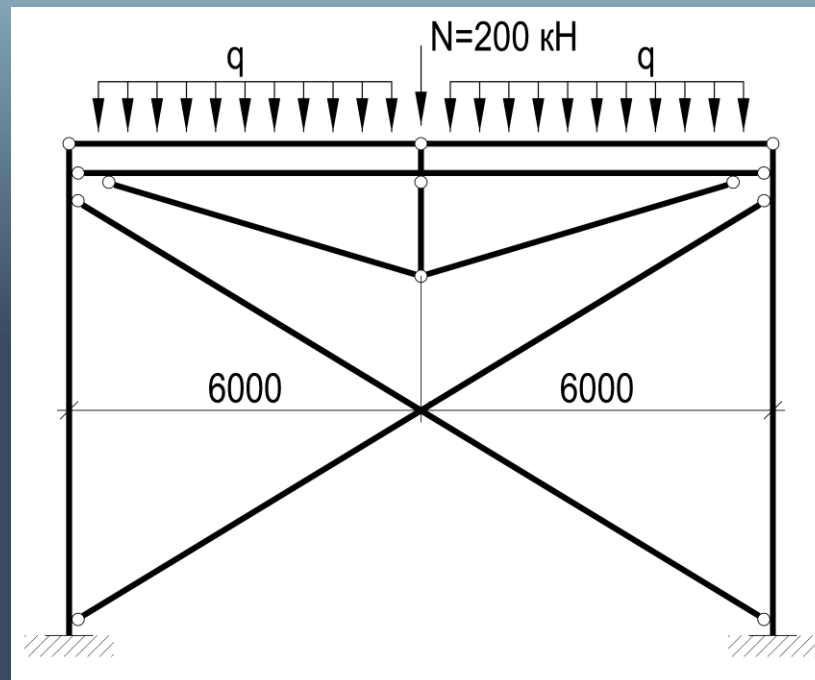
Схема рамы



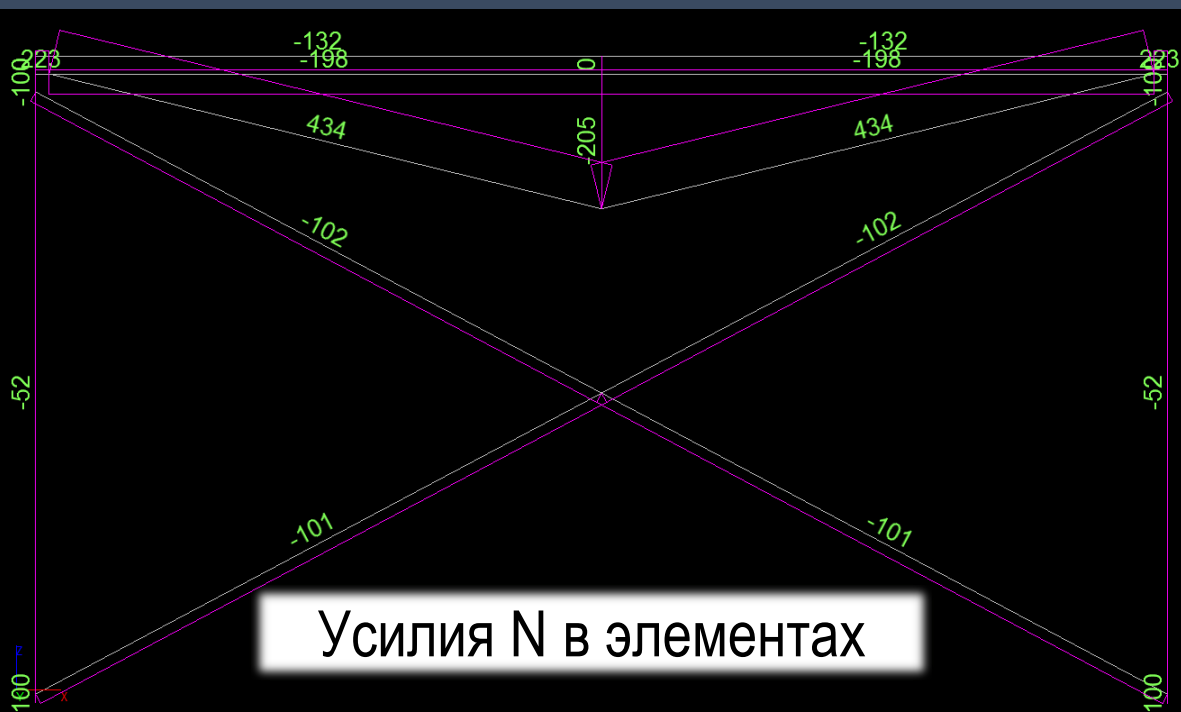
Усилия N в элементах



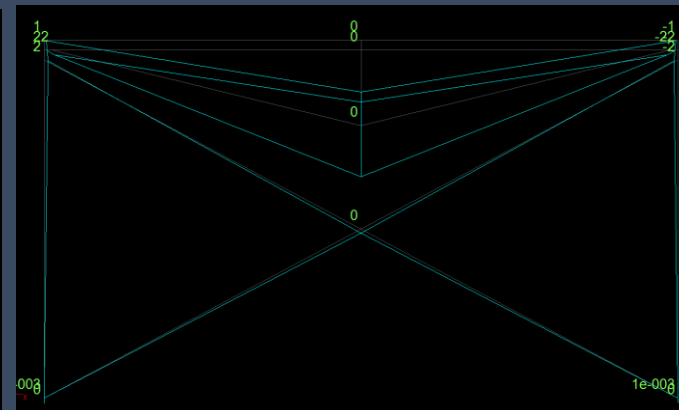
Перемещения узлов по
оси X, мм
(горизонтальные)



Связевой шаг колонн с
подстропильной фермой
и прогоном покрытия



Усилия N в элементах



Перемещения узлов по
оси X, мм
(горизонтальные)



Основные этапы расчётов стальных конструкций

1. Компоновка каркаса.
2. Расчёт нагрузок на каркас.
3. Формирование расчётной схемы каркаса:
 - Задание геометрии (в т.ч. импорт из других приложений);
 - Задание жесткостных характеристик (или корректировка);
 - Задание граничных условий (связи, шарниры, взаимодействие с грунтовым основанием и т.д.);
 - Задание воздействий (статические и динамические нагрузки, смещения опор, температура и т.д.);
 - Формирование комбинаций нагрузок и РСУ.
4. Расчёт каркаса (определение усилий и перемещений).
5. Анализ результатов поведения расчётной схемы.
6. **Задание характеристик конструктивных элементов (постпроцессор).**
7. Анализ, контроль и оптимизация полученных результатов.
8. Расчёт узлов соединений элементов каркаса.

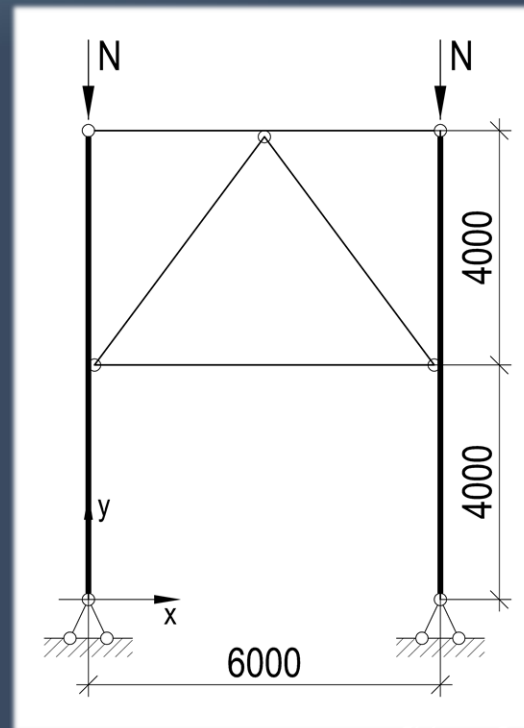
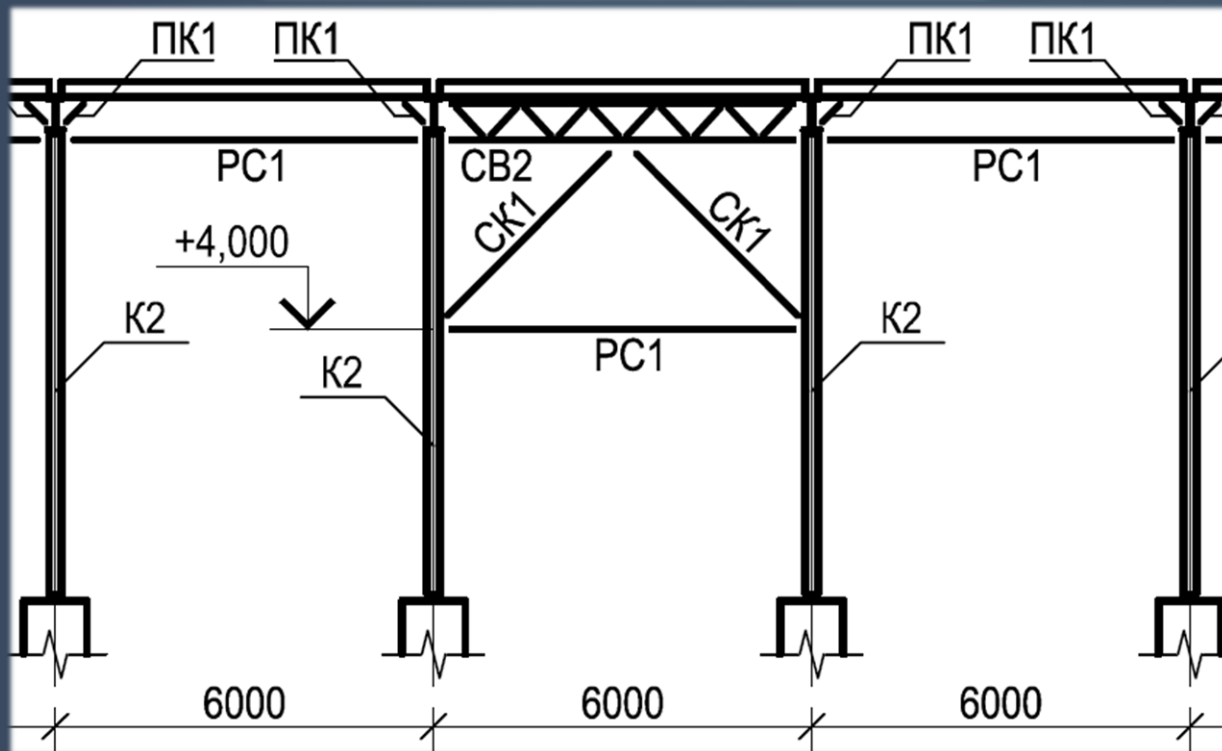


6. Задание характеристик конструктивных элементов

Определение расчётных длин



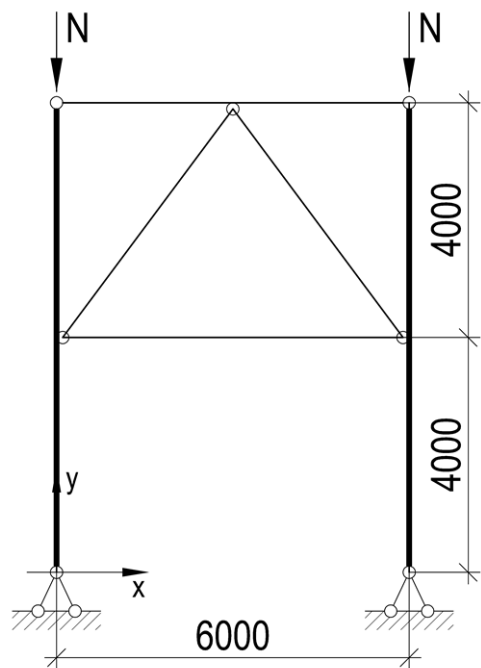
Фрагмент связевого блока



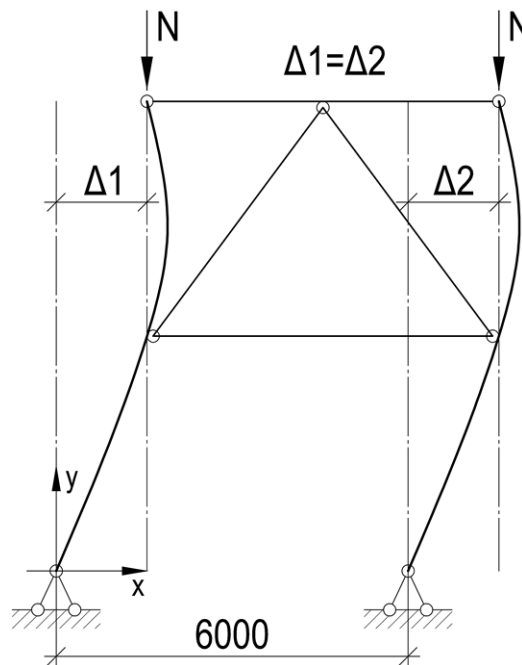
Расчётная схема



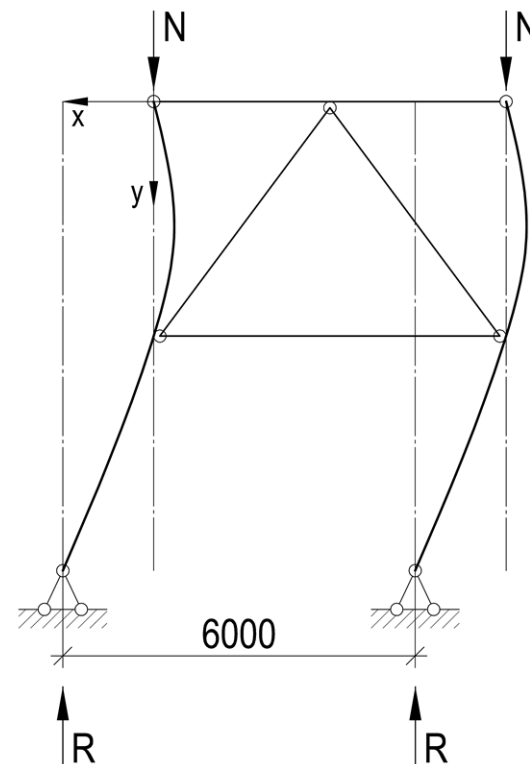
Перенос системы координат



Расчётная схема

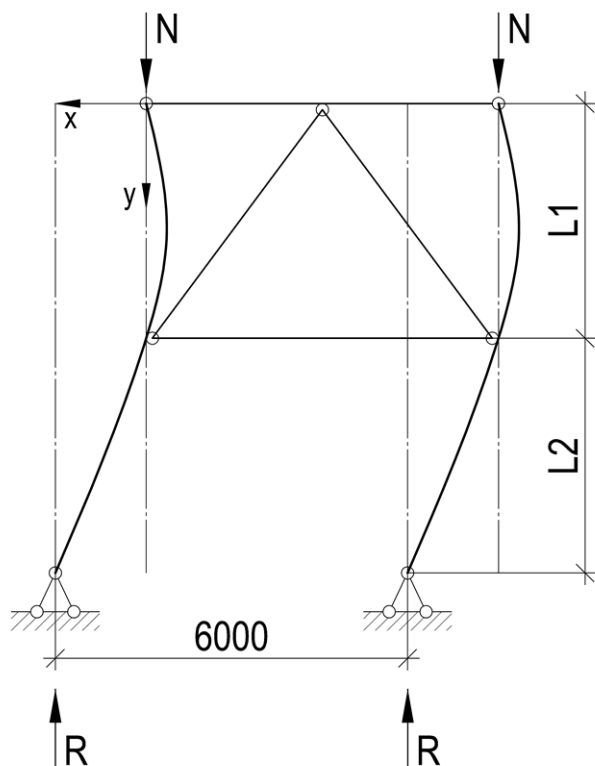


Форма потери
устойчивости

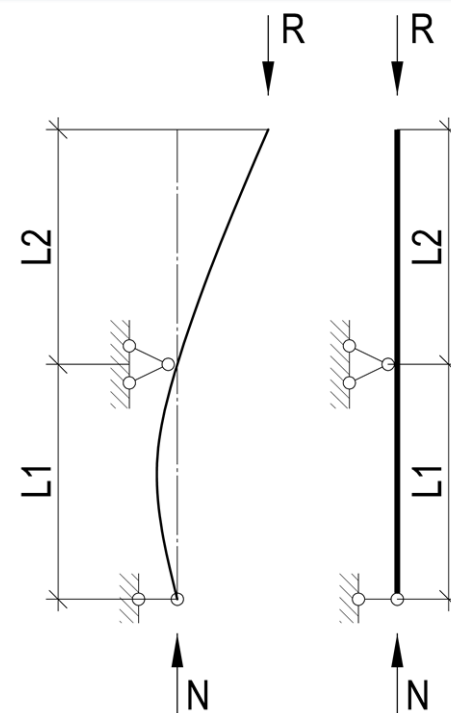
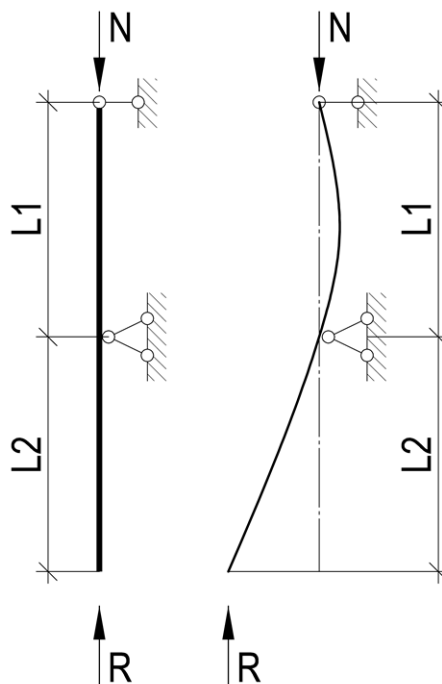




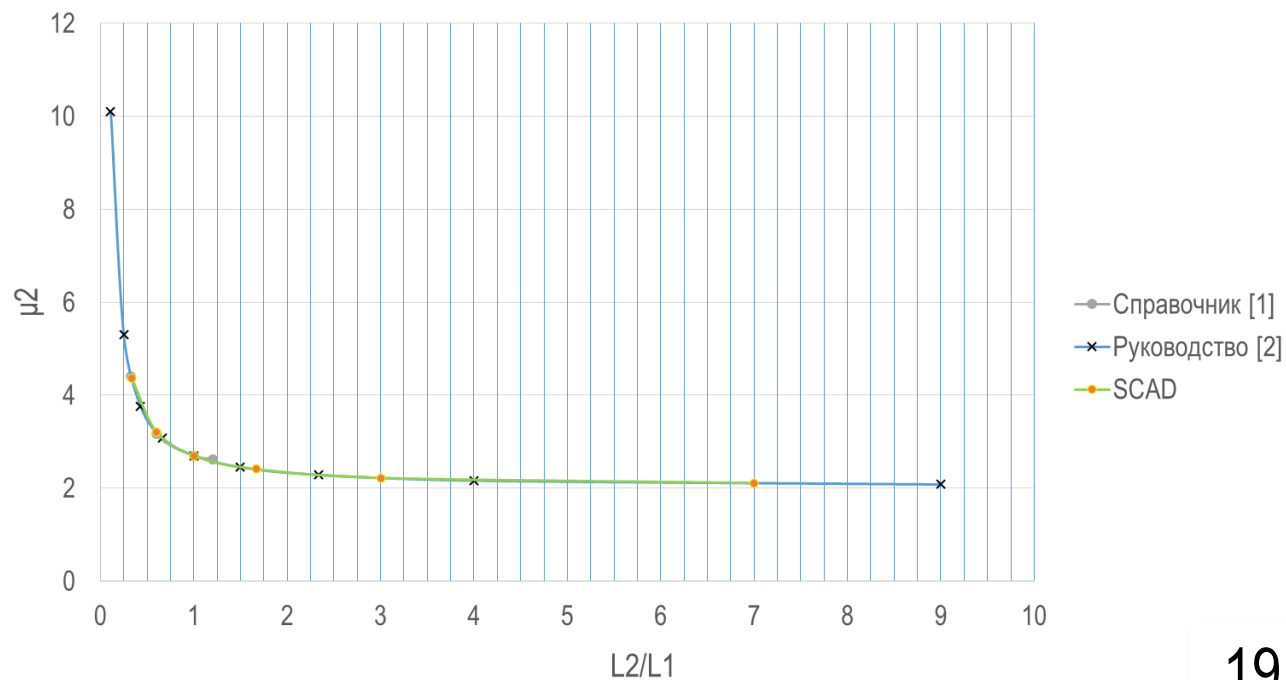
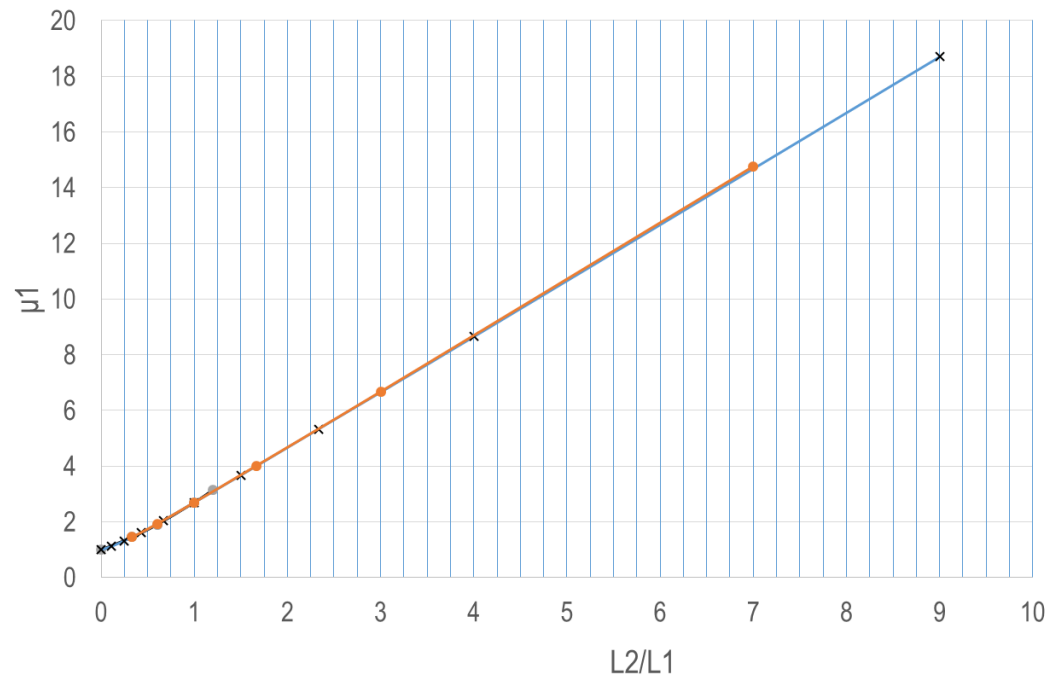
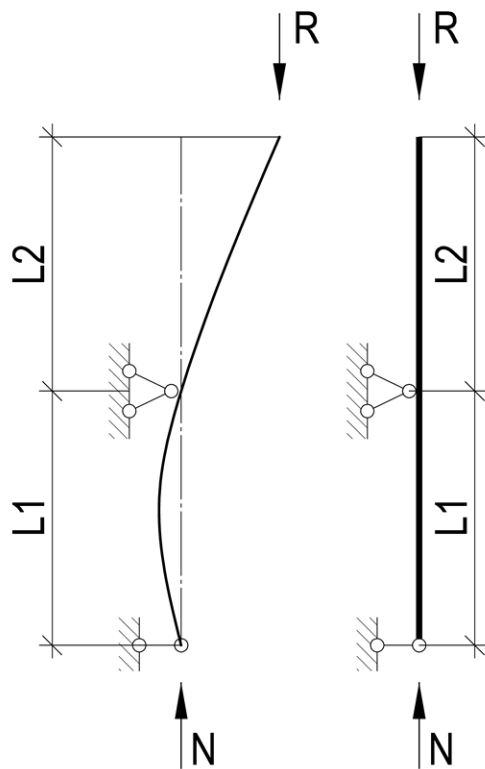
Эквивалентная схема



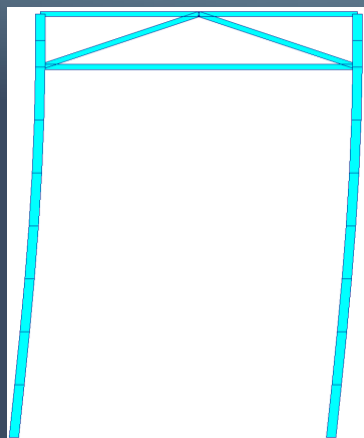
Перенос системы
координат



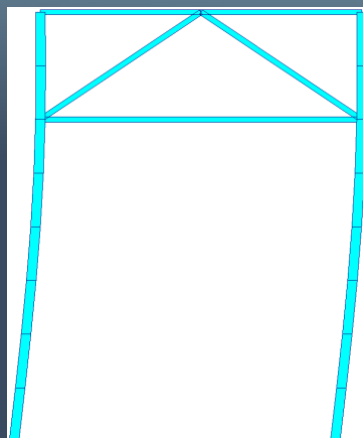
Эквивалентная
схема (повёрнута
на 180°)



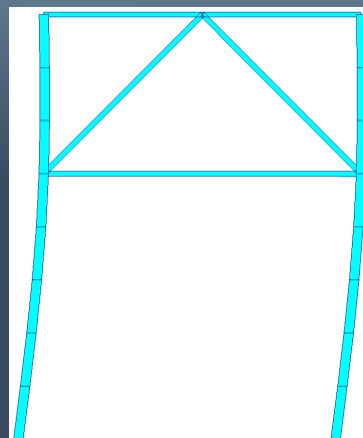
1. Лейтес С.Д. Справочник по определению свободных длин элементов стальных конструкций (1963)
2. ОСТ 36-128-85 Устройства и приспособления монтажные. Методы расчета и проектирования



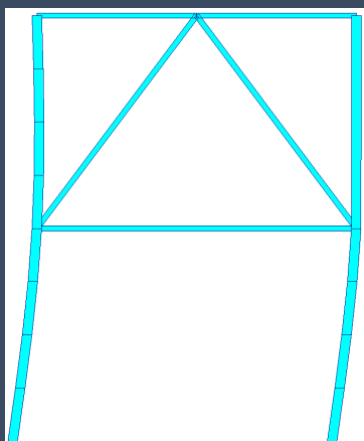
$L2=7; L1=1$
 $\mu2=2,11$
 $\mu1=14,77$
 $\mu(8m)=1,85$



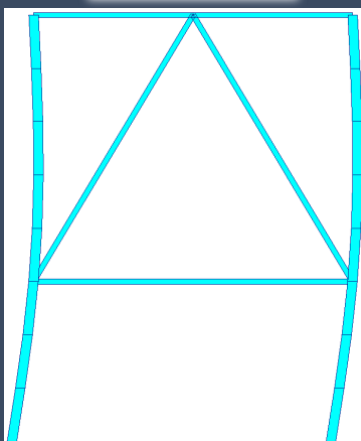
$L2=6; L1=2$
 $\mu2=2,22$
 $\mu1=6,68$
 $\mu(8m)=1,67$



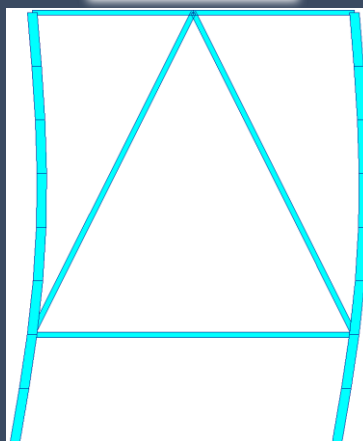
$L2=5; L1=3$
 $\mu2=2,41$
 $\mu1=4,02$
 $\mu(8m)=1,51$



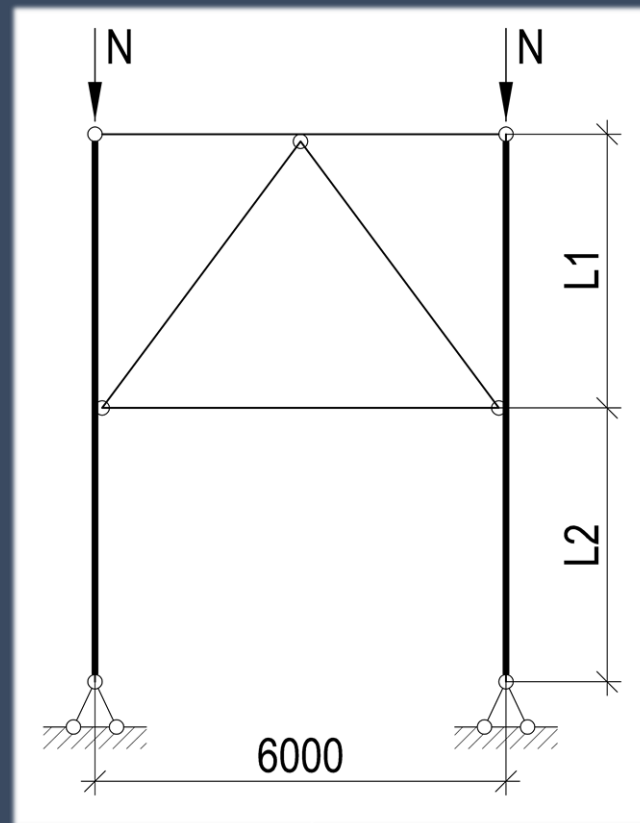
$L2=4; L1=4$
 $\mu2=2,70$
 $\mu1=2,70$
 $\mu(8m)=1,35$

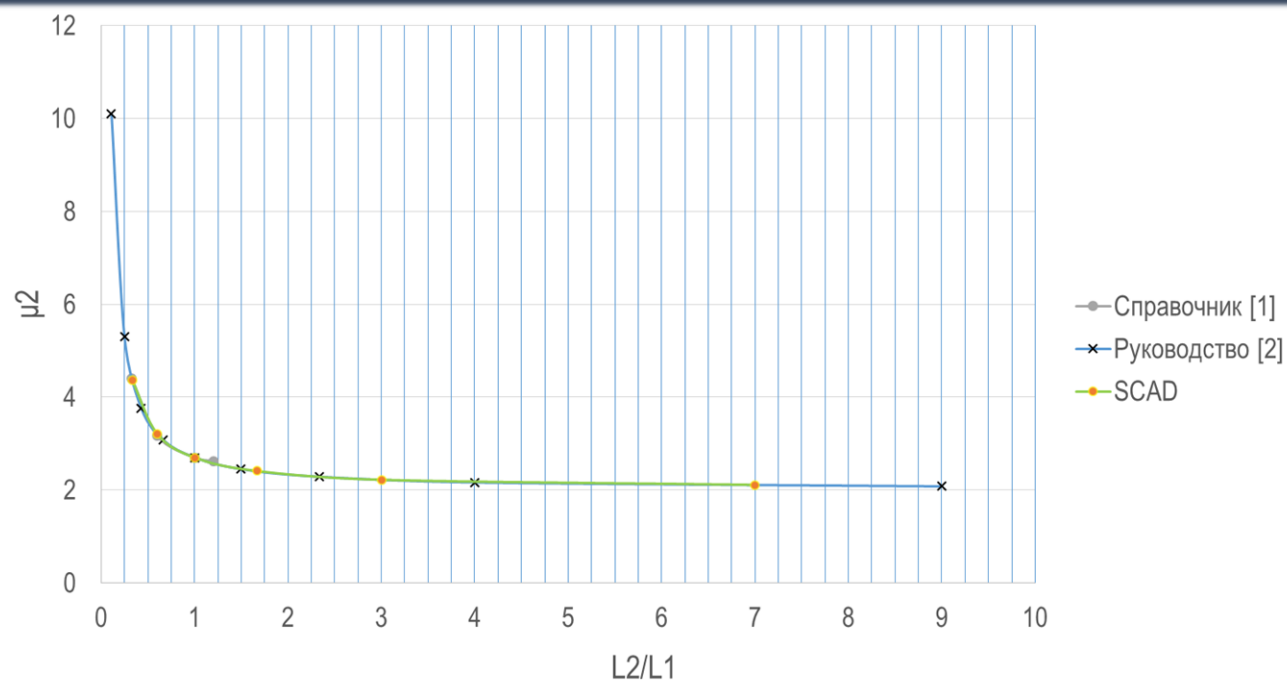
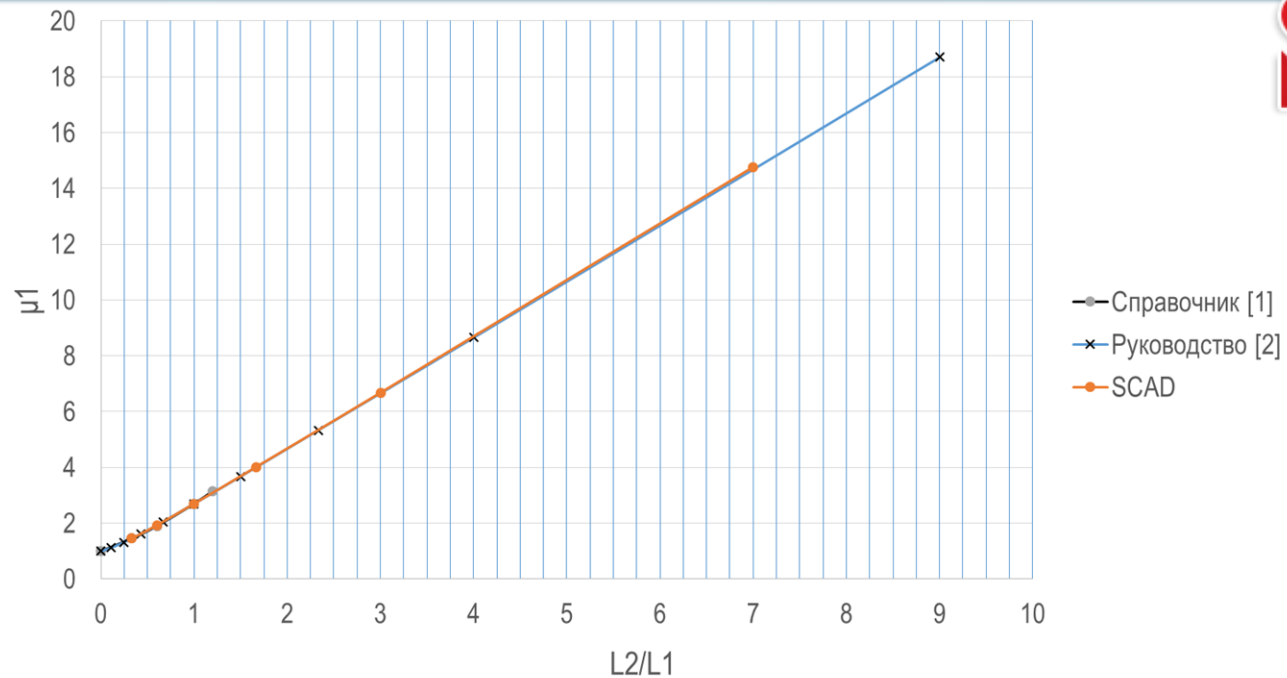
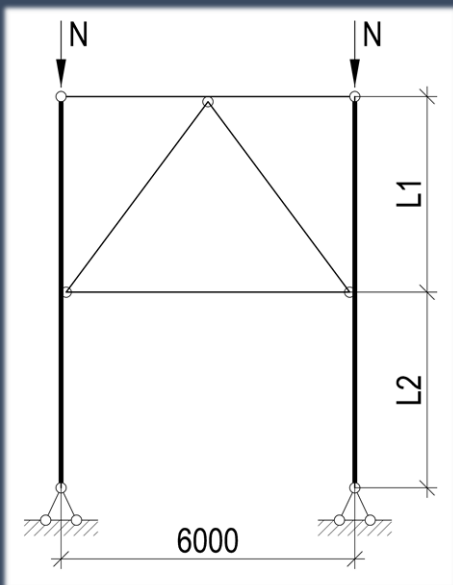


$L2=3; L1=5$
 $\mu2=3,21$
 $\mu1=1,93$
 $\mu(8m)=1,21$



$L2=2; L1=6$
 $\mu2=4,36$
 $\mu1=1,45$
 $\mu(8m)=1,09$







Основные этапы расчётов стальных конструкций

1. Компоновка каркаса.
2. Расчёт нагрузок на каркас.
3. Формирование расчётной схемы каркаса:
 - Задание геометрии (в т.ч. импорт из других приложений);
 - Задание жесткостных характеристик (или корректировка);
 - Задание граничных условий (связи, шарниры, взаимодействие с грунтовым основанием и т.д.);
 - Задание воздействий (статические и динамические нагрузки, смещения опор, температура и т.д.);
 - Формирование комбинаций нагрузок и РСУ.
4. Расчёт каркаса (определение усилий и перемещений).
5. Анализ результатов поведения расчётной схемы.
6. Задание характеристик конструктивных элементов (постпроцессор).
7. **Анализ, контроль и оптимизация полученных результатов.**
8. Расчёт узлов соединений элементов каркаса.



7. Анализ, контроль и оптимизация полученных результатов.



1. Колонна сечением из прокатного двутавра;
2. Колонна сечением из сварного двутавра;
3. Колонна сечением из прямоугольного гнутосварного профиля;
4. Колонн сечением из круглой трубы;
5. Балка сечением из прокатного двутавра;
6. Балка сечением из сварного двутавра;
7. Балка сечением из прокатного швеллера;
8. Балка сечением из гнутого швеллера;
9. Лестничный косоур (двутавр, швеллер);
10. Ригель сечением из прокатного двутавра;
11. Ригель сечением из сварного двутавра;
12. Связь сечением из прямоугольного гнутосварного профиля;
13. Связь сечением из спаренных уголков (тавр);
14. Связь сечением из спаренных уголков (крест);
15. Связь сечением из одиночного уголка;
16. Ферма с сечениями из прямоугольных гнутосварных профилей;
17. Ферма с сечениями из парных уголков на фасонках;
18. Прогон покрытия сечением из прокатного швеллера;
19. Прогон покрытия сечением из гнутого швеллера;
20. Тяж;
21. Профилированный настил;
22. Сэндвич-панель покрытия;
23. Сэндвич-панель стенового ограждения;



1. Проверка расчётов стальных колонн из прокатных двутавровых сечений



КРИТЕРИЙ проверки	самопроверка	проверка	Н.контр
1. Наименование (марка) стали и расчетное сопротивление (приложение В СП16.13330)			
2. Назначение коэффициента условий работы (таблица 1 СП16.13330)			
3. Расчетная длина в плоскости XoZ			
4. Расчетная длина в плоскости XoY			
Расчёт по несущей способности (по усилиям I группы предельных состояний, $\gamma_F \geq 1,0$ или $\gamma_F \leq 1,0$)			
5. Прочность по нормальным напряжениям (п.9.1.1 СП16.13330)			
6. Прочность по касательным напряжениям (п.8.2.1 СП16.13330)			
7. Устойчивость при центральном сжатии в плоскости XoZ (п.7.1.3 СП16.13330)			
8. Устойчивость при центральном сжатии в плоскости XoY (п.7.1.3 СП16.13330)			
9. Устойчивость при внецентренном сжатии в плоскости наибольшей жесткости (XoZ) в плоскости действия момента M_y (п.9.2.2 СП16.13330)			
10. Устойчивость при внецентренном сжатии в плоскости наибольшей жесткости (XoZ) из плоскости действия момента M_y (п.9.2.4 СП16.13330)			
11. Устойчивость при внецентренном сжатии в плоскости наименьшей жесткости (XoY) в плоскости действия момента M_z (п.9.2.8 СП16.13330)			
12. Устойчивость при сжатии с изгибом в двух главных плоскостях ($I_y > I_z$) (п.9.2.9 СП16.13330)			
13. Предельная гибкость в плоскости XoZ (п.10.4 СП16.13330)			
14. Предельная гибкость в плоскости XoY (п.10.4 СП16.13330)			
15. После подбора сечения уточнить расчетное сопротивление стали в зависимости от толщины проката (Таблица В.5 СП16.13330) в случае изменения проверить все предыдущие пункты с новым расчетным сопротивлением			
16. Компоновка сечения с учетом: - колонна – база - колонна – ригель - колонна – балка, ферма (прогон)			
17. Характеристики сечения с учетом требуемого предела огнестойкости (приведенная толщина металла)			
Расчет по деформациям (по усилиям II группы предельных состояний, $\gamma_F = 1,0$)			
18. Горизонтальные прогибы колонн, оборудованных мостовыми кранами (приложение Е.2.3 СП20.13330)			
19. Горизонтальные перемещения зданий (приложение Е.2.4 СП20.13330)			



6. Проверка расчётов стальных балок сварных двутавровых сечений

КРИТЕРИЙ проверки	самопроверка	проверка	Н.контр
1. Наименование (марка) стали и расчетное сопротивление (приложение В СП 16.13330)			
2. Назначение коэффициента условий работы (таблица 1 СП 16.13330)			
3. Расчетная длина в плоскости XoY			
4. Назначение оптимальных размеров сечения			
Расчёт по несущей способности (по усилиям I группы предельных состояний, $\gamma_t \geq 1,0$ или $\gamma_t \leq 1,0$)			
5. Прочность по нормальным напряжениям (п.8.2.1 СП 16.13330)			
6. Прочность по касательным напряжениям (п.8.2.1 СП 16.13330)			
7. Прочность по приведенным напряжениям (п.8.2.1 СП 16.13330)			
8. Общая устойчивость изгибаемого элемента (п.8.4.1 СП 16.13330)			
9. Прочность стенки балки, не укрепленной ребрами жесткости при действии местного напряжения (п.8.2.2 СП 16.13330)			
10. Местная устойчивость сжатой полки (п.8.5.18 СП 16.13330)			
11. Местная устойчивость стенки (п.8.5.1 СП 16.13330)			
12. Расчет ребер жесткости (п.8.5.9, 8.5.10, 8.5.11 СП 16.13330)			
13. После подбора сечения уточнить расчетное сопротивление стали в зависимости от толщины проката (Таблица В.5 СП 16.13330) в случае изменения проверить все предыдущие пункты с новым расчетным сопротивлением			
14. Компоновка сечения с учетом: - колонна – балка, ферма (прогон) - ферма (прогон) – балка - ригель – балка			
15. Характеристики сечения с учетом требуемого предела огнестойкости (приведенная толщина металла)			
Расчет по деформациям (по усилиям II группы предельных состояний, $\gamma_t = 1,0$)			
16. Вертикальные прогибы балок эстетико-психологические (приложение Е.2.1 СП 20.13330)			
17. Вертикальные прогибы балок физиологические (приложение Е.2.2 СП 20.13330)			



12. Проверка расчётов связей сечением из прямоугольных гнутосварных профилей

КРИТЕРИИ проверки	самопроверка	проверка	Н.контр
1. Наименование (марка) стали и расчетное сопротивление (приложение В СП 16.13330)			
2. Назначение коэффициента условий работы (таблица 1 СП 16.13330)			
3. Расчетная длина в плоскости <u>XoZ</u>			
4. Расчетная длина в плоскости <u>XoY</u>			
Расчёт по несущей способности (по усилиям I группы предельных состояний, $\gamma_t \geq 1,0$ или $\gamma_t \leq 1,0$)			
5. Прочность по нормальным напряжениям (п.7.1.1 СП 16.13330)			
6. Устойчивость при центральном сжатии в плоскости <u>XoZ</u> (п.7.1.3 СП 16.13330)			
7. Предельная гибкость в плоскости <u>XoZ</u> (п.10.4 СП 16.13330)			
8. Предельная гибкость в плоскости <u>XoY</u> (п.10.4 СП 16.13330)			
9. Прочность по нормальным напряжениям от условной поперечной силы (п.7.1.1 СП 16.13330)*			
10. После подбора сечения уточнить расчетное сопротивление стали в зависимости от толщины проката (Таблица В.5 СП16. 13330) в случае изменения проверить все предыдущие пункты с новым расчетным сопротивлением			
11. Характеристики сечения с учетом требуемого предела огнестойкости (приведенная толщина металла)			
Примечание * - Проверку выполнять для сжатых элементов, которые должны обеспечивать устойчивость изгибаемых элементов (п.8.4.5 СП16.13330)			



16. Проверка расчетов стальных ферм сечением из прямоугольных гнутосварных профилей



КРИТЕРИЙ проверки	самопроверка	проверка	Н.контр.
1. Наименование (марка) стали и расчетное сопротивление (приложение В СП16.13330)			
2. Уточнить коэффициент условий работы (таблица 1 СП16.13330)			
3. Высота фермы (с учетом транспортировки, монтажа и минимально допустимой по условиям жесткости принимают в пределах $(1/12 \dots 1/15)L$)			
4. Очертание, тип решетки, размер панелей, размещение монтажных стыков (определение оптимальных геометрических размеров)			
5. Учет дополнительных моментов от жесткости узлов и эксцентриситета при размещении решетки			
6. Расчетная длина в плоскости <u>XoZ</u> для каждого элемента фермы			
7. Расчетная длина в плоскости <u>XoY</u> для каждого элемента фермы			
8. Подбор сечений центрально сжатых элементов (п.7 СП16.13330)			
9. Подбор сечений центрально растянутых элементов (п.7 СП16.13330)			
10. Подбор сечений при действии продольной силы с изгибом (п.9 СП 16.13330)			
11. Предельная гибкость в плоскости <u>XoZ</u> (п.10.4 СП16.13330)			
12. Предельная гибкость в плоскости <u>XoY</u> (п.10.4 СП16.13330)			
13. Проверка узлов: несущая способность стенки (полки) пояса (приложение Л 2.2, Л 2.3 СП16.13330)			
14. Проверка узлов: несущая способность боковой стенки пояса (параллельной плоскости узла) (приложение Л 2.4 СП16.13330)			
15. Проверка узлов: несущая способность элемента решетки вблизи примыкания к поясу (приложение Л 2.5 СП16.13330)			
16. Проверка узлов: прочность сварных швов (приложение Л 2.6 СП16.13330)			
17. После подбора сечения уточнить расчетное сопротивление стали в зависимости от толщины проката (Таблица В.5 СП16.13330) в случае изменения проверить все предыдущие пункты с новым расчетным сопротивлением			
18. Характеристики сечения с учетом требуемого предела огнестойкости (приведенная толщина металла)			
Расчет по деформациям (по усилиям II группы предельных состояний, $\gamma_s=1,0$)			
19. Вертикальные прогибы фермы эстетико-психологические (приложение Е 2.1 СП20.13330)			
20. Вертикальные прогибы фермы конструктивные (приложение Е 2.1 СП20.13330)			
21. Вертикальные прогибы фермы при наличии <u>подвесных кранов</u> управляемых с пола - технологические (приложение Е 2.1 СП20.13330)			
22. Вертикальные прогибы фермы при наличии <u>подвесных кранов</u> управляемых из кабины - физиологические (приложение Е 2.1 СП20.13330)			

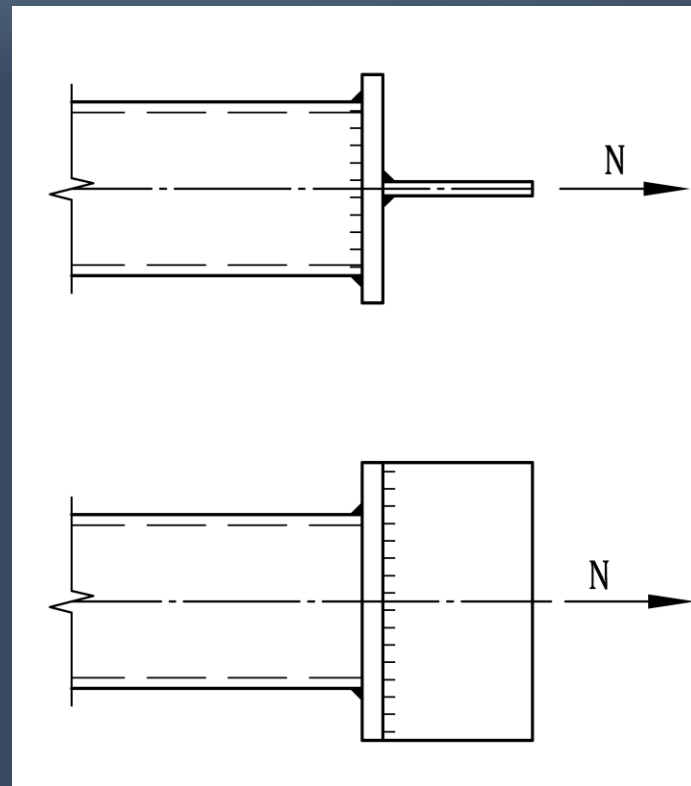
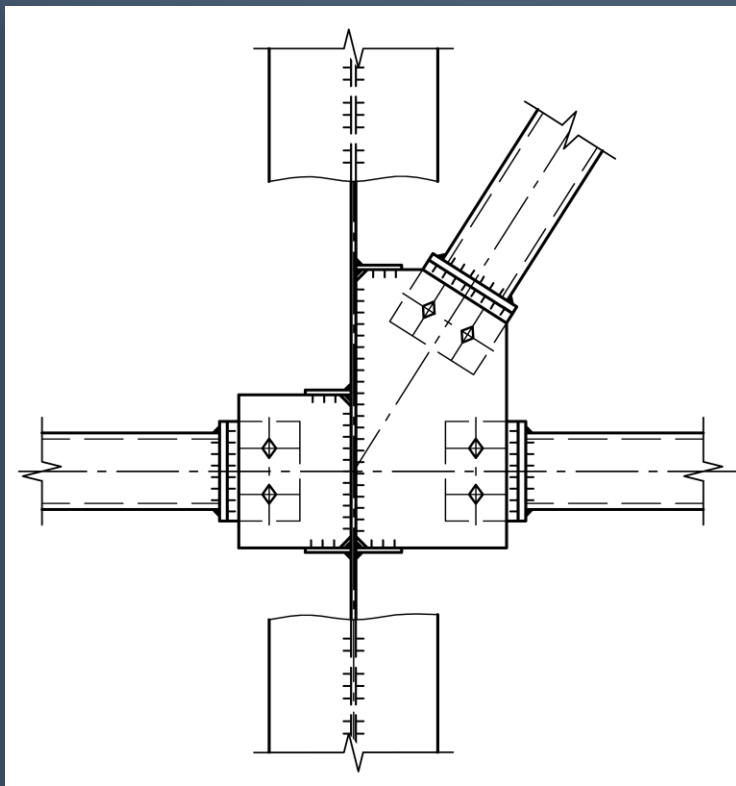


Основные этапы расчётов стальных конструкций

1. Компоновка каркаса.
2. Расчёт нагрузок на каркас.
3. Формирование расчётной схемы каркаса:
 - Задание геометрии (в т.ч. импорт из других приложений);
 - Задание жесткостных характеристик (или корректировка);
 - Задание граничных условий (связи, шарниры, взаимодействие с грунтовым основанием и т.д.);
 - Задание воздействий (статические и динамические нагрузки, смещения опор, температура и т.д.);
 - Формирование комбинаций нагрузок и РСУ.
4. Расчёт каркаса (получение усилий и перемещений).
5. Анализ результатов поведения расчётной схемы.
6. Задание характеристик конструктивных элементов (постпроцессор).
7. Анализ, контроль и оптимизация полученных результатов.
8. **Расчёт узлов соединений элементов каркаса.**

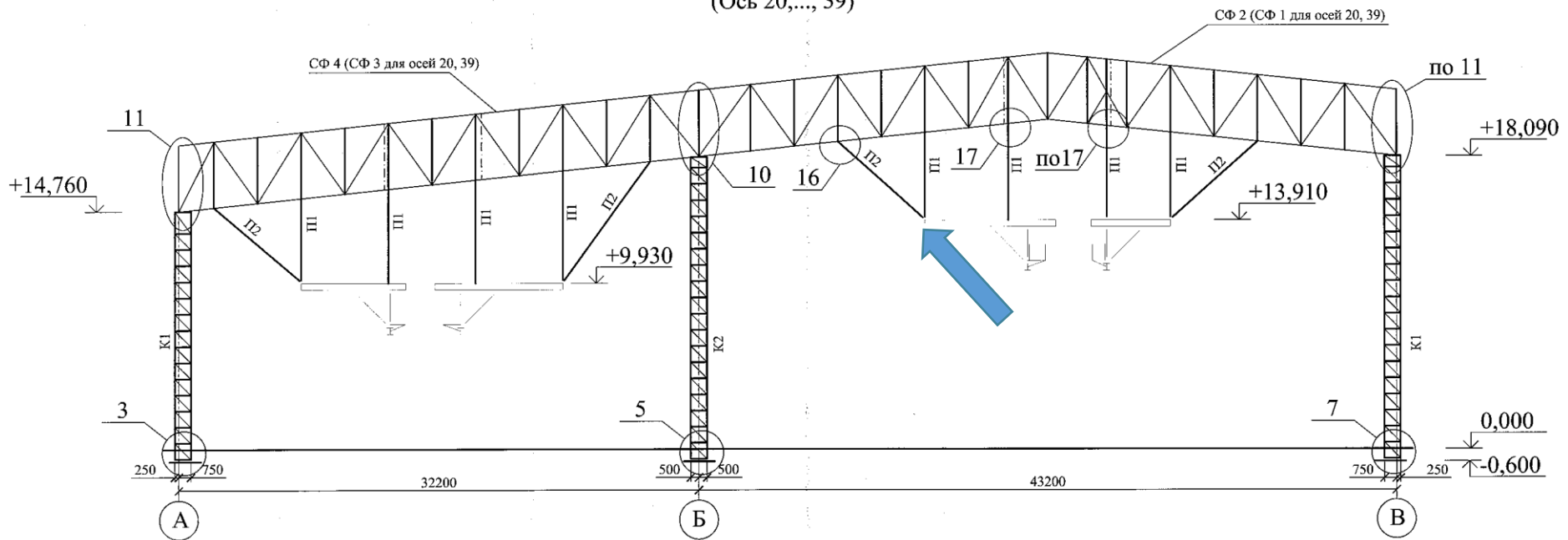


8. Расчёт узлов соединений элементов каркаса

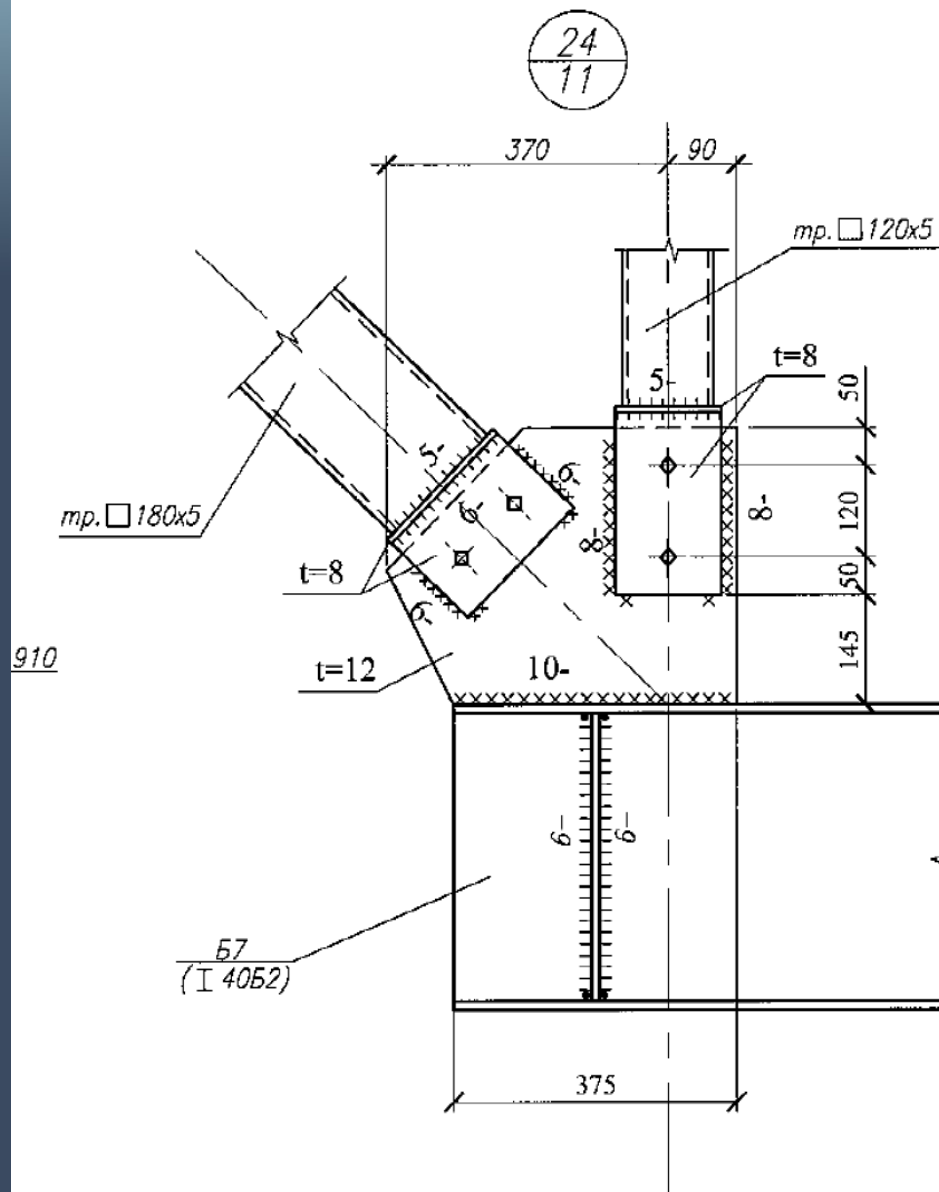


Узлы связей из квадратных
замкнутых сечений с
непрорезными фасонками

Разрез 25-25
(Ось 20,..., 39)



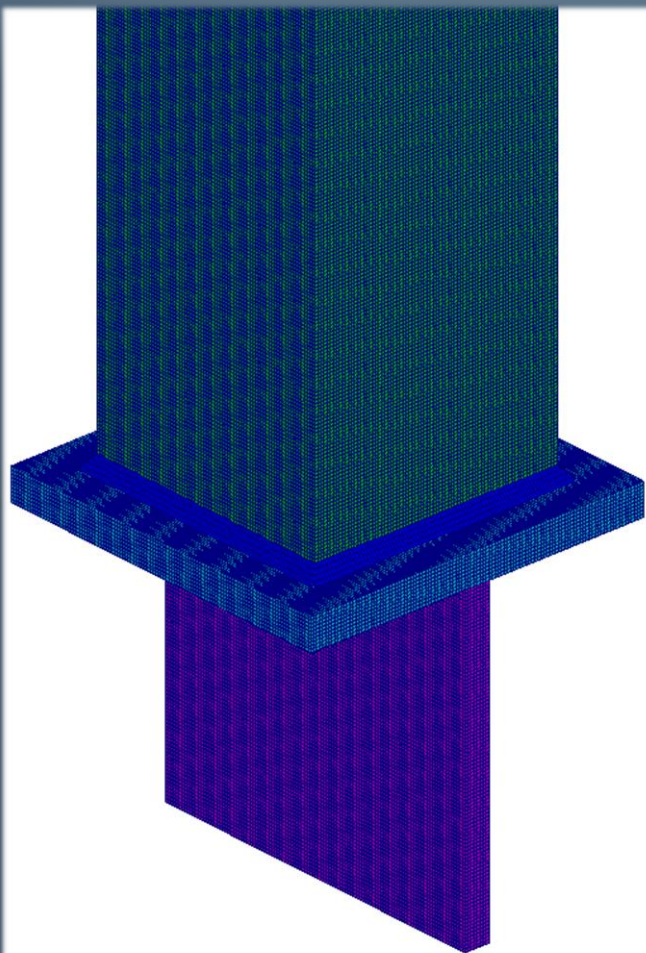
Марка	Сечение			Опорные усилия			Группа кон-стр.	Марка стали	Примечание
	Эскиз	Поз.	Состав	M, тс.м	N, тс.	Q, тс.			
П1			□ 100x4 □ 120x5	—	+ 29,0 - 6,0	—	3		
П2			□ 180x5	—	± 4,5	—	3		



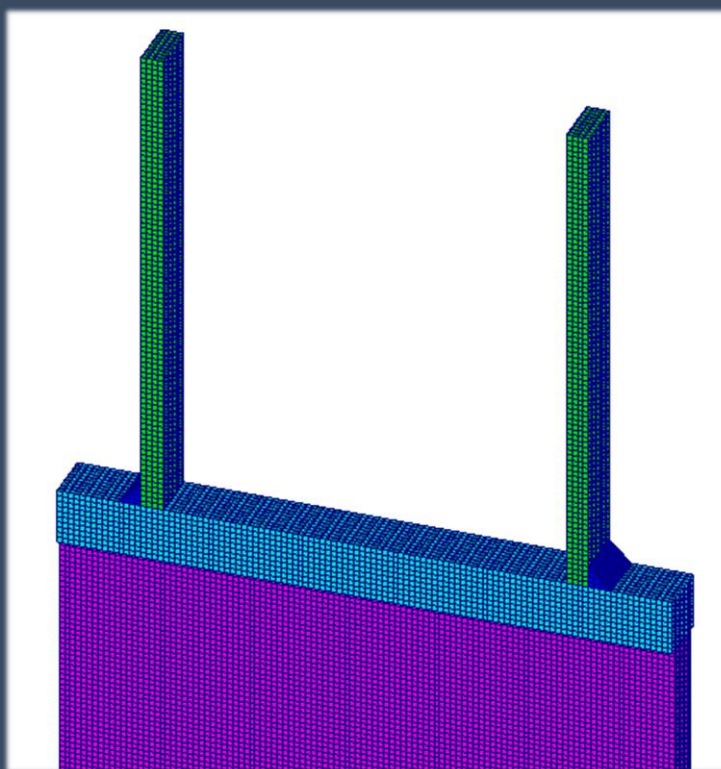
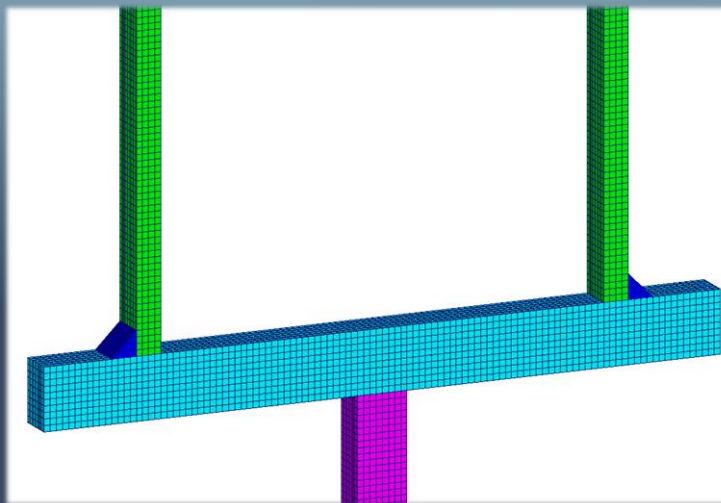


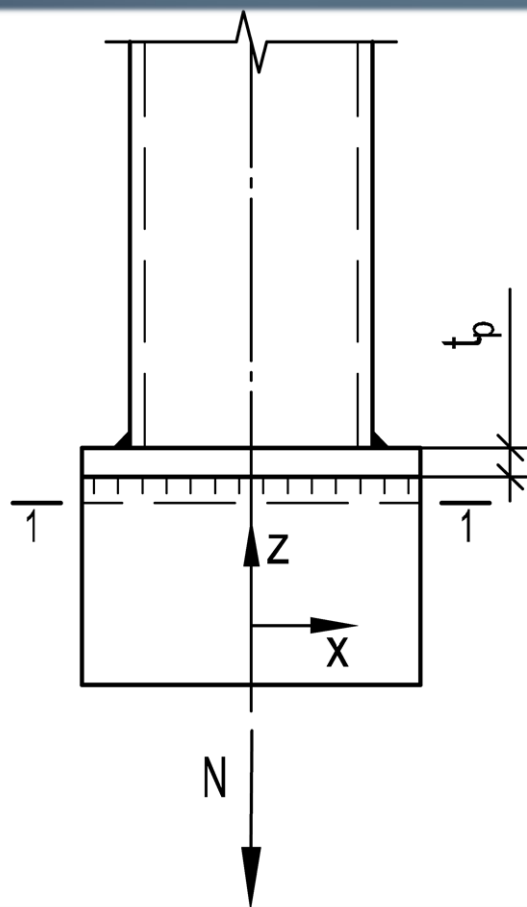




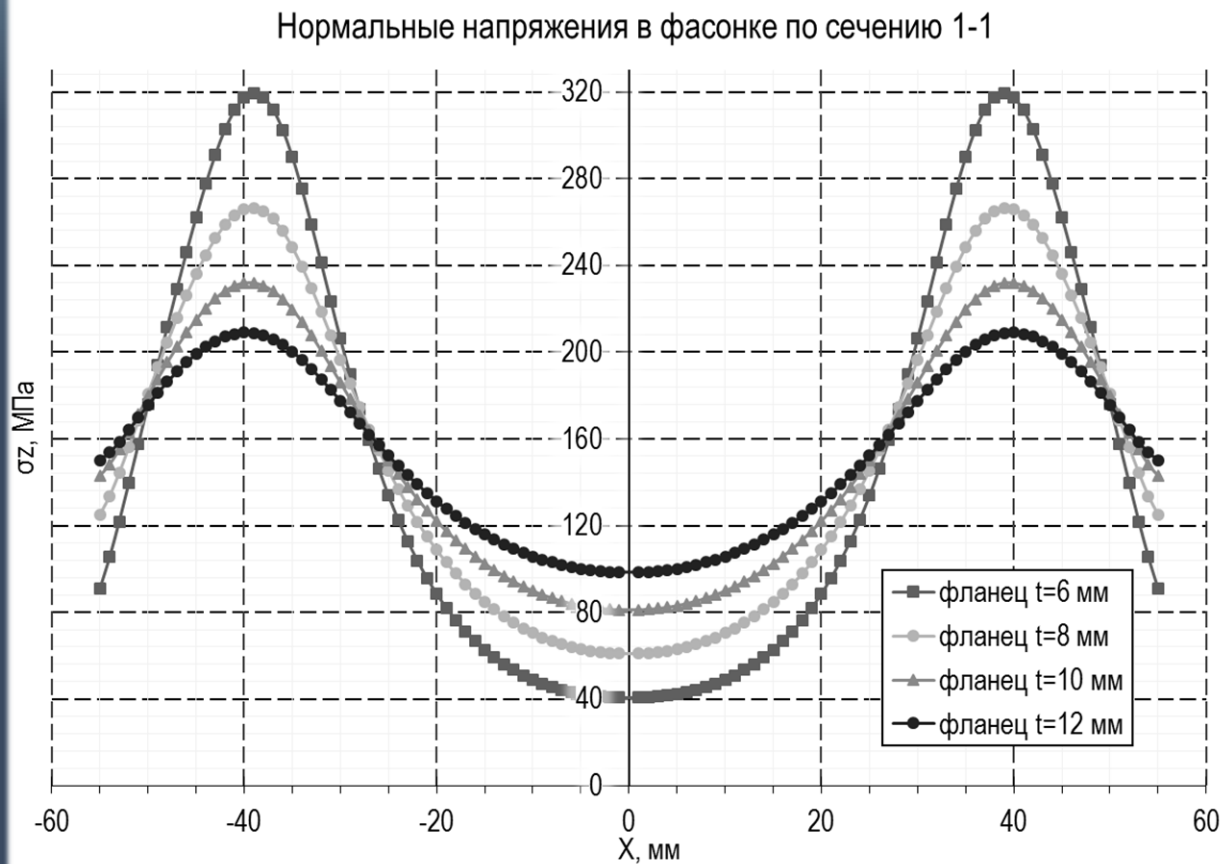


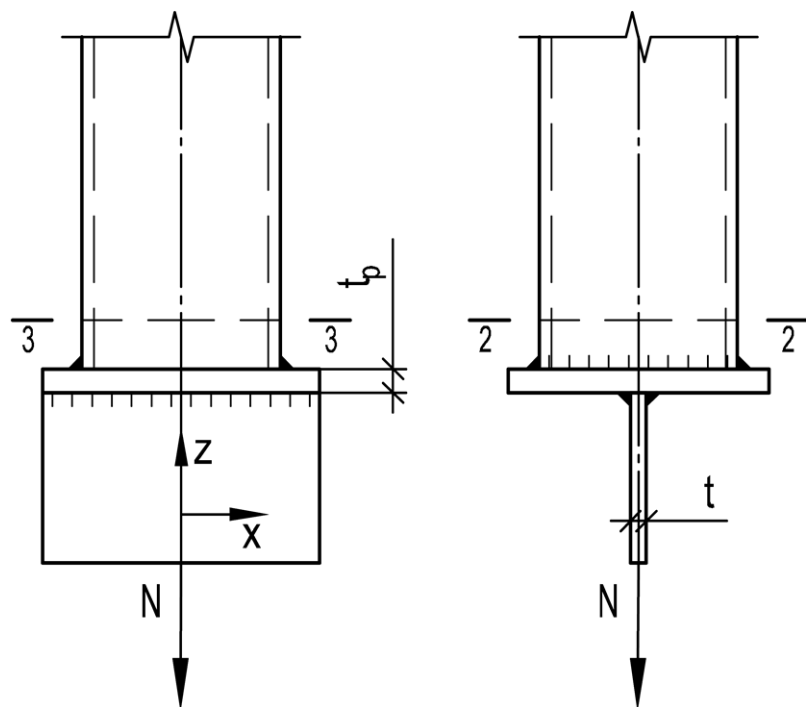
Размер КЭ 1х1мм





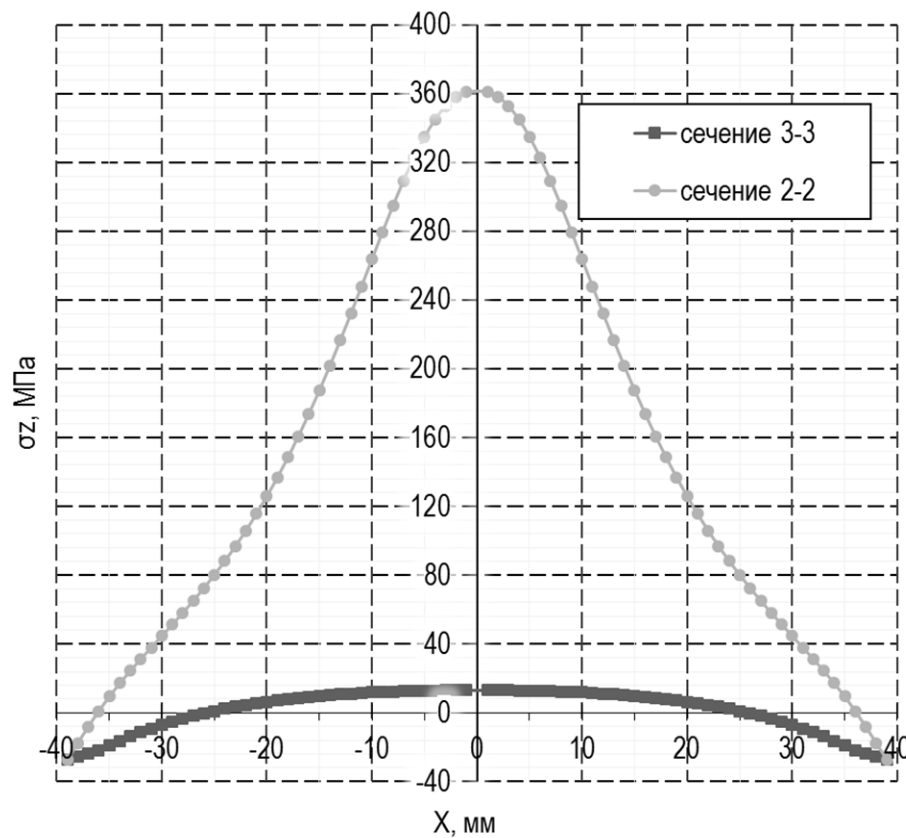
Сечение трубы: 80x80x4
Толщина фланца 6 мм
 $N = 100 \text{ кН}$





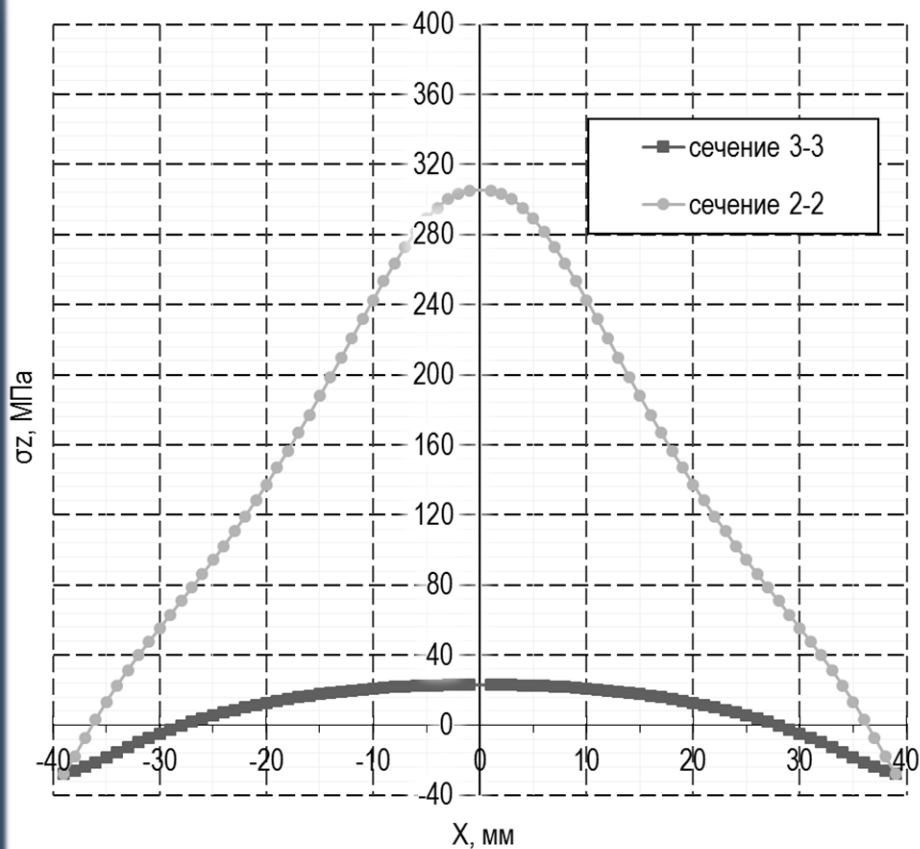
Сечение трубы: 80x80x4
 $N = 100 \text{ кН}$

труба 80x80x4, фасонка $t=6 \text{ мм}$, фланец $t_F=6 \text{ мм}$

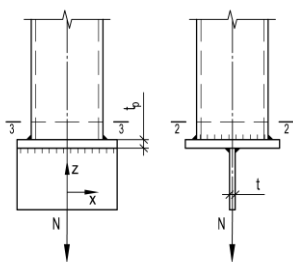
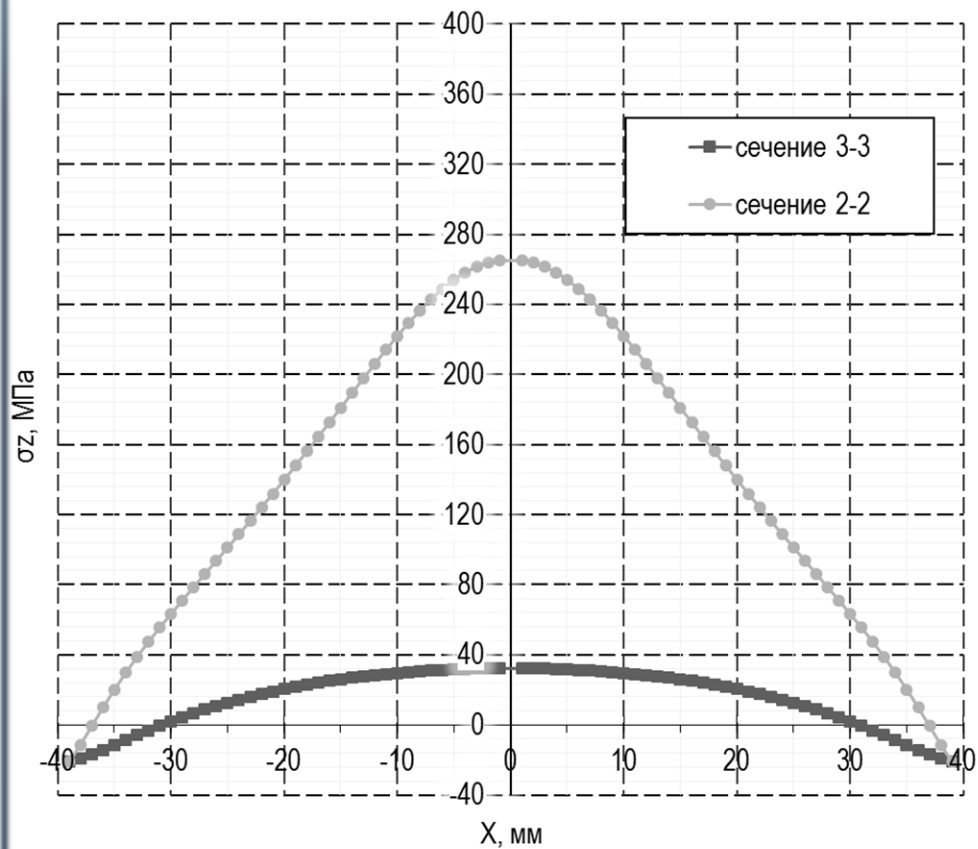




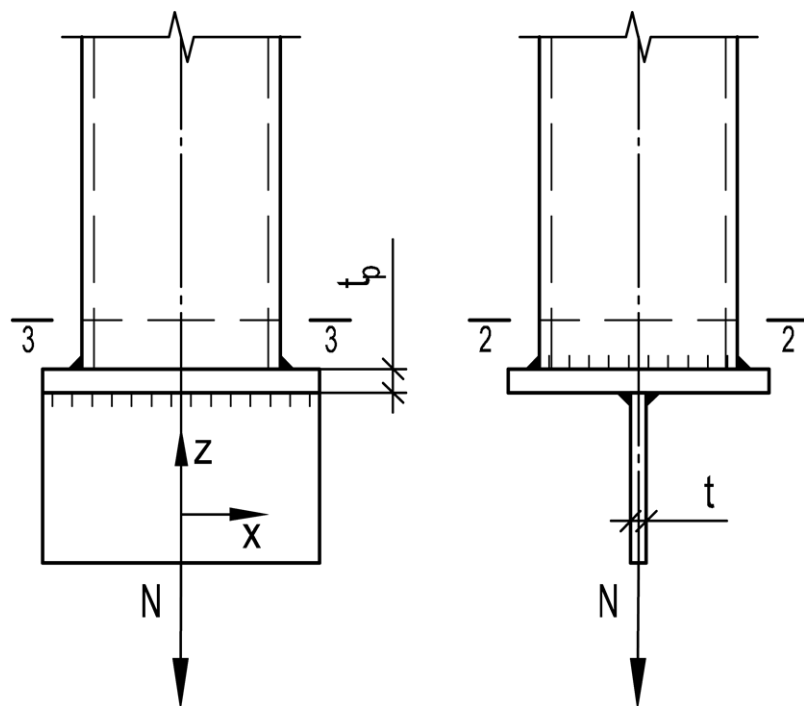
труба 80x80x4, фасонка $t=6$ мм, фланец $tr=8$ мм



труба 80x80x4, фасонка $t=6$ мм, фланец $tr=10$ мм

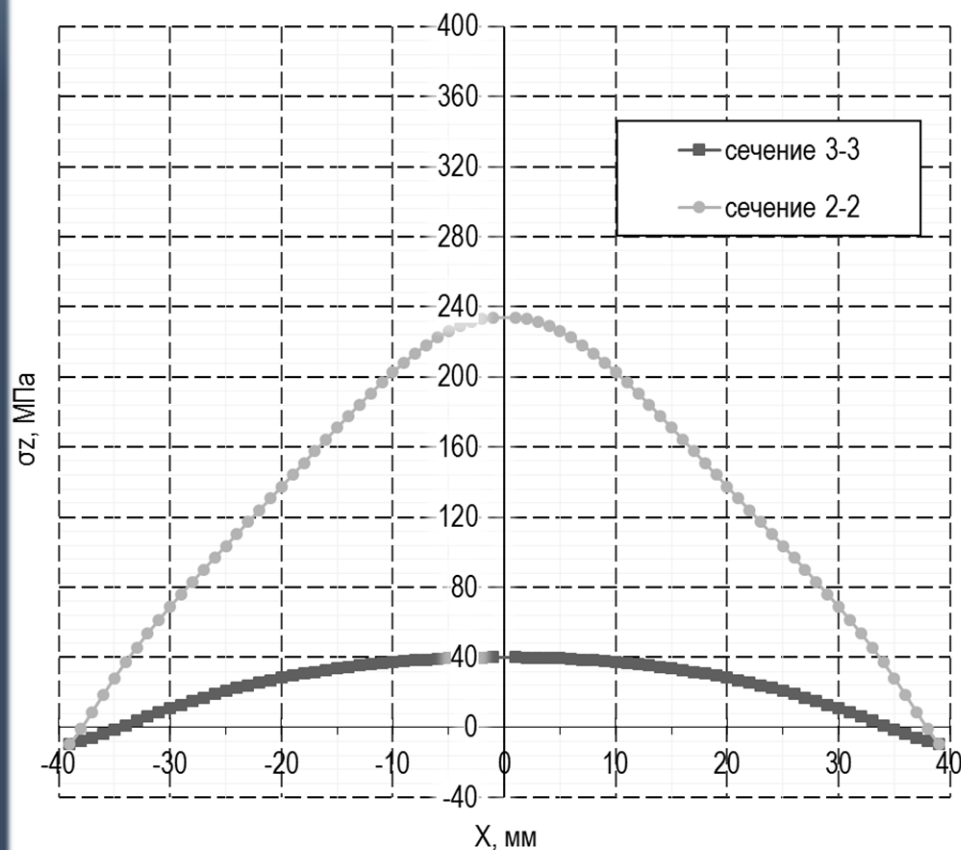


Сечение трубы: 80x80x4
 $N = 100$ кН



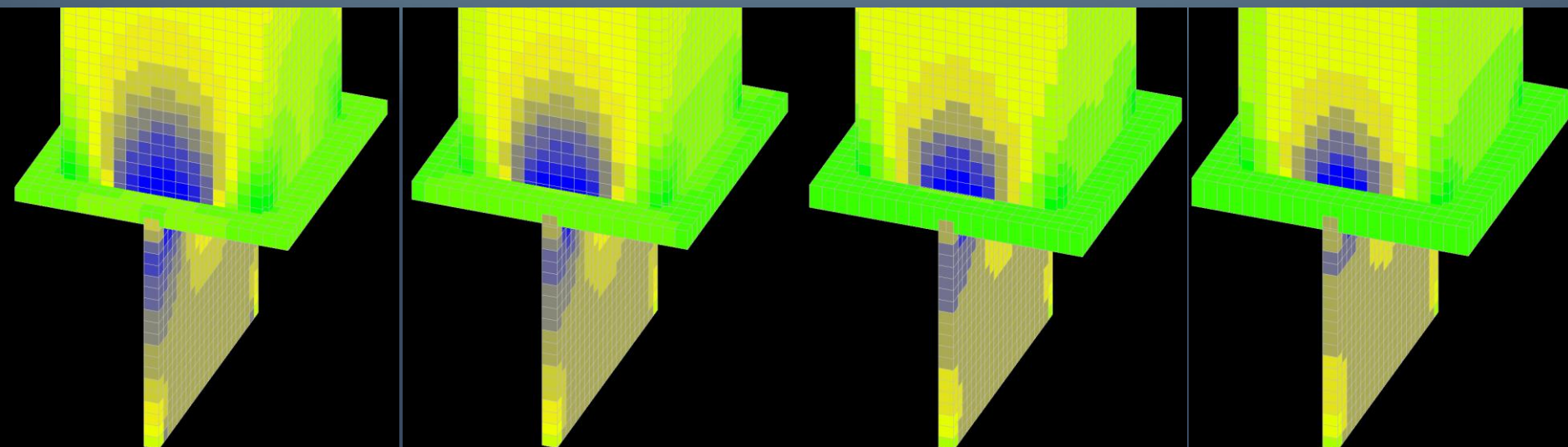
Сечение трубы: 80x80x4
 $N = 100 \text{ кН}$

труба 80x80x4, фасонка $t=6 \text{ мм}$, фланец $t_p=12 \text{ мм}$





$$\sigma \leq R_y$$

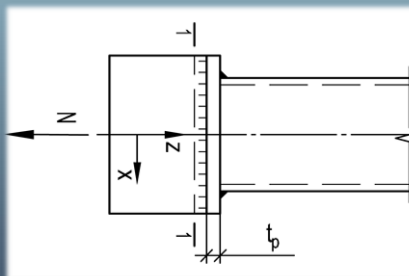


Фланец t=6 мм
Фасонка t=6 мм

Фланец t=8 мм
Фасонка t=6 мм

Фланец t=10 мм
Фасонка t=6 мм

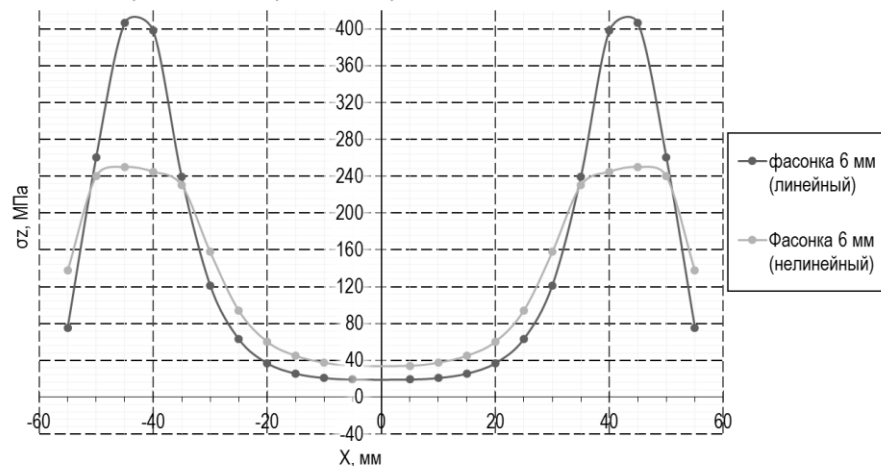
Фланец t=12 мм
Фасонка t=6 мм



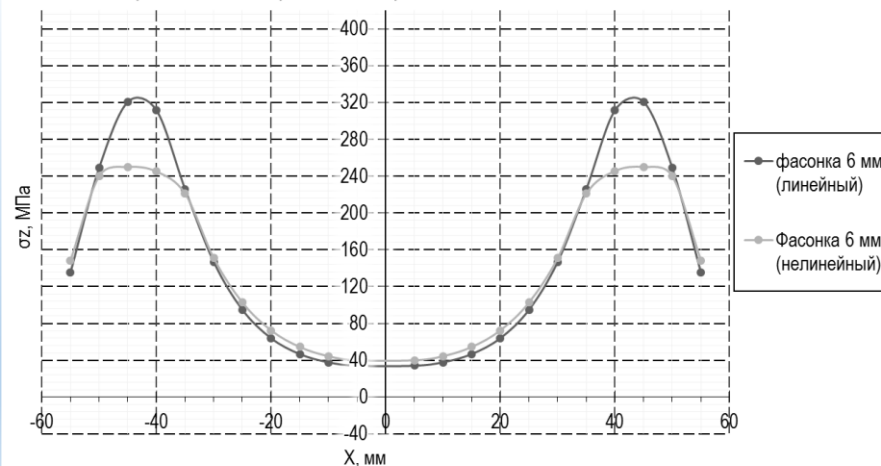
Фланец $t=6$ мм

Фланец $t=8$ мм

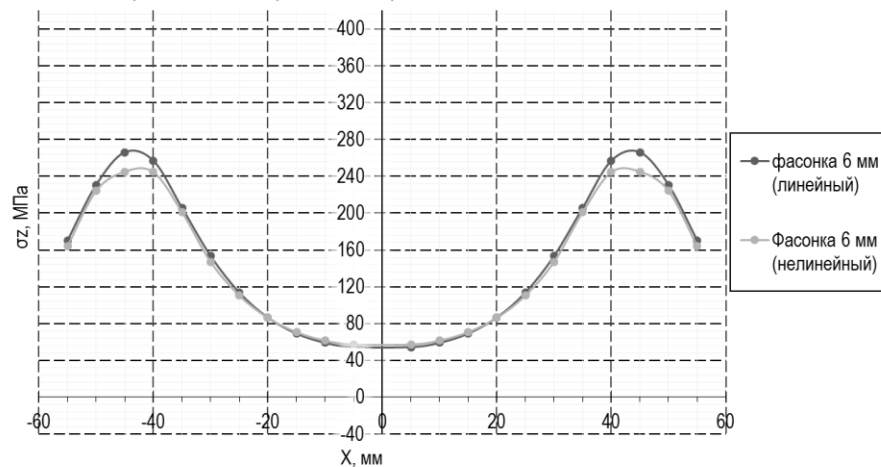
Нормальные напряжения в фасонке по сечению 1-1



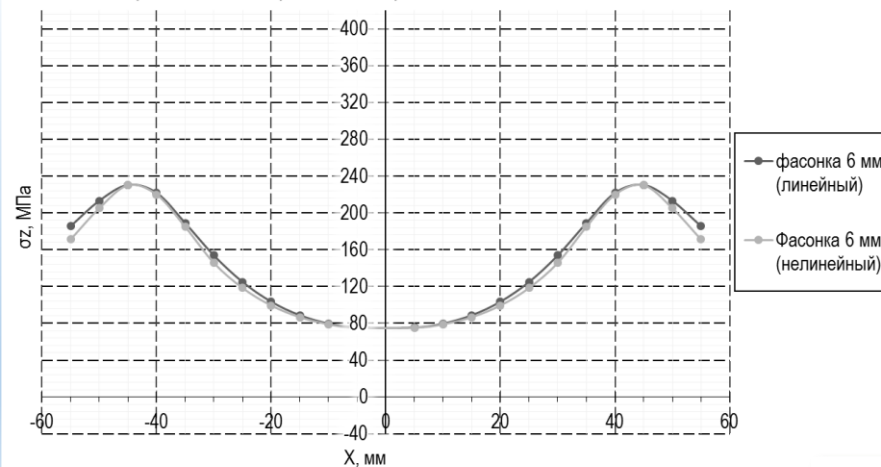
Нормальные напряжения в фасонке по сечению 1-1



Нормальные напряжения в фасонке по сечению 1-1

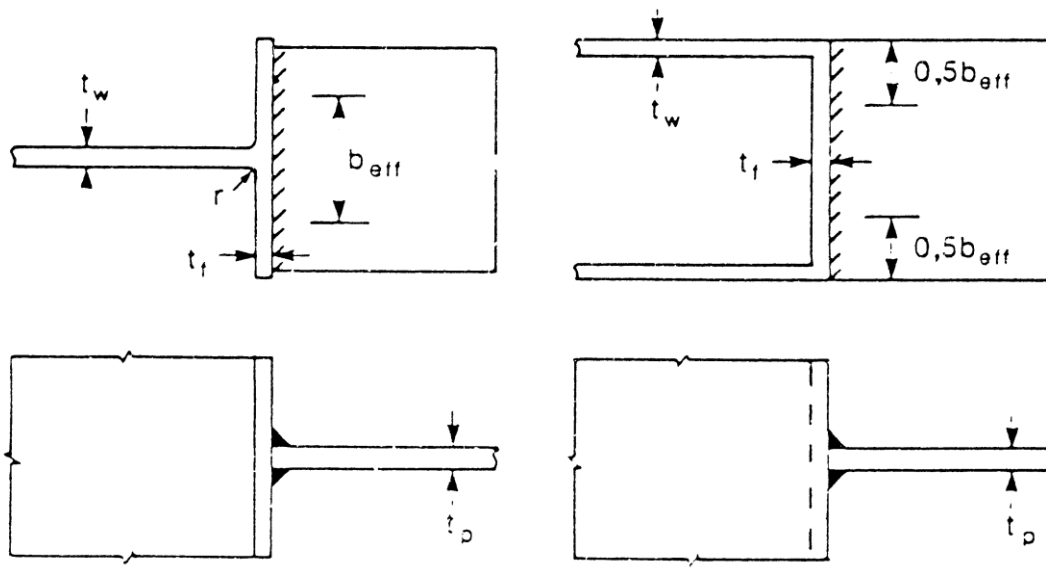
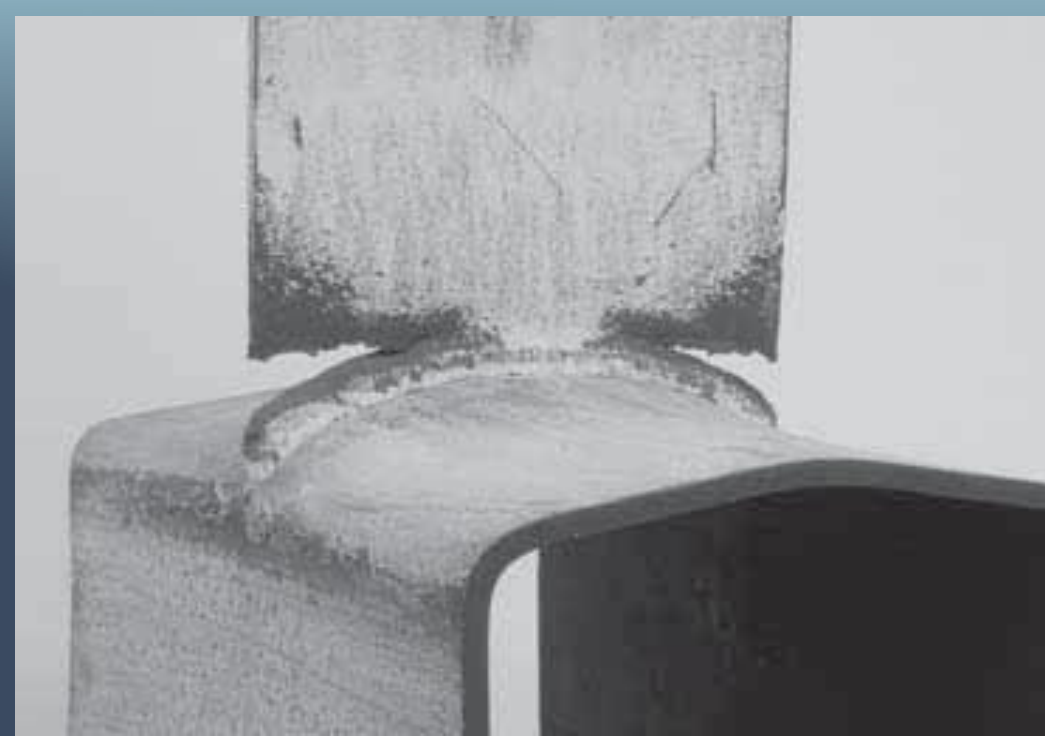


Нормальные напряжения в фасонке по сечению 1-1



Фланец $t=10$ мм

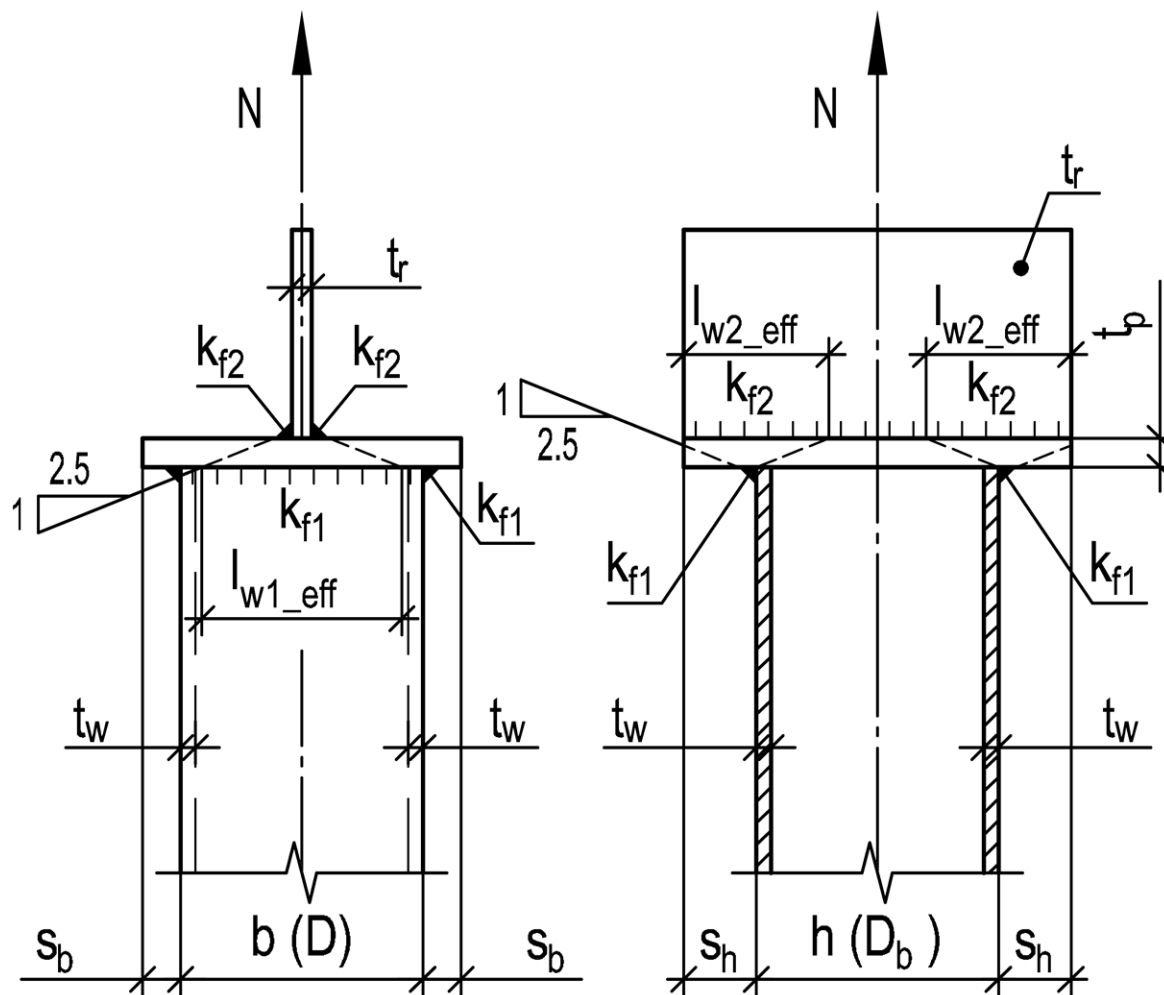
Фланец $t=12$ мм



Модель EUROCODE 3



Инженерная расчётная модель узла





Пример 11

Пример расчёта узла

СТО МК-01-2018

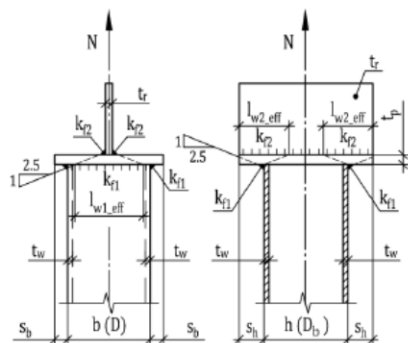


Рис 11.11. К примеру 11

В соответствии с таблицей В.5 [1] нормативное сопротивление листового и фасонного проката из стали С255 составляет $R_{yn} = 245 \text{ Н/мм}^2$ (при толщине листов от 2 до 20 мм). По таблице Г.1 [1] принимаем тип сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. Расчётные сопротивления углового шва принимаем по таблицам 4 и Г.2 [1]:

- по металлу шва $R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2$;
- по металлу границы сплавления $R_{wz} = 0,45 R_{yn} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ Н/мм}^2$;

По таблице 39 [1] принимаем следующие значения коэффициентов проплавления: $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1,0$.

Так как $R_{wf} \cdot \beta_f = 215 \cdot 0,7 = 150,5 < 166,5 = 166,5 \cdot 1,0 = R_{wz} \cdot \beta_z$, дальнейшие расчёты сварных швов ведём только по металлу шва.

Согласно п. 14.1.7.а [1] катет шва не должен превышать $1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ мм} \geq k_{f1} = 4 \text{ мм}$ – **условие выполняется**. Согласно п.14.1.7.б и таблице 38 [1] катет шва при тавровых односторонних угловых швах и толщине более толстого из свариваемых элементов от 6 мм до 10 мм не должен быть меньше 5 мм ($k_{f1} = 4 \text{ мм}$) – **условие НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ**. В соответствии с п. 14.1.7.е [1] принимаем неравносторонний шов с катетом $k_f = 5 \text{ мм}$ со стороны пластины толщиной 10 мм и катетом $k_f = 4 \text{ мм}$ со стороны профиля с толщиной стенки 4 мм. Дальнейший расчёт ведём при значении катета шва $k_{f1} = 4 \text{ мм}$.

Согласно п. 14.1.7.а [1] катет шва не должен превышать $1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ мм} \geq k_{f2} = 6 \text{ мм}$ – **условие выполняется**. Согласно п.14.1.7.б и таблице 38 [1] катет шва при тавровых двусторонних угловых швах и толщине более толстого из свариваемых элементов от 6 мм до 10 мм не должен быть меньше 4 мм ($k_f = 6 \text{ мм}$) – **условие выполняется**.

Прочность угловых швов крепления профиля к фланцу при действии силы N, проходящей через центр тяжести соединения (без эксцентриситета), проверяем по следующей формуле:

сечение по металлу шва	$\frac{N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f1} \cdot l_{w1_eff} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{75 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 70 \cdot 215} = 0,89 \leq 1$	Прочность обеспечена
------------------------	---	----------------------

Где $l_{w1_eff} = t_r + 2 \cdot k_{f2} + 5 \cdot t_p = 8 + 2 \cdot 6 + 5 \cdot 10 = 70 \text{ мм}$ – расчётная длина шва в сварном соединении. Также должно выполняться условие $l_{w1_eff} < b = 120 \text{ мм}$ – **условие выполняется**.

При невыполнении условия, т.е. $l_{w1_eff} \geq b$, расчётная длина сварного шва принимается равной периметру шнурового замкнутого сварного профиля (за вычетом неперывов в начале и конце участков – при их наличии).

Прочность угловых швов крепления фасонки к фланцу при действии силы N, проходящей через центр тяжести соединения (без эксцентриситета), проверяем по следующей формуле:

ООО «ПКБ ГИПЕРИОН» г.Новосибирск

39



СТО МК-01-2018

сечение по металлу шва	$\frac{N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2_eff} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{75 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 44 \cdot 215} = 0,94 \leq 1$	Прочность обеспечена
------------------------	---	----------------------

Где $l_{w2_eff} = k_{f1} + 2,5 \cdot t_p + s_h - 5 \text{ мм} = 4 + 2,5 \cdot 10 + 15 - 5 = 44 \text{ мм}$ – расчётная длина шва в сварном соединении (за вычетом неперыва с одной стороны расчётного участка).

Также должны выполняться следующие условия:

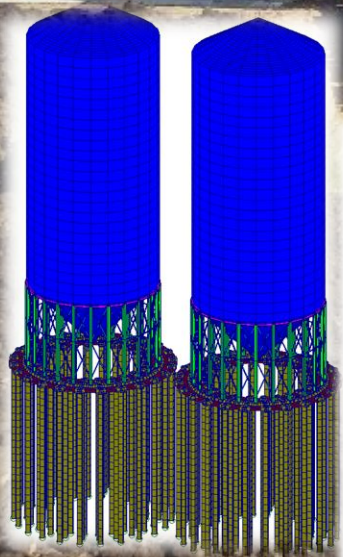
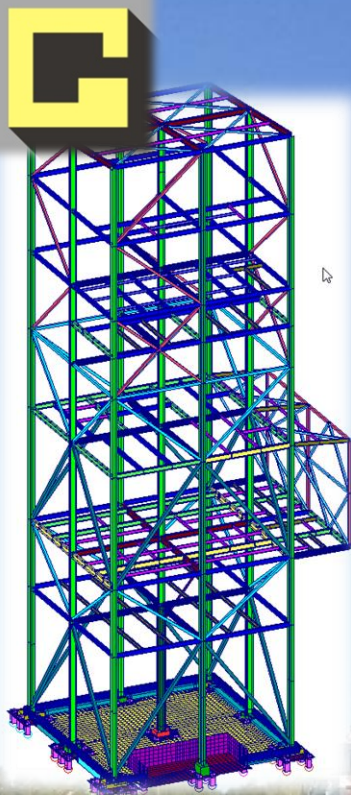
- $l_{w2_eff} = 44 \text{ мм} \leq 0,5 \cdot h + s_h = 0,5 \cdot 120 + 15 = 75 \text{ мм}$ – **условие выполняется**;
- $s_h = 15 \text{ мм} \leq 2,5 \cdot t_p = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ мм}$ – **условие выполняется**.

При невыполнении первого условия, т.е. $l_{w2_eff} > 0,5 \cdot h + s_h$, расчётная длина сварного шва принимается равной $l_{w2_eff} = 0,5 \cdot h + s_h - 5 \text{ мм}$ (за вычетом неперыва с одной стороны расчётного участка).

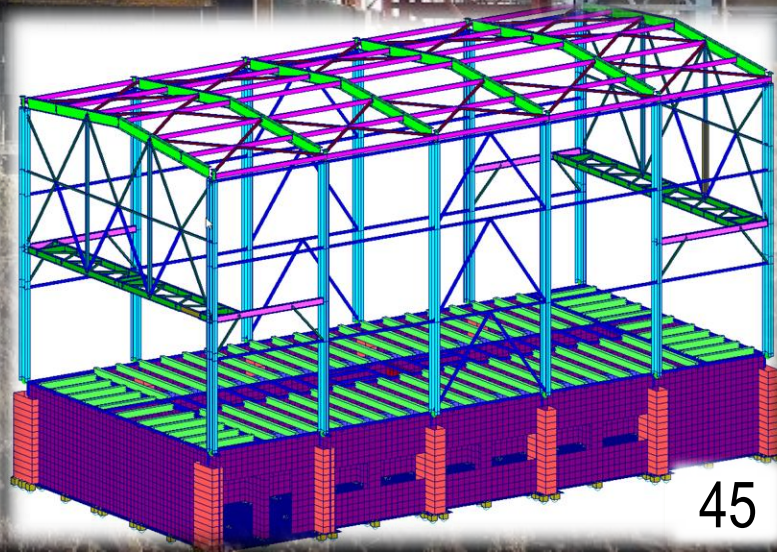
Таким образом, рассматриваемое сварное соединение удовлетворяет всем условиям прочности при действии расчётной нагрузки. Следует отметить, что прочность самих деталей в месте прикрепления в данном примере не рассматривается и должна быть проверена отдельным расчётом.

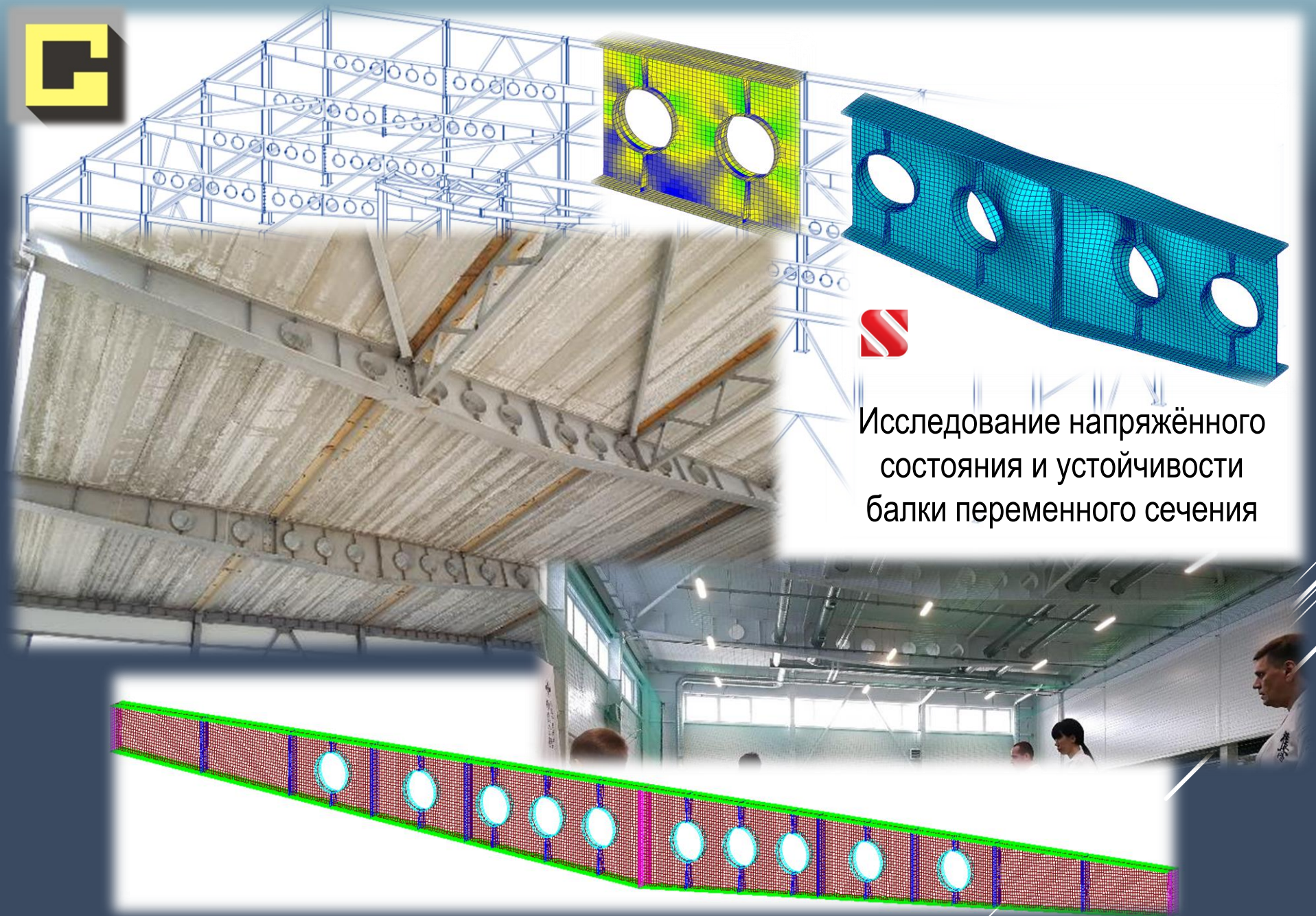
ООО «ПКБ ГИПЕРИОН» г.Новосибирск

40



Комплексное проектирование
зернохранилища объёмом 41200 м³
для приёмки, очистки, сушки и
хранения сельскохозяйственных
культур в
с. Маршанское, Новосибирская
область.

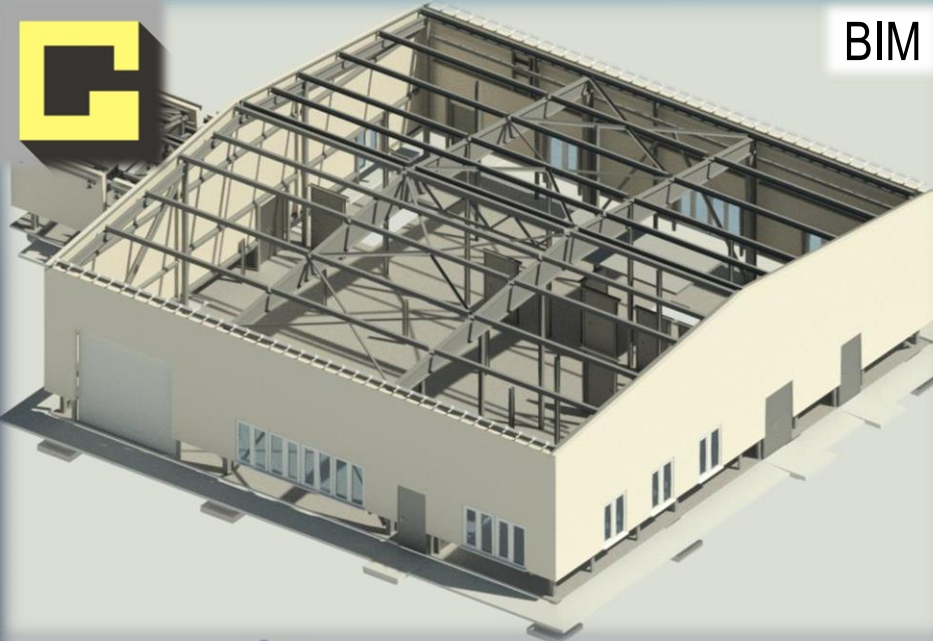




Исследование напряжённого
состояния и устойчивости
балки переменного сечения



BIM



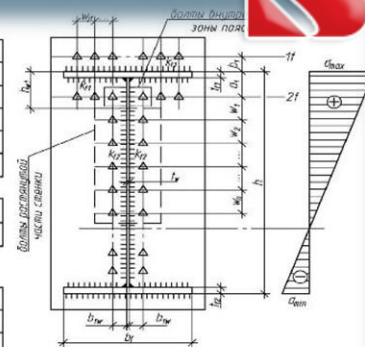
характеристики материала		
E	20600	кН/см ²
У _с	1	
Сталь	C345	
тип	лист	
толщина	25	мм
R _y	30	кН/см ²
R _{sp}	46	кН/см ²
Размеры сечения		
h	383	мм
bf	299	мм
tw	10	мм
tf	13	мм
hw	357	мм

t ₁	25	мм	b ₁	50	мм
t ₂	25	мм	a ₁	65	мм
k _{h1}	14	мм	b _{1w}	70	мм
k _{h2}	8	мм	w ₁	75	мм
d ₀	20	мм	A _{0n}	2,45	см ²
кл. прочн.	кл12.9		R _{0h}	85,4	кН/см ²

n _{cl}	4
n _{clw}	2
w ₂	75
n	1
w ₁	70

σ _{max}	14,3	кН/см ²
σ _{min}	-13,4	кН/см ²

m=	-0,93	
h ₀ =	198	мм
h _{в1} =	89,5	мм
σ _в =	13,4	кН/см ²
σ _{в1} =	6,9	кН/см ²



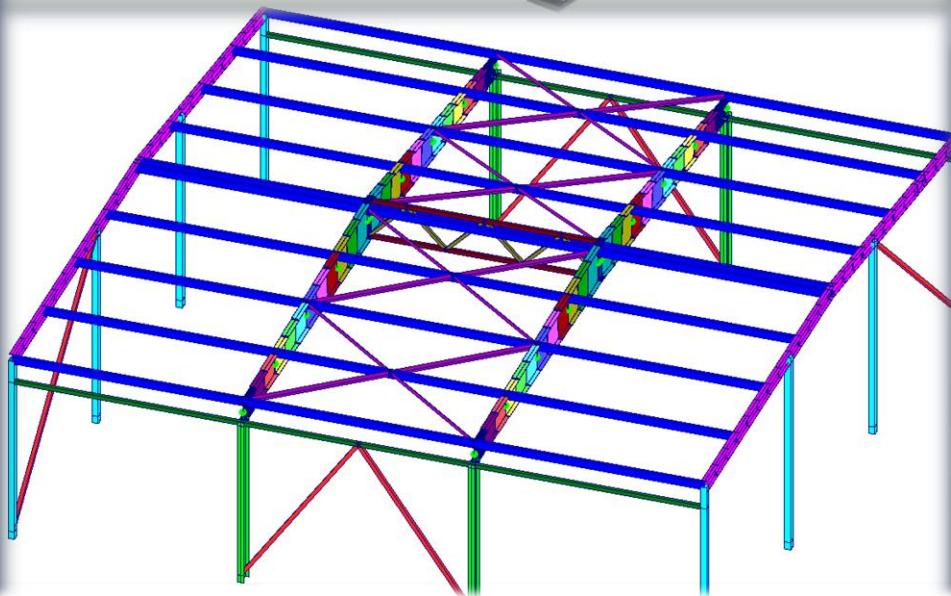
Геометр. характ	
A	113,4
W _x	1587

Автоматизация расчёта фланцевых соединений

ИЦИЯ	
W _{max}	180
W _{min}	60

Усилия		
M	N	Q
220	55	137

β ₁	0,7	R ₀₁	21,5	кН/см ²
β ₂	1	R ₀₂	20,7	кН/см ²

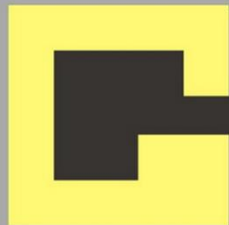


Молочное отделение

Комплексное проектирование животноводческого комплекса на 6360 фуражных коров с полным циклом воспроизводства стада и откормом бычков до мясных кондиций в Красноярском крае, Шушенский район, Ильичевский сельсовет

ПКБ ГИПЕРИОН

МЫ ДЕЛАЕМ ЛУЧШИЕ ПРОЕКТЫ!



📞 **213-39-29**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО
МОНТАЖ**



Быстровозводимые здания



www.pkb-giperion.ru