

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

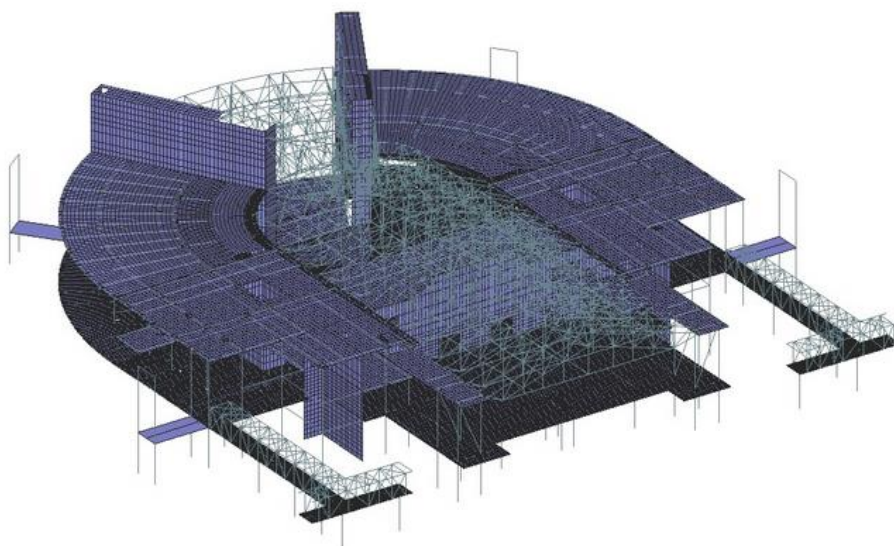
ДО ВИВЧЕННЯ ТЕМИ

"Вибір перерізів елементів сталеві ферми

В

ПК SCAD"

для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання



Кропивницький 2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до вивчення теми "Вибір перерізів елементів сталеві ферми в ПК
SCAD"**

для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання"

Затверджено
на засіданні кафедри
будівельних, дорожніх машин
і будівництва.

Протокол № 2 від 15.09. 2020

Кропивницький 2020

Металеві конструкції. Методичні вказівки до вивчення теми "Вибір перерізів елементів металевої ферми в ПК SCAD : для студ. спец. 192 - Будівництво та цивільна інженерія усіх форм навчання / [уклад. : Г. Д. Портнов, В. В. Дарієнко] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. будівельних, дорожніх машин і будівництва. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 62 с.

Дані методичні вказівки написані в розвиток вказівок з виконання курсової роботи «Проектування сталевого каркасу одноповерхової будівлі» з навчальної дисципліни «Металеві конструкції». Вказівки містять детальне викладення порядку підбору перерізів стержнів легких сталевих кроквяних ферм із парних кутників за допомогою обчислювального комплексу Structure CAD (OK SCAD). Окрім виконання курсової роботи, вони можуть використовуватися при виконанні дипломних проектів і кваліфікаційних магістерських робіт проектного та науково-дослідницького характеру.

Укладачі – к.т.н., доцент Портнов Г.Д., к.т.н., доцент Дарієнко В.В.

Рецензент – к.т.н., Яцун В.В.

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри будівельних,
дорожніх машин і будівництва,
професор Настоящий В.А.

Вступ

В даний час одним з доступних для використання в навчальному процесі програмних засобів для проектування будівельних конструкцій є обчислювальний комплекс Structure CAD (OK SCAD), який розроблено в Україні групою фахівців SCAD Group. Демонстраційну версію програмного комплексу SCAD, яка є офіційно безкоштовною і при цьому цілком придатною для виконання розрахунків нескладних конструкцій можна отримати за адресою розробника: <http://www.scadsoft.com/download.php>.

Комплекс SCAD реалізований як інтегрована система аналізу міцності та проектування конструкцій на основі методу скінчених елементів. Він дозволяє аналізувати напружено-деформований стан будівельних конструкцій різних видів при статичних та динамічних впливах, а також виконувати ряд проектних розрахунків елементів будівельних конструкцій.

Основи практичної роботи з проектно-обчислювальним комплексом SCAD вивчаються в навчальній дисципліні "Будівельна механіка".

Сталеві кроквяні ферми є досить поширеною конструктивною формою, тому автоматизація їх проектування є актуальним завданням. Значну частину часу інженера-проектувальника при проектуванні сталевих ферм займають розрахунки, пов'язані з визначенням зусиль в елементах конструкції та з підбором перерізів стержнів згідно з вимогами норм проектування ДБН В.2.6-163:2010 "Сталеві конструкції".

Проектування ферм у курсовій роботі «Проектування сталевого каркасу одноповерхової будівлі» передбачає визначення розрахункових зусиль, підбір перерізів стержнів (поясів та елементів ґраток), розроблення вузлів з'єднання стержнів, укрупнювальних та опорних вузлів. Дані методичні вказівки призначені для ознайомлення з використанням OK SCAD та практичного використання студентами при підборі перерізів стержнів сталевих ферм на прикладі двоскатної ферми з парних кутників. Приклад розрахунку виконано в демонстраційній версії SCAD Office 21.1.

З прикладом розв'язання подібної задачі в більш ранніх версіях програмного комплексу SCAD можна ознайомитись на сайті за адресою <http://buildingbook.ru/raschetfermivscad.html>. Особливості роботи програми представлені також <http://blog.infars.ru/raschet-stalnoj-fermy-v-pk-scad>.

Методичні вказівки по суті містять покрокові інструкції з порядку визначення зусиль і підбору перерізів стержнів у середовищі SCAD, проілюстровані копіями екрану, отриманими у процесі розрахунку прикладу кроквяної ферми. Оскільки інтерфейс програми SCAD Office 21.1 є російськомовним, інструкції та приклад розрахунку в методичних вказівках викладено російською мовою.

1. Общий порядок подбора сечений элементов фермы

Расчет фермы в среде SCAD Office начинается с того, что в первом приближении задают предполагаемые сечения элементов конструкции.

После определения расчетных усилий выполняется проверка и подбор сечений металлопроката. Если результаты проверки не удовлетворительны, необходимо заменить сечения по алгоритму, реализованному в программе, и пересчитать задачу с последующей проверкой сечений. В некоторых случаях может понадобиться несколько таких итераций, чтобы добиться приемлемого результата. При необходимости, сечения выбираются проектировщиком по его усмотрению с последующей экспертизой конструкции.

Компонуя сечения стержней ферм, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Сечения поясов следует выполнять постоянными или изменять не более одного раза в фермах пролетом 24 м и более, при меньших пролетах сечение поясов изменять не рекомендуется.

2. Не следует использовать в одной конструкции фермы сечения стержней одного размера, но разных марок сталей. Толщины элементов одного габарита должны отличаться не менее, чем на 2 мм.

3. Для удобства заказа проката количество калибров профилей, применяемых в ферме, ограничивается: при пролете фермы $L \leq 36$ м принимают 5...6 различных профилей, а при пролете $L > 36$ м – 6...8.

4. Для предотвращения повреждения стержней при транспортировке и монтаже, а также из условия обеспечения качества сварки и повышения коррозионной стойкости, минимальный профиль уголков для ферм обычно назначают: равнополочных 50×5 мм, неравнополочных 63×40×5 мм. В очень легких фермах допускается использование уголков меньшего сечения, но с толщиной полки не менее 4 мм, что позволяет выполнить сварной шов вдоль пера уголка катетом 3 мм.

5. Разница в толщинах фасонки между двумя соседними узлами не должна превышать 2 мм (в отдельных случаях не более 4 мм).

6. Для снижения расхода стали целесообразно наиболее нагруженные элементы ферм (пояса, опорные раскосы) проектировать из стали повышенной прочности, а прочие элементы – из обычной малоуглеродистой стали. Стержни легких ферм при отсутствии динамических нагрузок работают в относительно благоприятных условиях, поэтому для них следует применять стали полуспокойной выплавки. Фасонки ферм работают в сложных условиях (плоское напряженное состояние с растягивающими напряжениями, наличие сварочных напряжений, концентрация напряжений вблизи швов). Это повышает опасность хрупкого разрушения и требует применения более качественной спокойной стали.

2. Исходные данные

Объект сельскохозяйственного строительства.

Назначение – стропильная ферма производственного здания.

Тип здания – отапливаемое.

Класс ответственности СС2.

Пространство фермы используется для прокладки коммуникаций.

Длина пролета фермы — 12 м.

Уклон ската фермы — 10%.

Узлы опирания фермы на колонны шарнирные.

Конструкция покрытия — прогоны, профилированный лист, утеплитель, ПВХ мембрана.

Число панелей верхнего пояса 6.

Раскрепление по нижнему поясу - имеется.

Нагрузка от подвешенного оборудования и коммуникаций — (кабели, вентиляция, подвесной потолок);

Материал конструкции: уголки - сталь С245, фасонки - сталь С255 по ГОСТ 27772-88*.

3. Проектирование фермы

Чаще всего применяют треугольную решетку с дополнительными стойками, поскольку ее общая длина и число узлов меньше, чем у раскосной решетки, а дополнительные стойки уменьшают панель фермы. В этой системе стойки не нужны для геометрической неизменяемости фермы.

Генеральными размерами фермы являются ее пролет и высота. Оптимальная высота в середине пролета полигональной фермы определяется условиями минимума веса, требуемой жесткости (прогибом), а также возможностью рациональной транспортировки.

Минимум веса таких ферм получается примерно при равенстве веса поясов и веса решетки (с фасонками), что имеет место при отношении

высоты фермы к ее пролету примерно 1/8. Такая высота ферм вполне удовлетворяет требуемой жесткости (прогибы получаются меньше 1/250).

Для перевозки по железной дороге требуется габарит конструкции: по вертикали — не более 3,8 м; по горизонтали — 3,2 м.

3.1 Принимаем высоту фермы 1,5 м.

3.2 По условиям опирания принимаем ферму с очертанием поясов «Треугольная с пониженным нижним поясом».

3.3 Конструктивная схема фермы представлена на рис. 1.

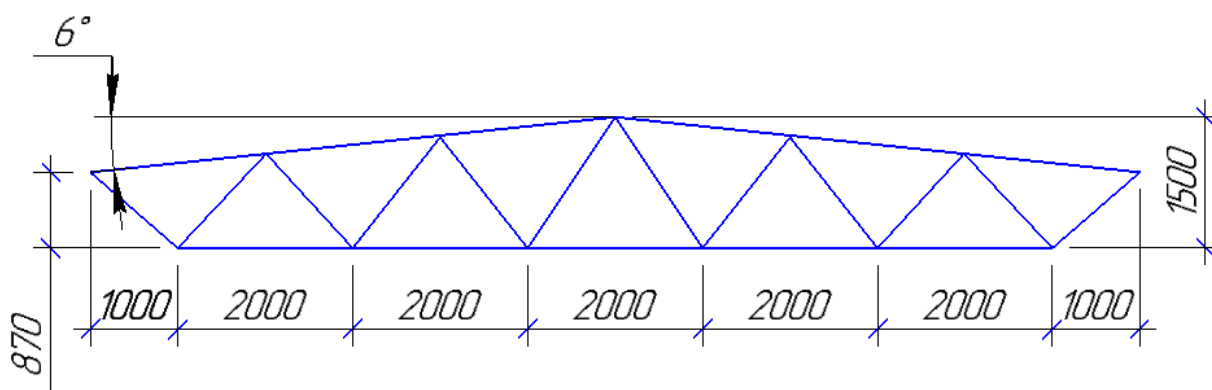


Рис. 1 Конструктивная схема фермы

4. Сбор нагрузок на ферму

4.1 Собственный вес фермы

Вес элементов фермы подсчитывается автоматически при нажатии соответствующей кнопки на панели инструментов.

4.2 Вес конструкций покрытия

Вес конструкций покрытия передается через узлы верхнего пояса фермы, шаг прогонов — 2 м, пролет прогонов 6 м. Схема загрузки фермы от веса покрытия представлена на рис. 2, где указаны характеристические значения узловых нагрузок. В соответствии с принятой по умолчанию в SCAD системой единиц, нагрузки выражены в тоннах и килограммах силы.

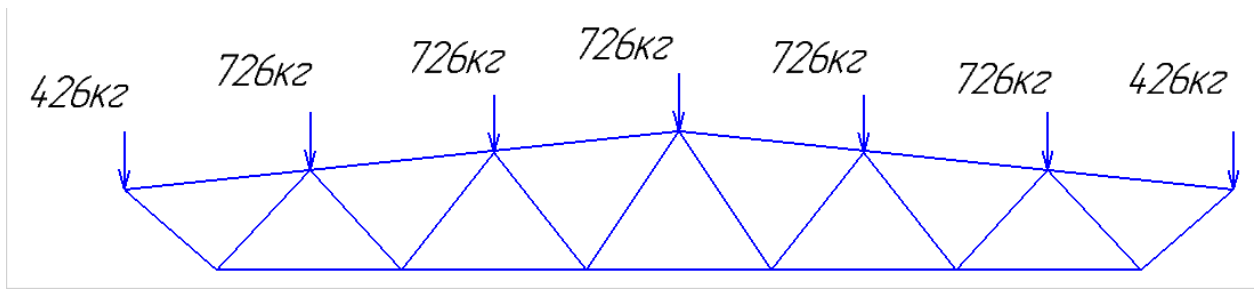


Рис.2 Схема загрузки фермы от веса покрытия

4.3 Снеговая нагрузка

Предельное расчетное значение снеговой нагрузки определяется в соответствии с указаниями [1]. Для горной местности Карпат (5-ый район по карте 8.1 [1]) на высоте 1150 м над уровнем моря при установленном сроке службы производственного здания 60 лет получаем:

$$S_{m(\mu)} = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} = 1,04 \cdot 160 \text{кг/м}^2 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 = 316 \text{кг/м}^2$$

Снеговая нагрузка передается через прогоны в узлы фермы. Составленная с учетом пролетов и шагов прогонов схема загрузки **предельными расчетными значениями** снеговой нагрузки представлена на рис. 3.

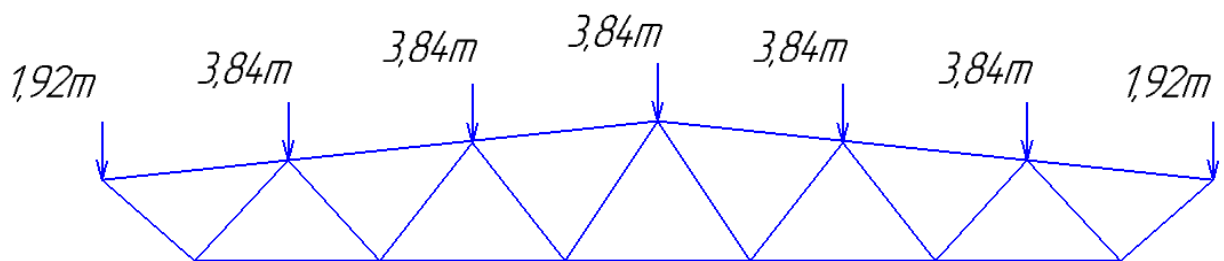


Рис. 3 Схема загрузки фермы от снеговой нагрузки

Допуская превышение требований ко второму предельному состоянию на протяжении 0,5% срока службы фермы, по таблице 8.3 [1] определяем коэффициент надежности по эксплуатационному расчетному значению снеговой нагрузки $\gamma_{fe}=0,74$. Поэтому **эксплуатационное расчетное значение** снеговой нагрузки составляет 0,7 от предельного расчетного значения.

4.4 Полезная нагрузка

Схема загрузки фермы от нормативного значения веса подвешиваемого оборудования представлена на рис. 4.

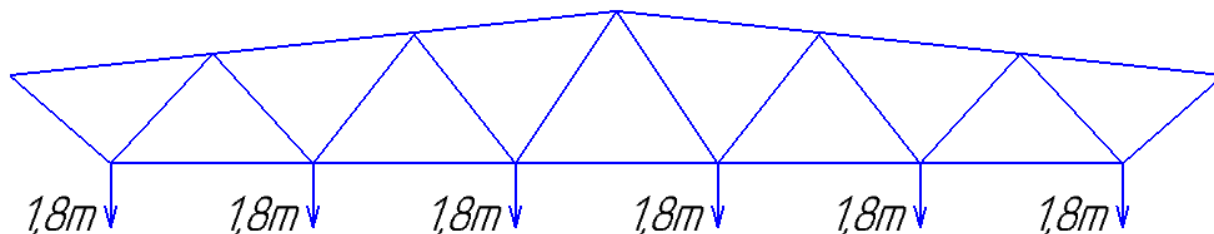


Рис. 4 Схема загрузки фермы от веса подвешиваемого оборудования

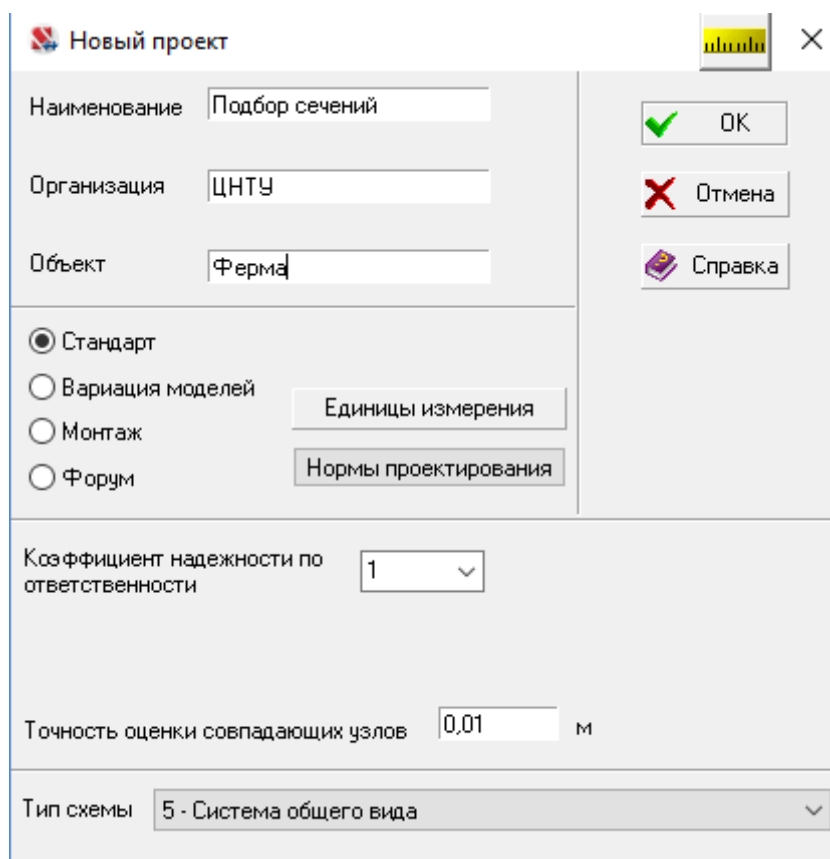
При расчетах по первому предельному состоянию учитываются предельные расчетные значения нагрузок. Для каждого вида нагрузки, например, снеговой и веса перекрытия, предусмотрены разные коэффициенты надежности по предельному расчетному значению нагрузок и в программе они должны быть заданы отдельно.

5. Создание компьютерной модели в SCAD

Запускаем SCAD, создаем новый проект.

5.1 Выбор типа схемы

Предлагается использовать схему **тип 5** — «Система общего вида». Создается 3D модель. Нагрузка может быть приложена во всех плоскостях. Схема может включать как шарнирные, так и жесткие узлы. При создании расчетной схемы фермы необходимо закреплять узлы от поворота и смещения по оси **Y** в опорных узлах, а также в узлах раскреплений по поясам (прогоны).



Новый проект

Наименование: Подбор сечений

Организация: ЦНТУ

Объект: Ферма

Стандарт
 Вариация моделей
 Монтаж
 Форум

Единицы измерения

Нормы проектирования

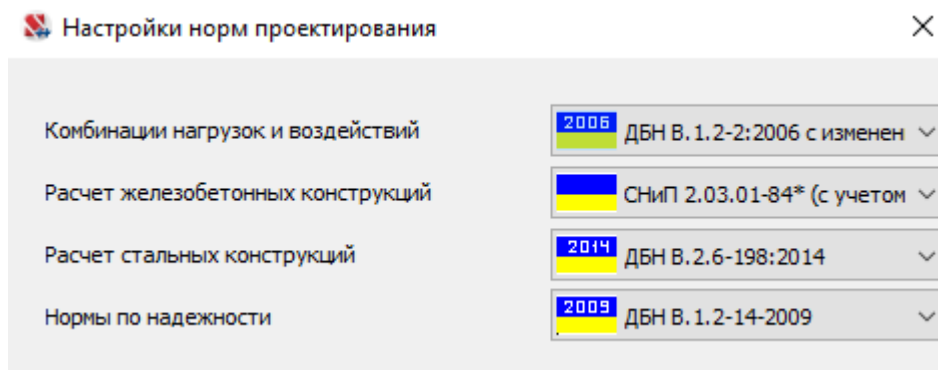
Коэффициент надежности по ответственности: 1

Точность оценки совпадающих узлов: 0,01 м

Тип схемы: 5 - Система общего вида

OK, Отмена, Справка

Нормы проектирования выбираем: «ДБН».



Настройки норм проектирования

Комбинации нагрузок и воздействий: 2008 ДБН В. 1.2-2:2006 с изменен

Расчет железобетонных конструкций: СНиП 2.03.01-84* (с учетом

Расчет стальных конструкций: 2014 ДБН В. 2.6-198:2014

Нормы по надежности: 2009 ДБН В. 1.2-14-2009

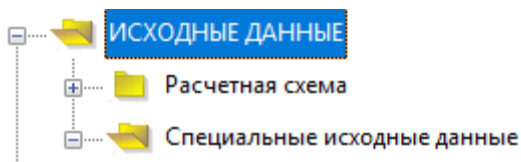
Единицы измерения по умолчанию:

Линейные размеры — м (метры);

Размеры сечений — см (сантиметры);

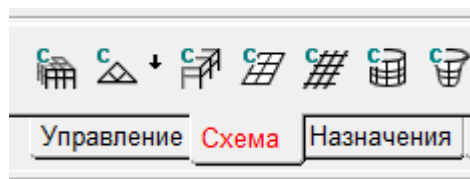
Силы — т (тонны).

После создания файла мы попадаем в дерево проекта. Заходим



в «Расчетную схему»:

Создать расчетную схему в SCAD можно многими способами: генерация стандартных конструкций и их модификация, создать точки в пространстве и соединить их в расчетную схему, выполнить импорт из AutoCad. Создаем ферму на основе стандартных схем.



На вкладке **Схема**

нажимаем

кнопку «Генерация прототипа фермы»



В появившемся окне есть несколько стандартных схем ферм. Выбираем

вкладку «Двускатная ферма», ищем похожую схему



Заполняем исходные данные для проектирования фермы:

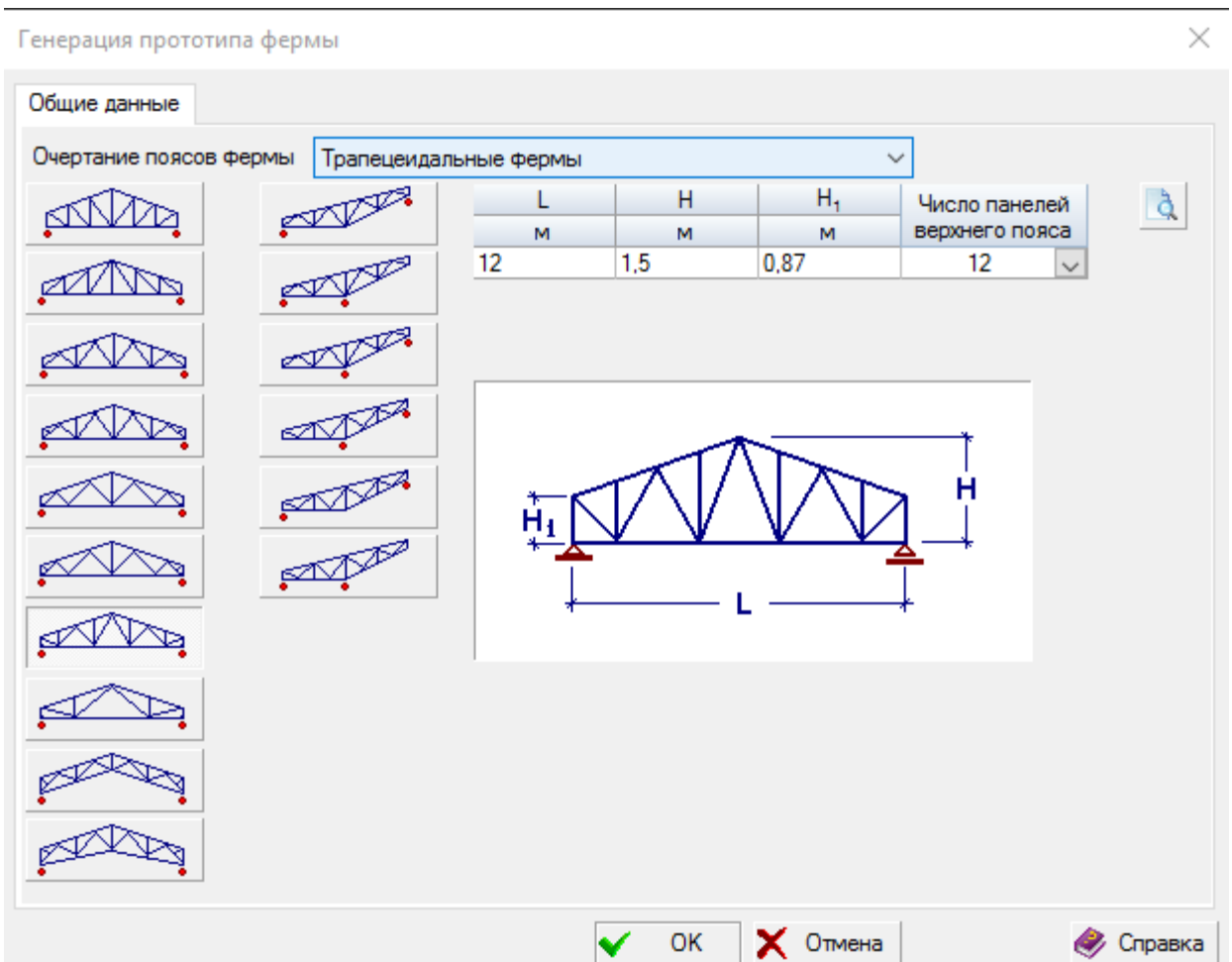
Пролет фермы — 12 м;

Высота фермы — 1.5м;

Количество панелей — 12 шт. (с учетом стоек в схеме-прототипе, их уберем позднее);

Угол наклона — 5.71° (соответствует уклону 10%), тогда $H_1 = 0,87\text{м}$.

(Не будем в учебном примере беспокоиться о стандартизации размеров).





5.2 Назначение сечений фермы

Необходимо назначить произвольное сечение из библиотеки SCAD. В дальнейшем программа его проверит, а затем, при необходимости, подберет оптимальное сечение из изначально выбранного сортамента.

При проектировании фермы из парных уголков с Т-образным сечением, необходимо задать толщину фасонок. Толщина фасонок задается исходя из максимальных усилий, возникающих в ферме и толщины стенок уголков. В первом приближении назначаем 6 мм.

На вкладке **«Назначения»** нажимаем кнопку **«Назначение жесткостей стержням»**, способы задания — **«Профили металлопроката»**, появляется вкладка **«Профили металлопроката»**, заходим в эту вкладку, материал назначаем **«Сталь качественная»** (марку стали мы назначим позже). Ставим галочку на вкладке **«Составное**

сечение», далее выбираем 2-а уголка . Параметр g назначаем 0.6 см, в правом окне выбираем «**Полный каталог профилей ГОСТ**» — > «**Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93**», первоначально можем выбрать любой уголок, например 50x5:

Жесткость стержневых элементов  X

Общие данные | Профили металлопроката

Материал

Сталь качественная


Модуль упругости: 21000000 Т/м²


Объемный вес: 7,85 Т/м³

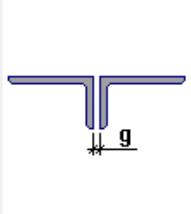
Коэффициент Пуассона: 0,3

Козф. линейного расширения: 1,2e-005 1/°C

Составное сечение



Профиль	g
	мм
 Не выбран	0

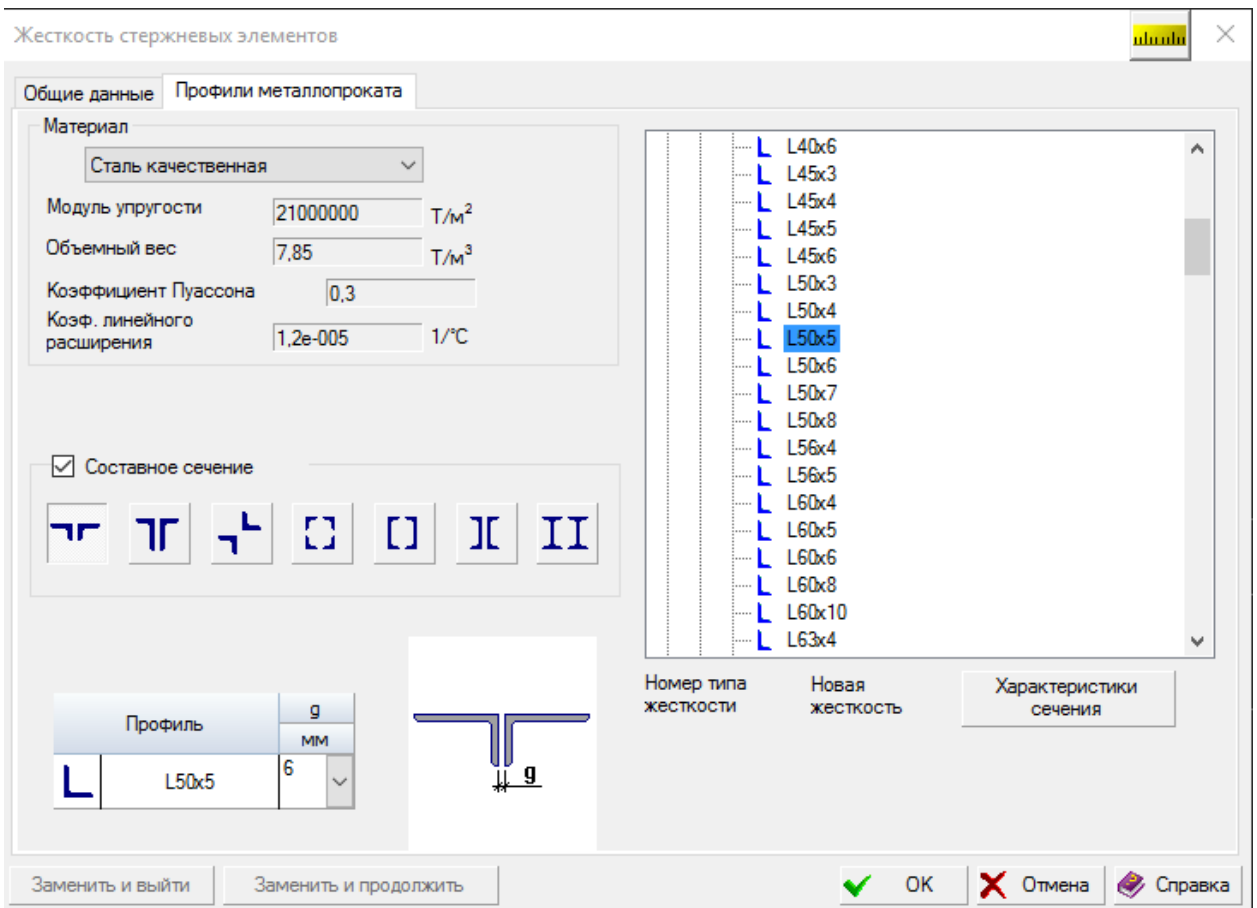


Полный каталог профилей ГОСТ..

- └ Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93
- └ Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86*
- Сокращенный сортамент**
- └ Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93
- └ Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86*
- Старые сортаменты**
- └ Уголок равнополочный по ОСТ 14-1926
- └ Уголок равнополочный по ОСТ 14-1932
- └ Уголок неравнополочный по ОСТ 15-1926
- └ Уголок неравнополочный по ОСТ 15-1932
- └ Уголок равнополочный по ОСТ 10014-39
- └ Уголок неравнополочный по ОСТ 10015-39
- ASTM**
- └ Равнополочный уголок
- └ Неравнополочный уголок
- OTUA**
- └ Равнополочный уголок по NF A 45-009
- └ Неравнополочный уголок по NF A 45-010

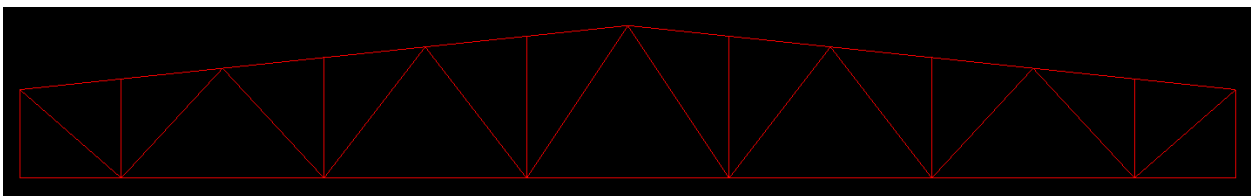
Номер типа жесткости	Новая жесткость	Характеристики сечения
----------------------	-----------------	------------------------

Заменить и выйти | Заменить и продолжить | OK | Отмена | Справка



«OK».


Курсором отмечаем все стержни

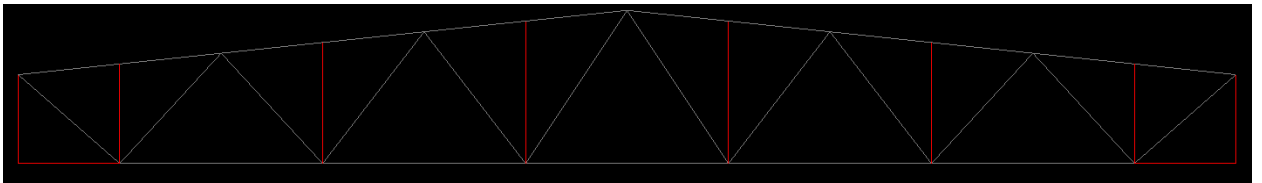


Жмем «Enter».

5.3 Корректировка схемы

Полученную схему необходимо отредактировать. Для этого вначале удаляем лишние стойки: переходим во вкладку «Узлы и элементы», кнопка «Элементы» и в раскрывшемся списке жмем кнопку «Удаление

элементов» , выделяем лишние стержни (они выделяться красным цветом):



далее жмем **«Enter»**.

Теперь наша схема выглядит так, как мы задумали, но этого недостаточно. В панели **«Фильтр отображения»** нажмем на кнопку **«Узлы»**



На схеме в месте соединения удаленных стоек с верхним поясом фермы остались лишние узлы:

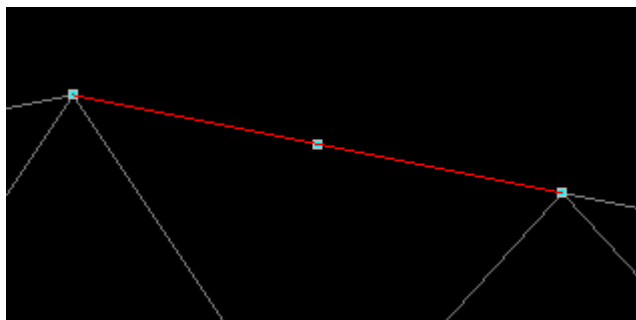


Для их удаления необходимо соединить стержни. Для этого на вкладке **«Узлы и элементы»** -> **«Элементы»**,


нажимаем кнопку **«Объединение стержней»**

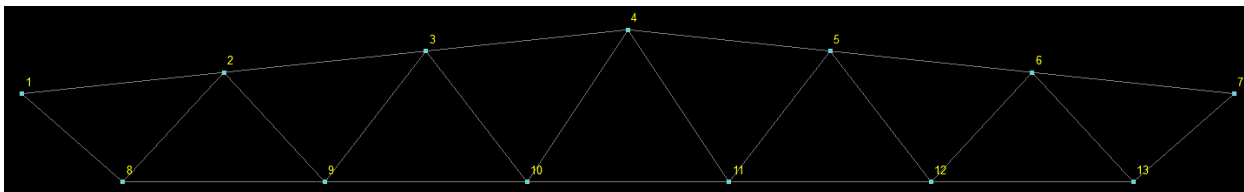


Далее выбираем попарно стержни панели и жмем **«Enter»**.




Элементы соединились. Узлы следует перенумеровать, для этого заходим в панели **«Узлы и элементы»** -> **«Узлы»**, нажимаем кнопку **«Упаковка»**

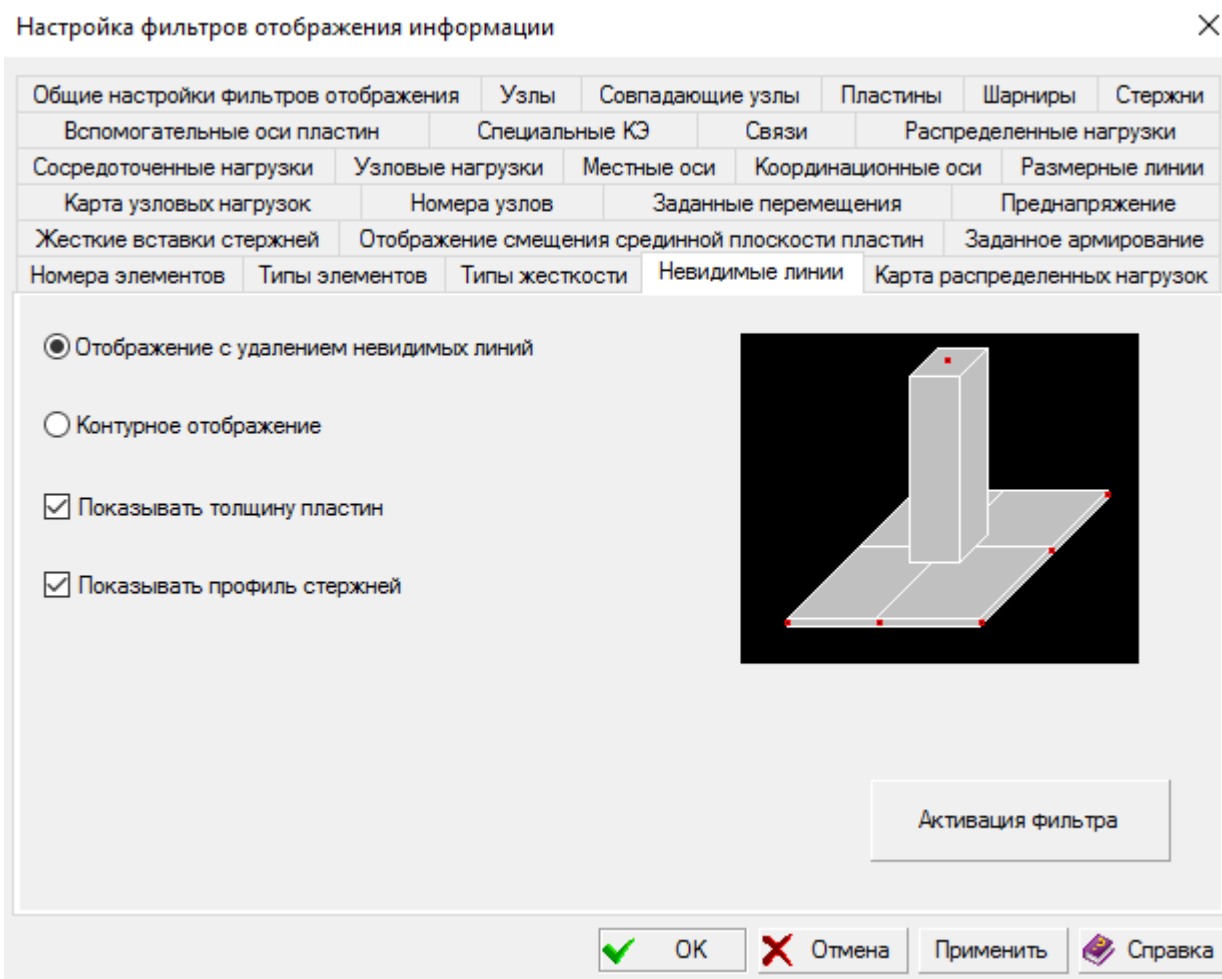
данных» , появляется окно с предупреждением об удалении узлов, не принадлежащих элементам; соглашаемся.



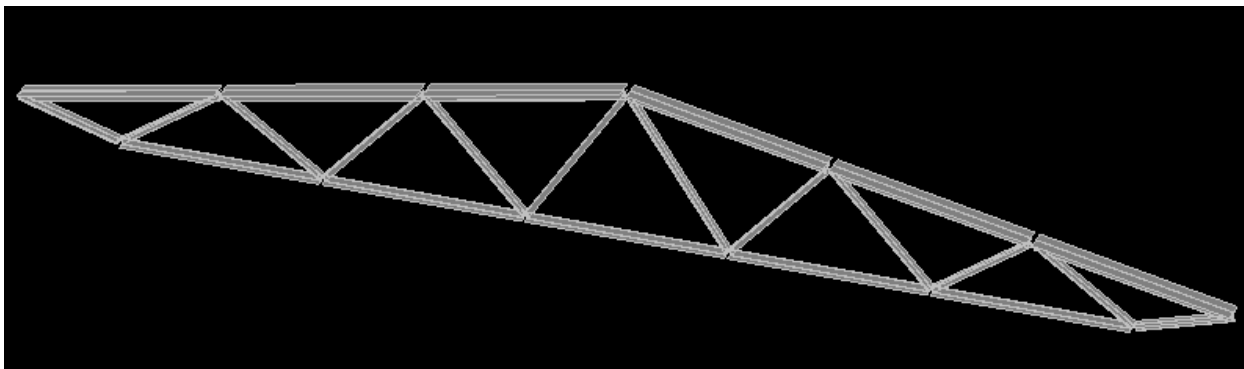
5.4 Визуализация схемы

Нажимаем правой кнопкой мыши на кнопку «Удаление линий невидимого контура»  на панели «Фильтры отображения».


Активируем фильтр.



«OK».



В окне можно рассмотреть конструкцию со всех сторон. Убеждаемся в правильной ориентации уголков. После просмотра закрываем окно и возвращаемся в интерфейс программы.

Чтобы повернуть профиль на 180 градусов во вкладке «Назначения» нажимаем кнопку «Задание ориентации местных осей координат элементов» . Угол поворота назначаем в градусах, значение 180, ждем **OK**, выделяем элементы, ждем «Enter».




5.5 Закрепление фермы в пространстве

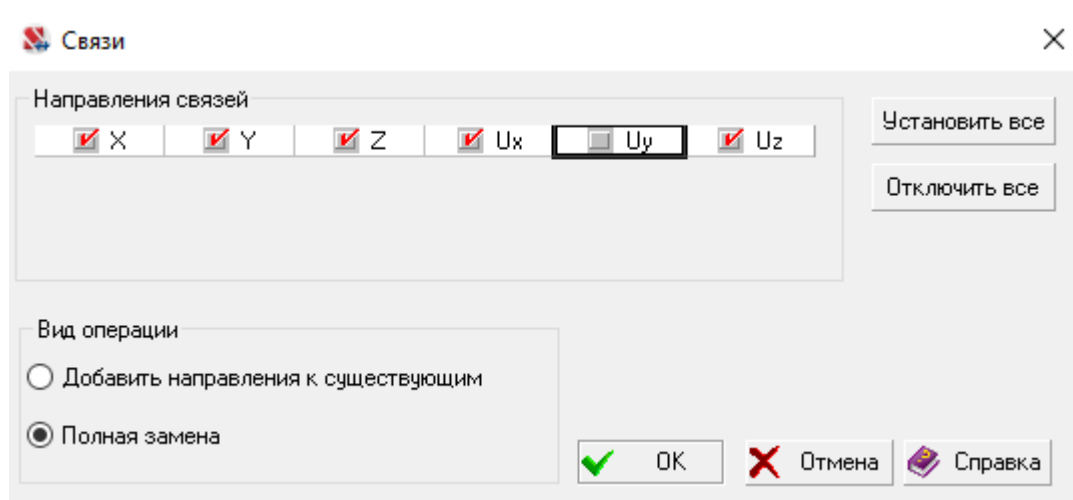
Необходимо закрепить ферму в пространстве. Во вкладке «Назначения» нажимаем на кнопку «Установка связей в узлах».

Опорные узлы фермы шарнирные, поэтому мы должны в одном узле запретить перемещения во всех направлениях и поворот вокруг осей **X** и **Z**, а в другом - запретить перемещения во всех направлениях, кроме оси **X** и также закрепить от поворотов вокруг осей **X** и **Z**. Чтобы легче было ориентироваться в расположении осей, на панели «**Фильтры отображения**» нажимаем кнопку «**Отображение общей системы**

координат» ; на экране появится схема направления осей .


Для отображения номера узла на панели «**Фильтр отображения**» нажимаем кнопку «**Номера узлов**» .

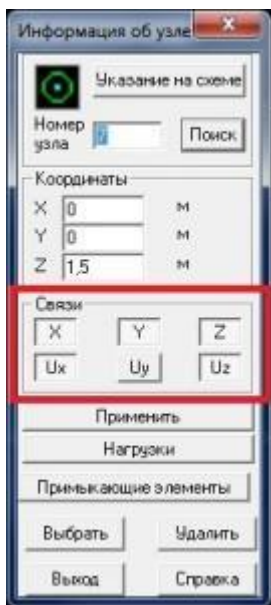
После нажатия кнопки «**Установка связей в узлах**», появляется меню «**Связи**», в нем отмечаем все кнопки, кроме **Uy** (т.е. мы закрепляем узел во всех направлениях кроме поворота вокруг оси **Y**). Вид операции «**Полная замена**», жмем **ОК**, выбираем узел №1, (узел должен окраситься красным цветом) и жмем «**Enter**».



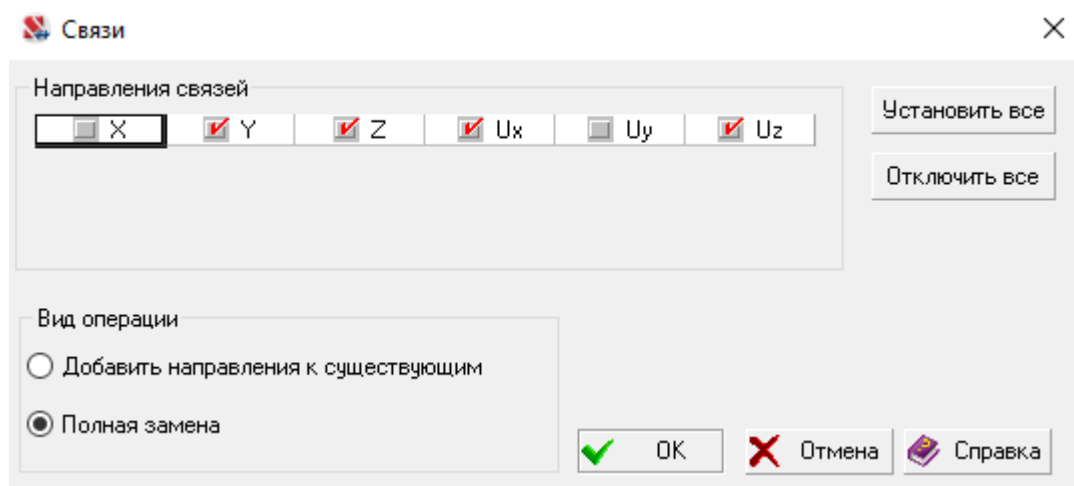
Чтобы убедиться, что закрепление задано, в «**Фильтре отображения**» нажимаем кнопку «**Связи**»; должен отобразиться желтый

прямоугольник в закрепленном узле. .

Чтобы просмотреть, в каких направлениях запрещены перемещения в узле, на панели «**Фильтр отображения**» нажимаем кнопку «**Информация об узле**»  и выбираем интересующий узел; *здесь же можно изменять закрепления в случае необходимости.*

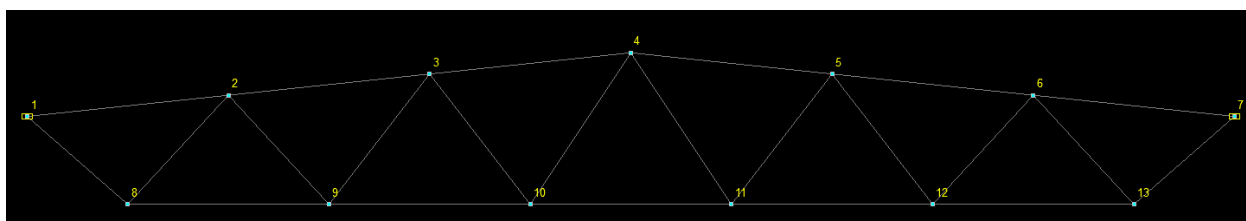


Далее закрепляем узел №7 от перемещения по осям **Y** и **Z**, и поворотов вокруг осей **X** и **Z** (кнопка «**Установка связей в узлах**»),



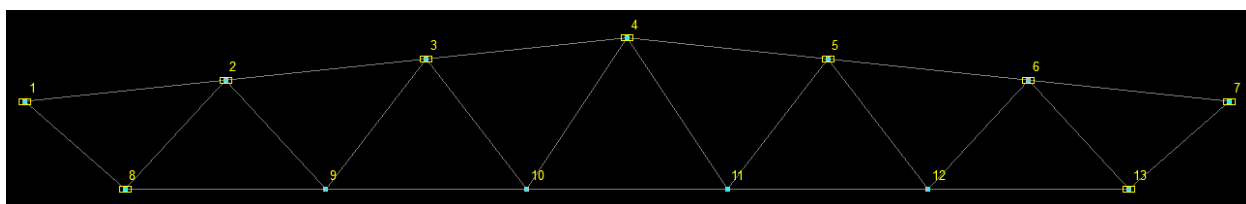
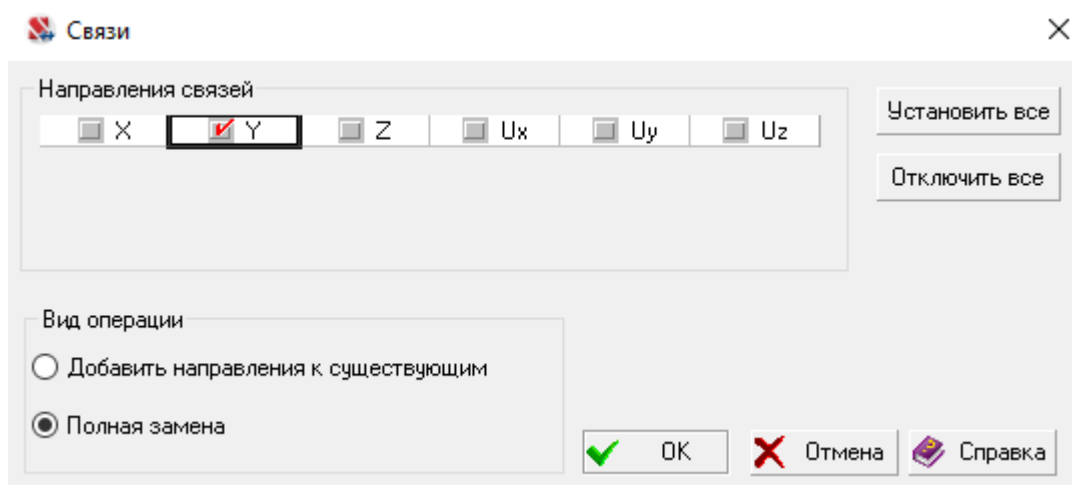
ЖМЕМ

«**ОК**». Получается следующая картина:




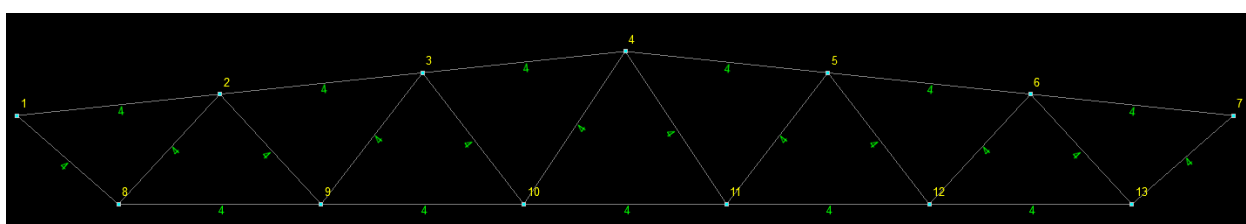
Далее необходимо закрепить ферму от перемещения по оси Y в узлах, где в реальности будут крепиться прогоны и связи, которые будут обеспечивать жесткость конструкции в горизонтальной плоскости. По верхнему поясу роль связей играют прогоны. По нижнему - связи, установленные в узлах 8 и 13.

Прогоны закрепляются в узлах, поэтому фиксируем узлы 2 ... 6 от перемещения вдоль оси Y .



5.6 Корректировка типа конечных элементов

В библиотеке SCAD имеются различные типы элементов. После нажатия на кнопку «Типы элементов»  на панели «Фильтры отображения» и мы увидим, что под каждым элементом появилась цифра 4.



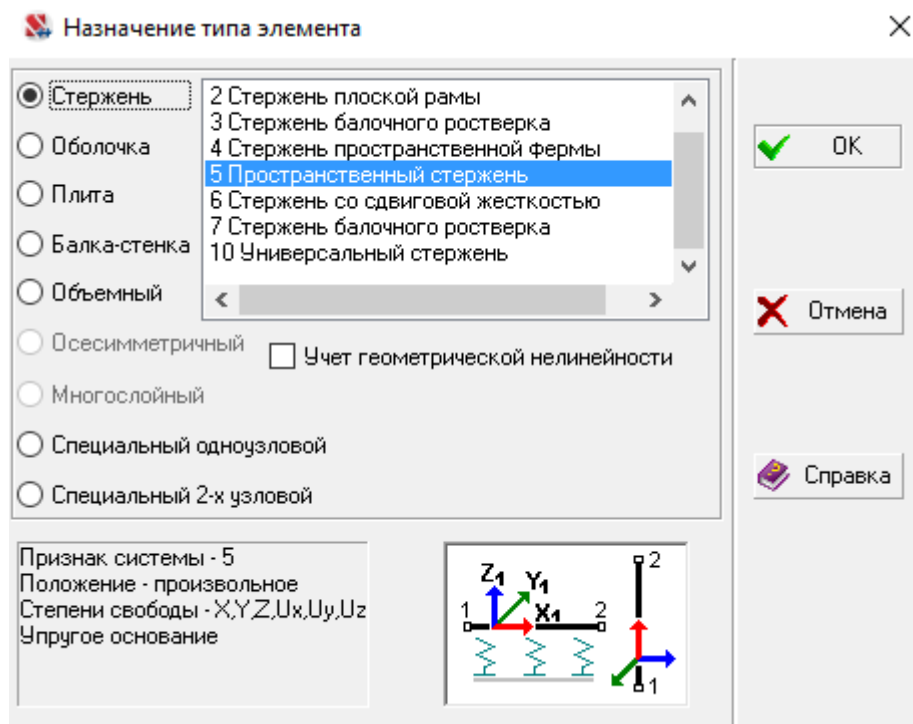
Нажмем на кнопку «**Назначение типов конечных элементов**»



во

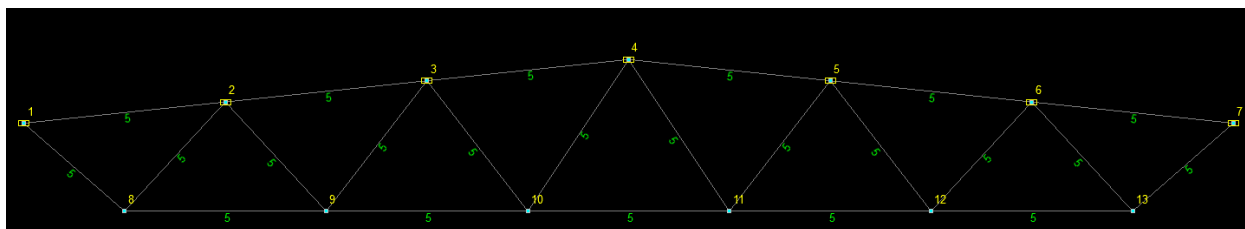
вкладке «**Назначения**».

Нас интересует элемент **тип 5** — «**Пространственный стержень**», для него нет ограничений по перемещениям.



Выбираем тип элемента **5**, нажимаем «**OK**», выбираем все элементы фермы и жмем «**Enter**».

Теперь все элементы имеют тип стержня **5**.




Мы получили расчетную схему фермы и предварительно задали сечение. Переходим к нагружению фермы.

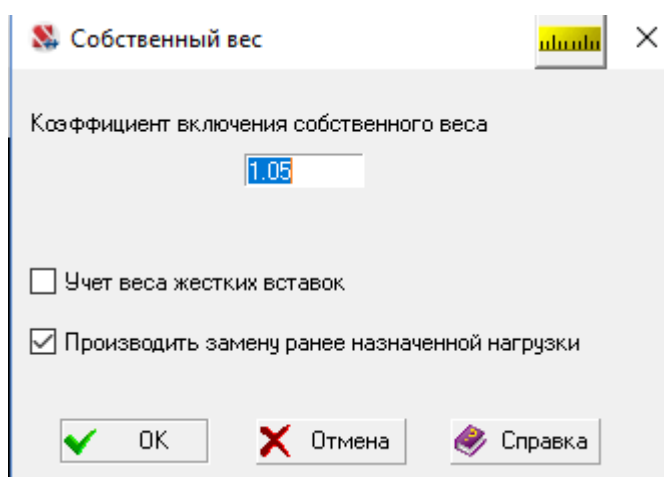
5.7 Ввод нагрузок



Для проверки предельных состояний первой группы используются *предельные расчетные значения нагрузок*.

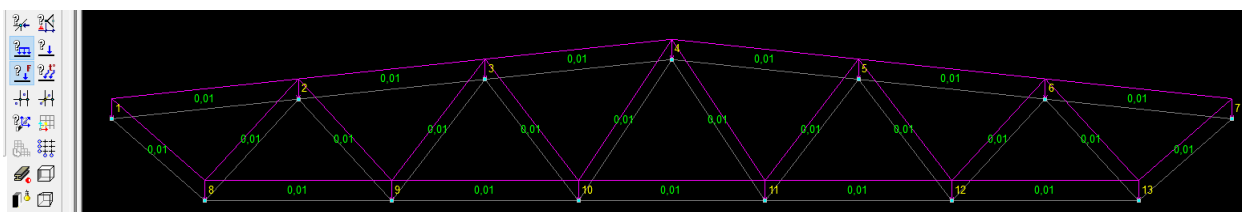
5.7.1 Собственный вес


Во вкладке «Загружения» ждем на самую первую кнопку «Собственный вес» , коэффициент включения собственного веса задаем **1.05** и ждем «ОК». Для всех элементов схемы масса будет учтена автоматически.

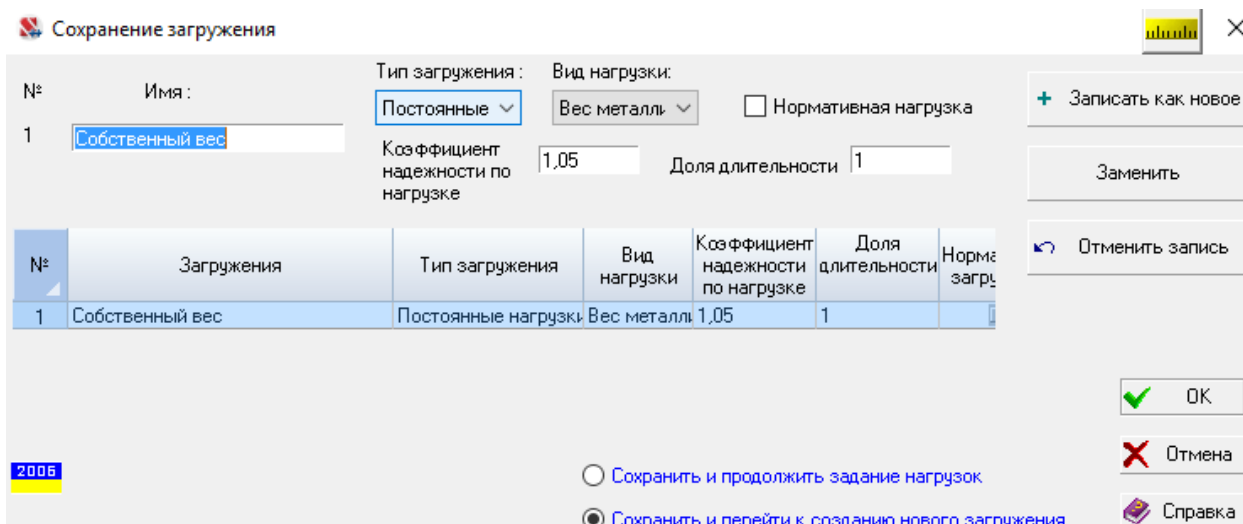
Собственный вес — это постоянная нагрузка, вид нагрузки — **вес металлических конструкций**;



Чтобы проконтролировать нагружение, на панели «Фильтры отображения» нажимаем на кнопку «Распределенные нагрузки» . Чтобы увидеть численные значения нагрузки, нажимаем на этой же панели кнопку «Значения нагрузок» . Получится такая картина:




Сохраняем нагрузку, для этого жмем кнопку «Сохранить/добавить загрузка»  на панели «Загрузки». В появившемся меню вводим название, например «Собственный вес», «Записать как новое». Название нагрузки должно отражать ее назначение, программа сама назначит номер по порядку загрузки.



№	Загрузки	Тип загрузки	Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке	Доля длительности	Норма загрузки
1	Собственный вес	Постоянные нагрузки	Вес металлы	1,05	1	

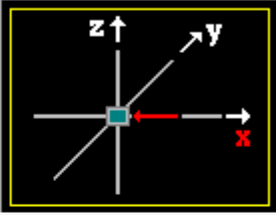
5.7.2 Вес перекрытия


На панели «Загрузки» нажимаем на кнопку «Узловые нагрузки» . Нагрузка на один узел 0,726т. Пишем это значение в ячейку Z. Нажимаем «ОК», выбираем узлы 2 ... 6 и жмем «Enter».

Ввод узловых нагрузок

Направление действия нагрузки

Силы		Моменты	
X	0 Т	U_x	0 Т*М
Y	0 Т	U_y	0 Т*М
Z	0.726 Т	U_z	0 Т*М




На группу узлов 

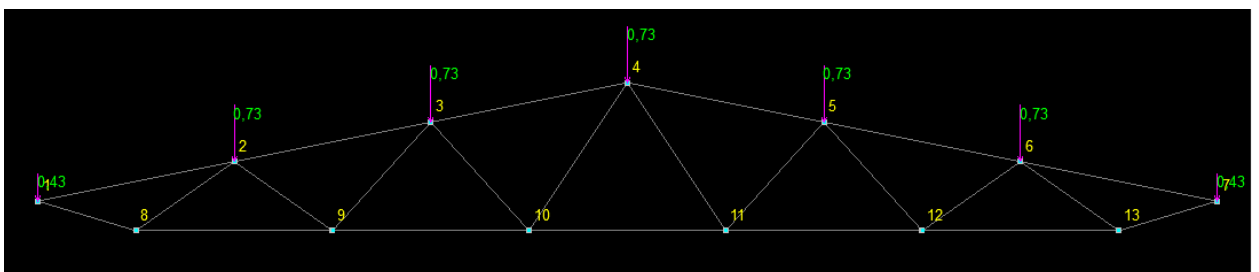
Направление действия нагрузки:

Направление развития нагрузки:

P_1 0 Т P_2 0 Т

Чтобы проконтролировать нагружение, на панели «**Фильтры отображения**» нажимаем кнопку «**Узловые нагрузки**» ; появится значение и направление нагрузки.

Добавим нагрузку в 0,426т в опорных узлах. Жмем на кнопку «**Узловые нагрузки**», в поле **Z** вводим 0.426т, **ОК**, выбираем узел 1 и 7 и жмем «**Enter**».



Сохраняем нагрузку (кнопка «**Сохранить/добавить загрузение**» на панели «**Загрузки**»). Название «**Вес перекрытия**».

Вес перекрытия: тип - **постоянная нагрузка**, вид - **вес металлических конструкций**;

Сохранение загрузки

№: 2 Имя: Вес перекрытия

Тип загрузки: Постоянные Вид нагрузки: Вес металлы Нормативная нагрузка

Кoeffициент надежности по нагрузке: 1,05 Доля длительности: 1

№	Загружения	Тип загрузки	Вид нагрузки	Кoeffициент надежности по нагрузке	Доля длительности	Норма загрузка
1	Собственный вес	Постоянные нагрузки	Вес металлы	1,05	1	
2	Вес перекрытия	Постоянные нагрузки	Вес металлы	1,05	1	

2006

Сохранить и продолжить задание нагрузок
 Сохранить и перейти к созданию нового загрузки

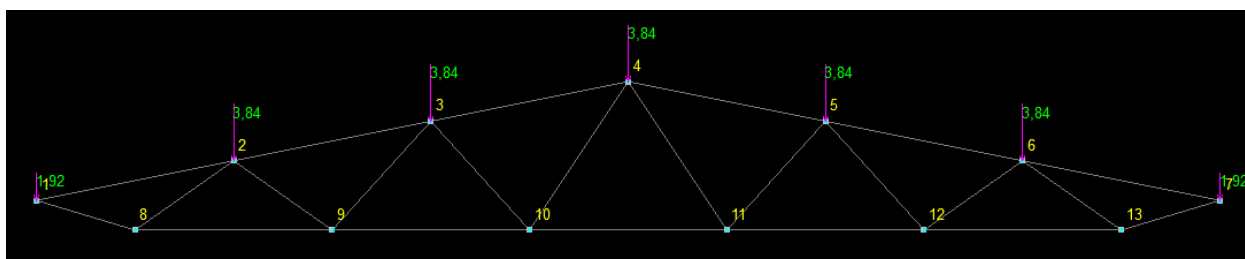
ОК Отмена Справка

Записать как новое Заменить Отменить запись

«ОК».

5.7.3 Снеговая нагрузка

Предельная расчетная снеговая нагрузка 3.84т и 1.92т сосредоточена в узлах. Жмем кнопку «Узловые нагрузки», в поле Z вводим число 3.84 т, выбираем узлы с 2 ... 6, жмем «Enter». Затем опять нажимаем на кнопку «Узловые нагрузки», в поле Z вводим число 1.92т, выбираем узлы 1 и 7, жмем «Enter».



Сохраняем загрузку (кнопка «Сохранить/добавить загрузка» на панели «Загружения»), название «Снеговая нагрузка».

Снеговая нагрузка может быть как кратковременной, так и длительной нагрузкой. Нам необходимо принять максимальное значение, поэтому

ставим: тип нагрузки — «**кратковременный**», вид нагрузки — «**Полные снеговые**».

Коэффициент надежности по предельному расчетному значению снеговой нагрузки определяется по таблице 8.1 /1/. Принимаем для 50 лет эксплуатации значение **1,0**. **Доля длительности** определяется в соответствии с п.8.12 /1/. Для объектов массового строительства допускается принимать значение **0,02**.

Сохранение загрузки

№: 3 Имя: Снеговая нагрузка

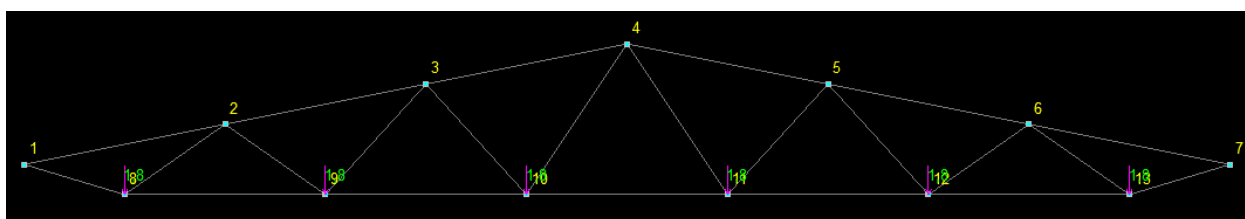
Тип загрузки: Кратковрем Вид нагрузки: Полные снег Нормативная нагрузка

Коэффициент надежности по нагрузке: 1 Доля длительности: 0,02

№	Загружения	Тип загрузки	Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке	Доля длительности	Норма загруз
1	Собственный вес	Постоянные нагрузки	Вес металла	1,05	1	
2	Вес перекрытия	Постоянные нагрузки	Вес металла	1,05	1	
3	Снеговая нагрузка	Кратковременные на	Полные сне	1	0,02	

5.7.4 Вес от подвешиваемого оборудования

Жмем кнопку «**Узловые нагрузки**», в поле Z вводим число 1.8т, выбираем узлы с 8 по 13, жмем «**Enter**».



Сохраняем нагрузку (кнопка «**Сохранить/добавить загрузение**» на панели «**Загружения**»), название «**Вес оборудования**».

Принимаем вес стационарного оборудования (кабельное): тип - «**длительные нагрузки**», вид – «**Вес изоляции**».

Сохранение загрузки

№: 4 Имя: Вес оборудования


Тип загрузки: Длительные Вид нагрузки: Вес изоляци Нормативная нагрузка

Коэффициент надежности по нагрузке: 1,2 Доля длительности: 1

№	Загрузки	Тип загрузки	Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке	Доля длительности	Норма загр
1	Собственный вес	Постоянные нагрузки	Вес металл	1,05	1	
2	Вес перекрытия	Постоянные нагрузки	Вес металл	1,05	1	
3	Снеговая нагрузка	Кратковременные на	Полные сне	1	0,02	
4	Вес оборудования	Длительные нагрузки	Вес изоляци	1,2	1	

2006

Сохранить и продолжить задание нагрузок
 Сохранить и перейти к созданию нового загрузки

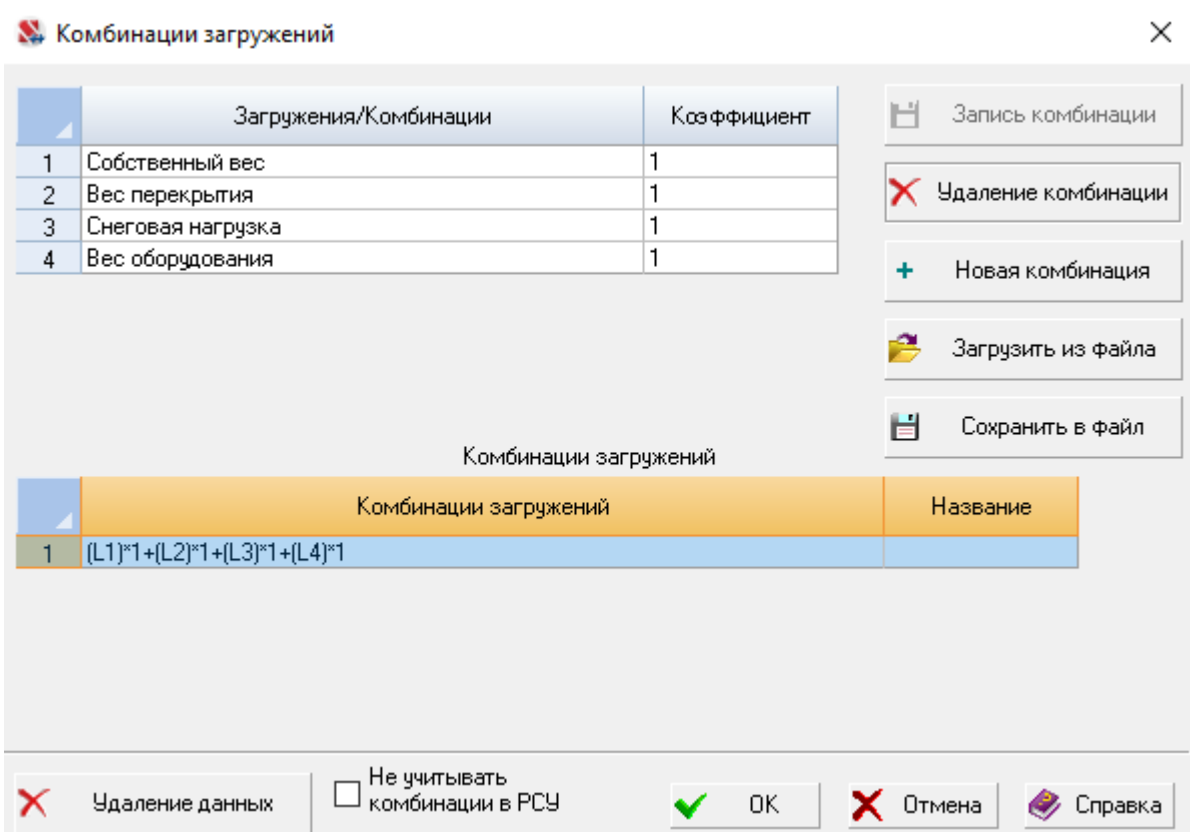
Далее нам необходимо проверить схему. Для этого во вкладке «Управление» жмем кнопку «Экспресс контроль исходной схемы» , отмечаем «все» и жмем «ОК». Должно появиться сообщение «Ошибки и предупреждения отсутствуют».

5.8 Создание комбинаций загрузений

Выходим в дерево проекта (во вкладке «Управление» нажимаем на кнопку «Выйти в экран управления проектом»). Открываем вкладку «Специальные исходные данные» —> «Комбинации загрузений».

. Устанавливаем коэффициенты 1,0.

:



«ОК».

5.9 Создание расчетных сочетаний усилий (PCУ)

Выходим в дерево проекта (во вкладке «Управление» нажимаем на кнопку «Выйти в экран управления проектом»). Далее открываем вкладку «Специальные исходные данные» —> «Расчетные сочетания усилий и перемещений». Активируем загрузки щелчком левой кнопки.

Расчетные сочетания усилий и перемещений

✕

Загрузки

	Активное загружение	Активное загружение в РСР	Наименование	Тип загрузки	Вид нагрузки	Знакоп ременны е	Участвуют в групповых операциях			Коэф. надежно сти	Доля длитель ности	
							Объедин ения	Взаимоис ключени я	Сопутствия			
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Собственный вес	Постоянные на	Вес металличе	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,05	1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Вес перекрытия	Постоянные на	Вес металличе	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,05	1
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Снеговая нагрузка	Кратковременн	Полные снегов	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	0,02
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Вес оборудования	Длительные на	Вес изоляции с	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	1
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	(L1)*1+(L2)*1+(L3)	Постоянные на	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	1
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	(L1)*1+(L2)*1+(L3)	Постоянные на	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	1

Дезактивировать
загружение

Дерево РСУ

Загрузки ■ не могут входить в сочетания без загружений ■

Удаление РСУ

Шаг просмотра нагружений в пластинах град

Параметры

Список элементов

Унификация

Группы

Связи нагружений

Объединение

Сопутствие

Взаимоисключение

Краны

Типы сооружений (при учете сейсмике)

Гражданские и промышленные

Транспортные

2006

ОК Отмена Справка

«ОК».

6. Расчет

Теперь мы можем выполнить расчет фермы. Во вкладке «Расчет» выбираем «Линейный».

Общие параметры | Многофронтальный метод | Элементы | Специальные

Режим выполнения расчета

Полный расчет

Продолжение расчета

Метод решения

Метод Гаусса

Многофронтальный метод

Итерационный метод

PARFES

Информация в протоколе выполнения расчета

Учет нагрузок в связях

Сумма моментов всех сил относительно осей общей системы координат

Не учитывать нагрузки на жесткие вставки при задании равномерно-распределенных нагрузок на стержневые элементы

Вычислять реакции в связях

Автоматический вызов расчетных постпроцессоров после основного расчета

Контроль решения

Точность контроля %

Максимально допустимое количество потоков Автоматически

Использование оперативной памяти [%]

Выдавать значения результатов перемещений и усилий

Расчетные Нормативные

Дополнительные действия | | | |

В параметрах расчета отмечаем «**Вычислять реакции в связях**», жмем «**OK**».



*В процессе расчета в протоколе могут появиться сообщения об ошибках. Есть ошибки — необходимо устранить их причину. Предупреждение «**ВНИМАНИЕ: Дана сумма всех внешних нагрузок на основную схему**» — не является ошибкой.*

Нажимаем «**Выход**».

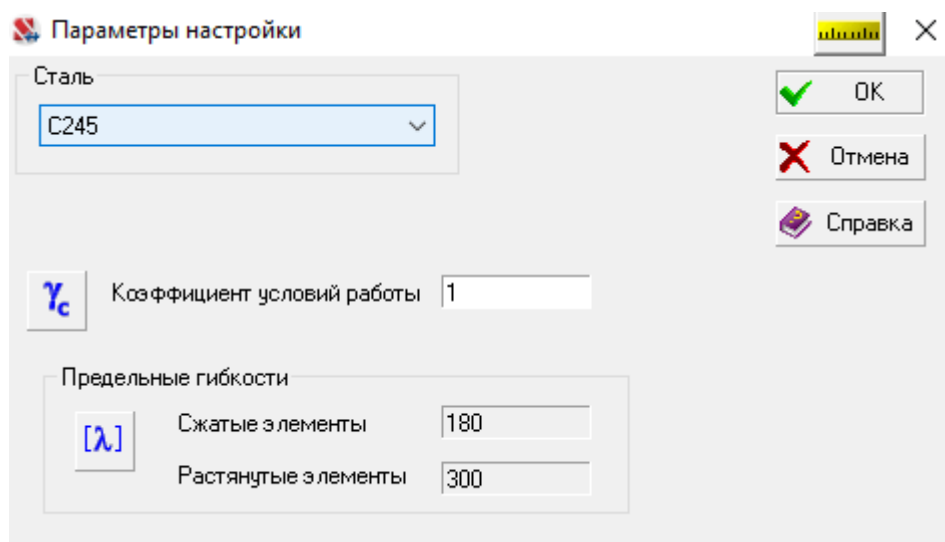
7. Графический анализ

Программа подсчитала нагрузки, возникающие в стержнях и теперь нам необходимо подобрать сечения. На вкладке «**Результаты**» нажимаем на кнопку «**Графический анализ**».

В появившемся окне мы можем посмотреть деформации схемы, эпюры, но нас сейчас интересует постпроцессор «**Сталь**».

Во вкладке «**Сталь**» нажимаем на кнопку «**Ввод данных**»  и далее в открывшемся списке нажимаем на кнопку «**Установка параметров**» .

Марку стали выбираем С245, значения предельной гибкости не изменяем.



Жмем «**ОК**».

Далее нам необходимо обозначить назначение каждого элемента. Для этого используются кнопки «**Назначение конструктивных элементов**»

 и «**Назначение групп конструктивных элементов**» .

В чем заключается различие между этими кнопками?

В первом варианте («**Назначение конструктивных элементов**») мы можем объединить несколько элементов в один, например верхний или

нижний пояс представить как один единый элемент. В этом случае между всеми частями элемента не должно быть отрезков с шарнирами и все они должны быть из одного профиля. Это должен быть неразрывный элемент.

Во втором варианте «Назначение групп конструктивных элементов» мы назначаем группу элементов, т.е. все элементы в группе будут иметь одинаковые свойства, но при этом они не обязательно должны быть соединены друг с другом и иметь одинаковый профиль. Используем оба варианта.

7.1 Назначение расчетных длин элементам фермы

Расчетные длины назначаются согласно ДБН В.2.6-163:2010.

Расчетные длины элементов плоских ферм из парных уголков представлены в таблице 1

Таблица 1

Направление потери устойчивости	Расчетная длина l_{ef}		
	поясов	опорных раскосов и опорных стоек	прочих элементов решетки
1. В плоскости фермы	l	l	$0,8 l$
2. Из плоскости фермы	l_1	l_1	l_1

Примечание: l – геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов); l_1 – расстояние между центрами узлов, закрепленных от смещения из плоскости фермы (поясами ферм, связями, плитами покрытия, прогонами).


Под расчетной длиной подразумевается длина стержня между 2-мя узлами, т.е. расчетная длина для верхнего пояса равна не длине всего стержня, а только длине между узлами соединения с раскосами. Расчетная длина для нижнего пояса принимается аналогично.

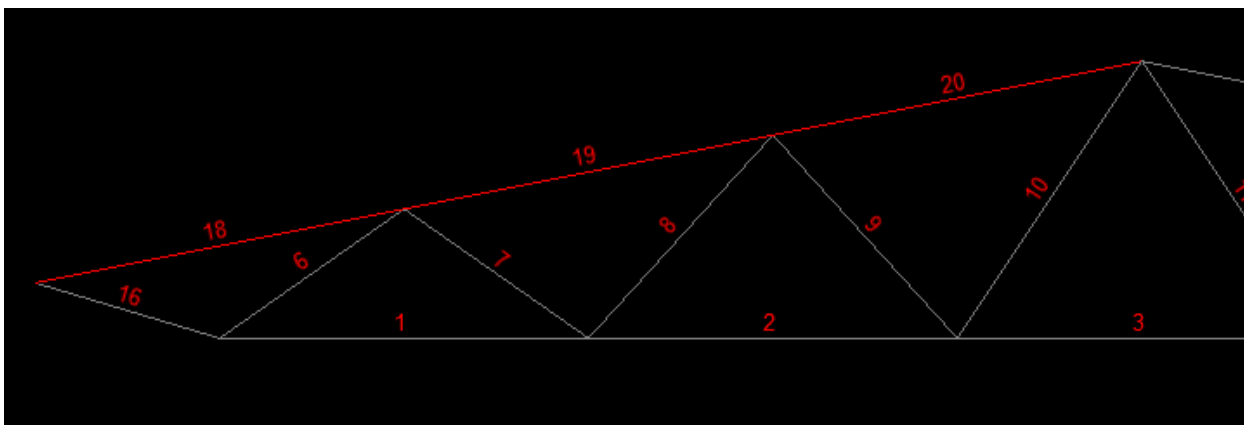
Однако, при использовании функции «**Назначение конструктивных элементов**», программа считает полную длину стержня. Поэтому, для корректного учета расчетной длины прямолинейной части верхнего пояса, необходимо поставить коэффициент расчетной длины $1/3 = 0,33$, т.к. стержень делится на 3 части.

Если закрепление фермы из плоскости происходит не во всех узлах, то расчетная длина в плоскости **XOY** назначается, исходя из условий закрепления. Например, если нижний пояс связями закреплен только по центру и краям (т.е. делит стержень на 2-е равные части), то расчетная длина в плоскости **XOY** будет равна $1/2$.

7.2 Назначение конструктивных элементов

7.2.1 Назначение конструктивных элементов — Верхний пояс №1

Жмем на кнопку «**Назначение конструктивных элементов**»  и выбираем верхний левый пояс: элементы №18,19,20



Жмем «**Enter**»

Имя «**Верхний пояс №1**».

Тип конструктивного элемента «**Пояс фермы**»

Коэффициент расчетной длины в плоскостях:

XOZ — 0.33;

XOY — 0.33 .

Жмем «Добавить»

Конструктивный элемент

Элементы

Сечение: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L160x10 Заменить сечение

Сталь: Ст C245

Кoefficient расчетной длины

В плоскости X_1OZ_1 : 0,33

В плоскости X_1OY_1 : 0,33

Кoefficient расчетной длины отличаются от рекомендаций норм

Кoefficient условий работы: γ_c 1

Кoefficient надежности по ответственности: 1

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные $k \cdot L$		Абсолютные мм	
	Относительные $k \cdot L$	Абсолютные мм	Относительные $k \cdot L$	Абсолютные мм
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0,01	0,7	0,01	0,7
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0,01	0,7	0,01	0,7

Имя конструктивного элемента: Верхний пояс №1

Список конечных элементов: 18-20

Список конструктивных: Верхний пояс №1

Тип конструктивного элемента: Элемент пояса фермы

Дополнительная группа

+ Добавить Удалить

Копировать Справка

Применить Выход

— «Выход».

Снимаем выделение элементов.

7.2.2 Назначение конструктивных элементов — Верхний пояс №2

Выбираем правую часть верхнего пояса (элементы №21,22,23) и нажимаем «Enter».

Параметры ввода идентичны «Верхний пояс №1».

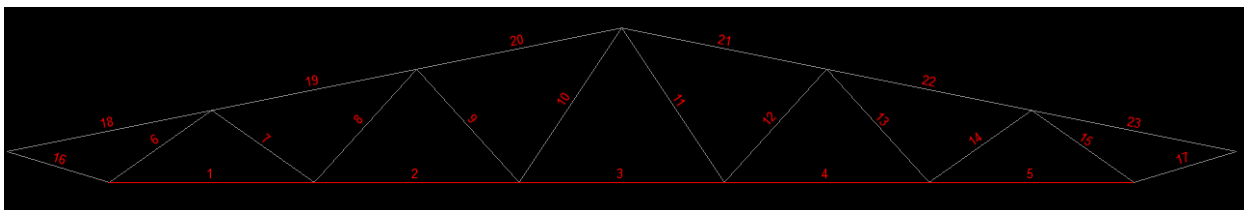
Имя — «**Верхний пояс №2**».

Жмем «**Добавить**» — «**Выход**».

Снимаем выделение элементов.

7.2.3 Назначение конструктивных элементов — Нижний пояс

Выбираем прямолинейную часть нижнего пояса (элементы 1-5):



Имя — «**Нижний пояс**».


Коэффициент расчетной длины в плоскости:

XOZ — 0.2 (пять участков между раскреплениями в плоскости фермы)

XOY — 1 .

Конструктивный элемент

Элементы

Сечение: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L90x6 

Сталь: **Ст** C245

Коэффициент расчетной длины

В плоскости X_1OZ_1 :

В плоскости X_1OY_1 :

Коэффициенты расчетной длины отличаются от рекомендаций норм

γ_c Коэффициент условий работы:

Коэффициент надежности по ответственности:

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные	Абсолютные
	к*L	мм
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0,01	0,7
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя конструктивного элемента:

Список конечных элементов:

Список конструктивных:

Тип конструктивного элемента:

Дополнительная группа

Жмем «Добавить» — «Выход».

Снимаем выделение элементов.

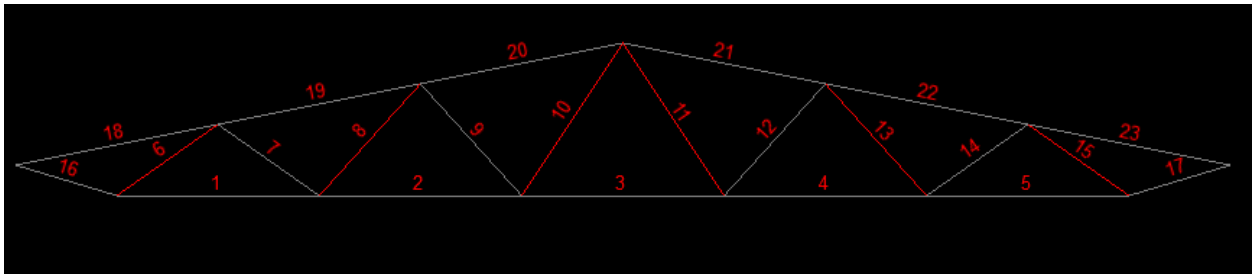
7.3 Назначение групп конструктивных элементов

7.3.1 Назначение групп конструктивных элементов — Раскосы восходящие

Жмем на кнопку «Назначение групп конструктивных элементов»



Выбираем элементы 6, 8, 10, 11, 13, 15



Жмем «Enter»

Имя группы — «Раскосы восходящие».

Коэффициент расчетной длины в плоскости фермы 0,8;

Коэффициент расчетной длины из плоскости фермы 1,0.

Жмем «Добавить»

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x4 2014

Сталь: Ст С245 Заменить сечение

Коэффициент расчетной длины

В плоскости X_1OZ_1 : 0,8

В плоскости X_1OY_1 : 1

Коэффициенты расчетной длины отличаются от рекомендаций норм

Коэффициент условий работы: γ_c 1

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные	Абсолютные
	$k \cdot L$	мм
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0,01	0,7
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Раскосы восходящие + Добавить X Удалить

Список конечных элементов: 6 8 10 11 13 15 Копировать

Список групп: Раскосы восходящие Справка

Тип конструктивной группы: Элемент решетки фермы ✓ Применить X Выход

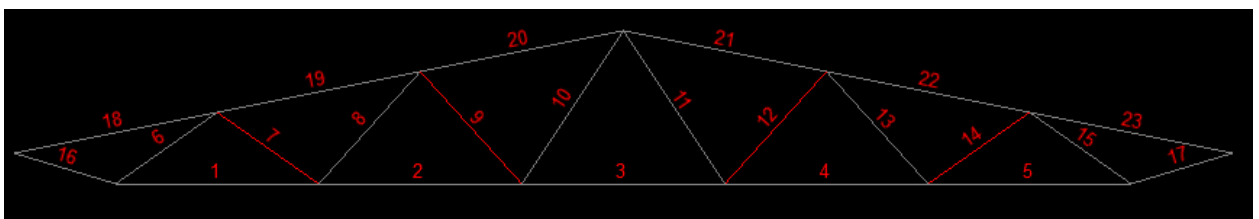
Дополнительная группа

— «Выход».

7.3.2 Назначение конструктивных элементов — Раскосы нисходящие

Жмем на кнопку «Назначение групп конструктивных элементов».

Выбираем элементы 7, 9, 12, 14.



Жмем «Enter»

Имя группы — «**Раскосы нисходящие**».

Коэффициент расчетной длины в плоскости:

ХОZ — 0,8;

ХОУ — 1.

«**Добавить**»

Группы конструктивных элементов для проверки сечений

Элементы

Сечение: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L50x5

Сталь: Ст C245

Коэффициент расчетной длины

Коэффициенты расчетной длины отличаются от рекомендаций норм

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба (при нулевом значении используется длина элемента): 0 м

Коэффициент условий работы: γ_c 1

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительные	Абсолютные
	$k \cdot L$	мм
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0,01	0,7
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0,01	0,7

Имя группы элементов: Раскосы нисходящие

Список конечных элементов: 7 9 12 14

Список групп: Раскосы нисходящие

Тип конструктивной группы: Элемент решетки фермы

Дополнительная группа

Добавить Удалить Копировать Справка Применить Выход

- «**Выход**».

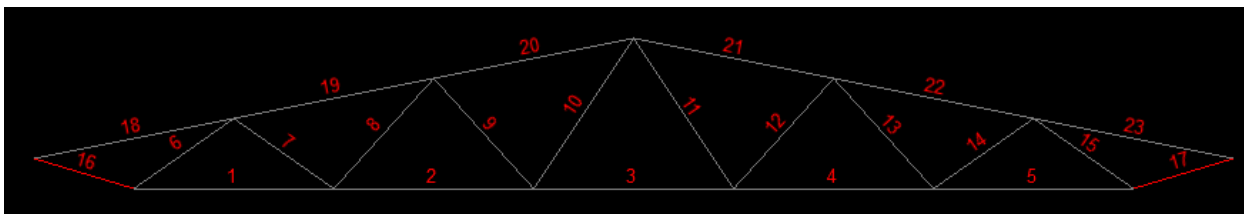
Снимаем выделение элементов.

7.3.3 Назначение конструктивных элементов — Раскосы опорные

Жмем на кнопку «Назначение групп конструктивных элементов»



Выбираем элементы 16, 17



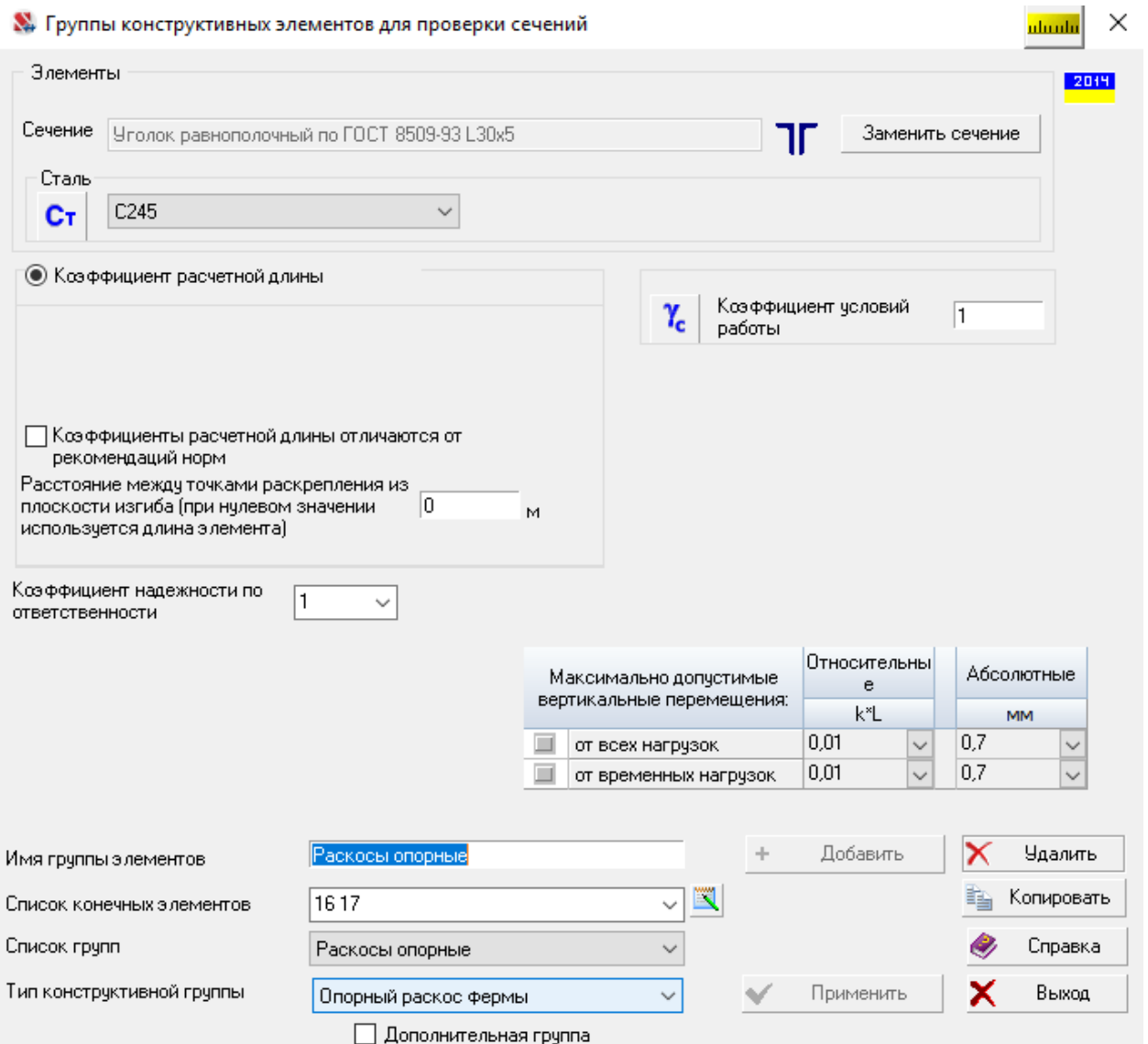
Жмем «Enter»

Имя группы — **Раскосы опорные**

ХОZ — 1

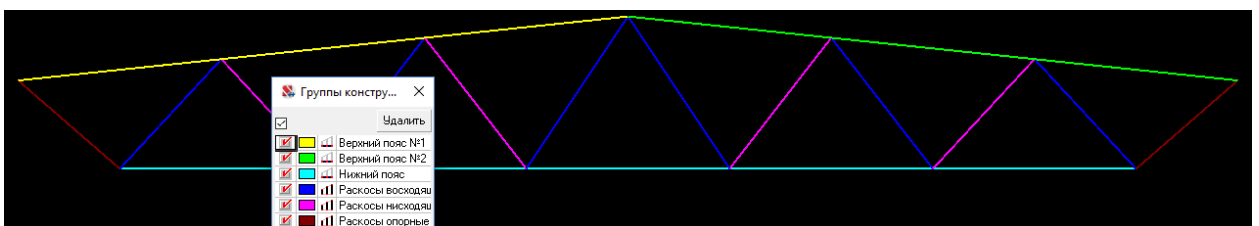
ХОУ — 1

Жмем «Добавить»




— «Выход».

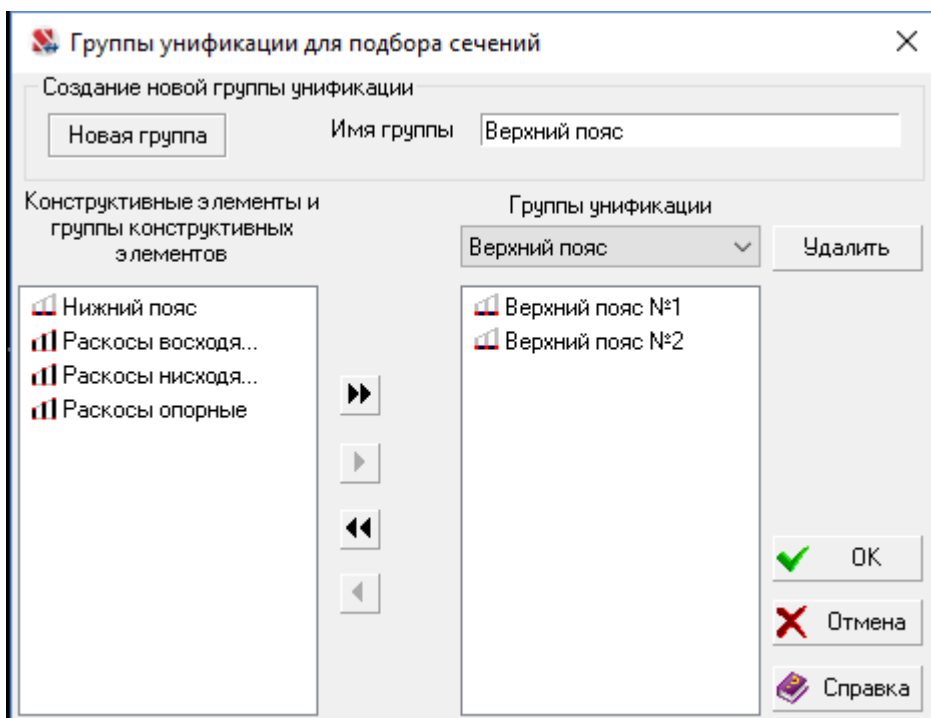
Нажав на панели «Фильтры отображения» , получим картину



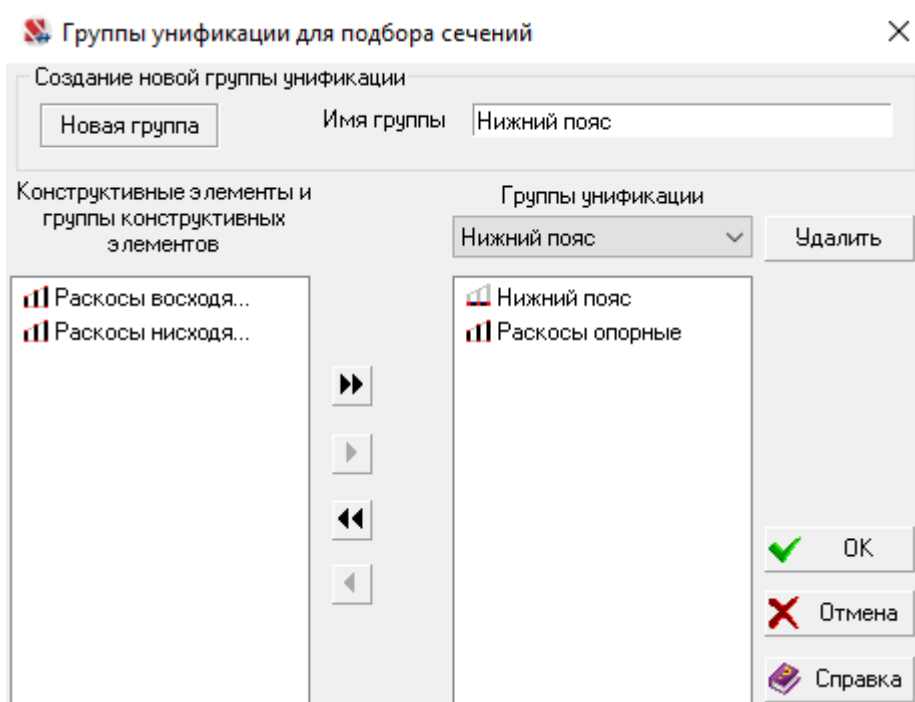
8. Назначение групп унификации

Мы можем задать группы унификации, в пределах которых будут из сортамента подбираться одинаковые профили.

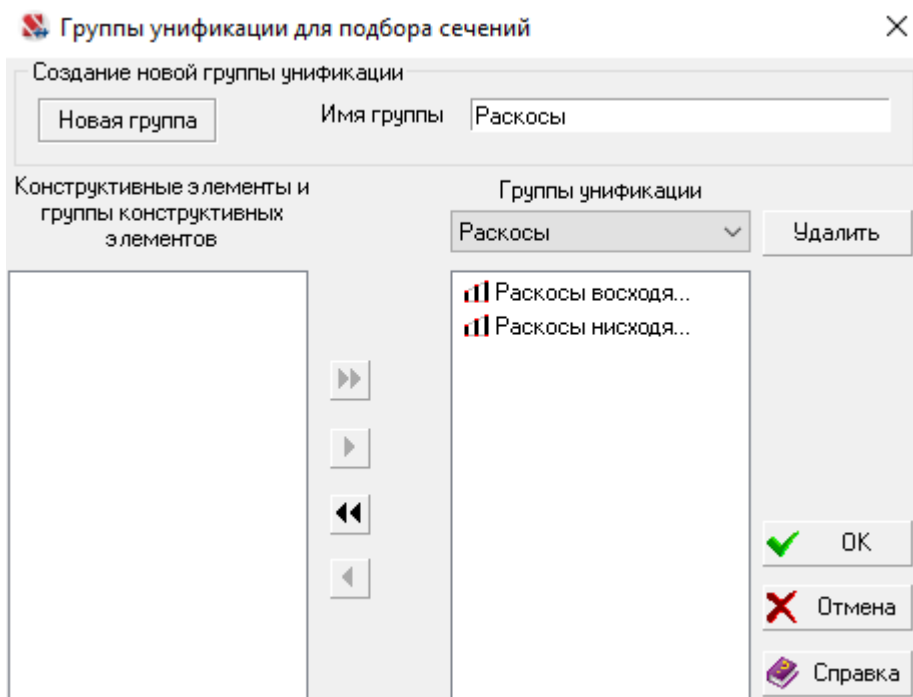
Для этого нажимаем кнопку «**Назначение групп унификации**» , в появившемся окне вводим имя группы, например «**Верхний пояс**», жмем кнопку «**Новая группа**». Выбираем **Верхний пояс №1** и **Верхний пояс №2** и стрелкой переносим их в правое окошко.



Теперь в «**Имя группы**» вводим «**Нижний пояс**» —> кнопка «**Новая группа**» и переводим в эту группу нижний пояс и опорные раскосы.





Для унификации раскосы принимаем из одного сечения; добавляем новую группу с именем «**Раскосы**» и переводим в эту группу и восходящие и нисходящие раскосы.



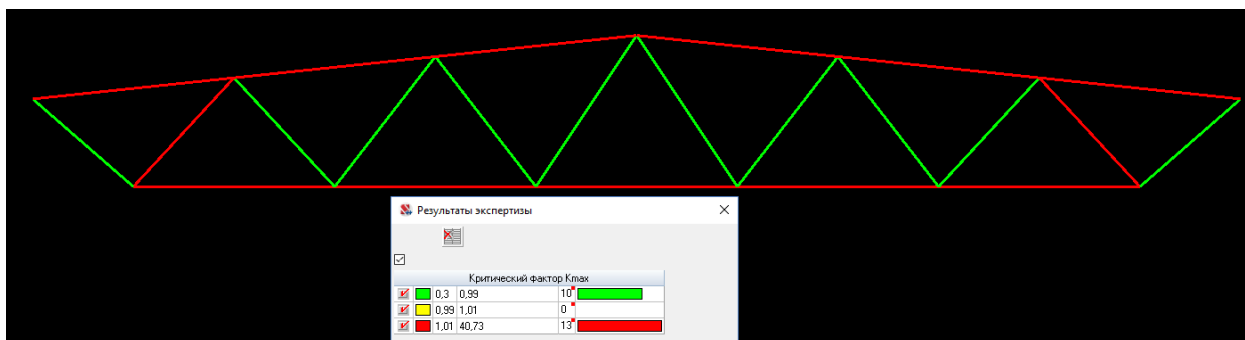
Жмем «**ОК**».

9. Подбор сечений

9.1 Автоматический подбор сечений

Жмем на кнопку «**Результаты по стали**» . Затем «**Расчет**» .

Затем «**Отображение результатов расчета на схеме**» .



Элементы схема окрашиваются в зеленый и красный цвет: зеленый свет означает, что условия прочности для этого элемента соблюдены, красный — необходимо усилить сечение.

Нажимаем «Подбор сечений» .

Программа подберет подходящее сечение и предложит выполнить замену.

Результаты подбора сечений

	Произведен выбор	Название группы	Состояние подбора	Жесткость элементов	Сечение для экспертизы	Результат подбора
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Группа унификации Верхний пояс	✓	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L100x6.5	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L100x6.5	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L100x6.5
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Группа унификации Нижний пояс	✓	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L90x6	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L90x6	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L80x5
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Группа унификации Раскосы	✓	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x4

Выбор


Занести исходные сечения для экспертизы

Восстановить исходные сечения для экспертизы

Создать новую задачу с подобранными жесткостями

Занести жесткости элементов

Восстановить исходные жесткости

Отчет ОК Отмена  Справка

Название группы	Жесткость элементов
Группа унификации Верхний пояс	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L100x6.5
Группа унификации Нижний пояс	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L80x5
Группа унификации Раскосы	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x4

В поле «Выбор» ставим галочку, ждем «Занести жесткости элементов», ждем «ОК» и выходим в дерево проектов (вкладка «Управление» -> «Выйти в экран управления проектом»).


Появится окно с запросом об использовании новых сечений, ставим галочку напротив строки «Занести жесткости элементов».

Теперь нам необходимо заново произвести расчет т.к. масса элементов изменилась. Заново задавать нагрузки массы элементов необходимости нет. Жмем кнопку «Расчет» —> «Линейный».

После расчета опять входим в окно просмотра результатов («Результаты» —> «Графический анализ»).

Во вкладке «Сталь» жмем на кнопку  и «Расчет».

9.2 Вывод результатов

После проведения расчета нам будут доступны новые кнопки — «Формирование отчета», «Визуализация результатов проверки» и «Выборочная визуализация результатов». нажимаем на кнопку «Визуализация результатов проверки» .

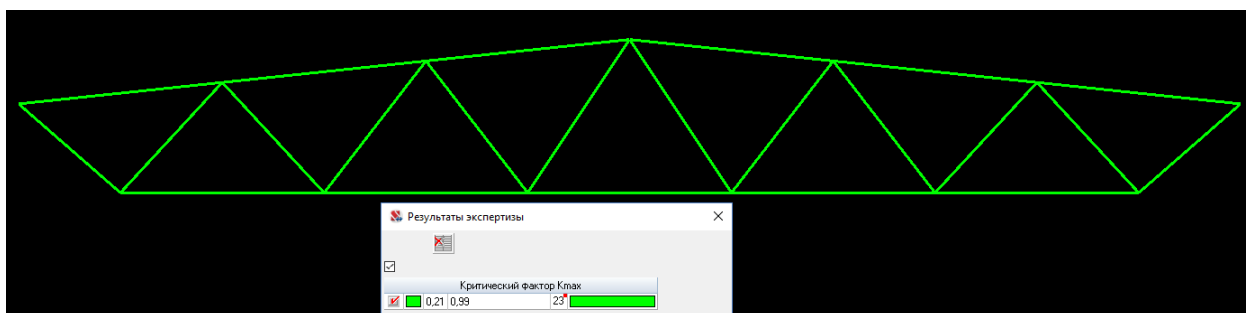

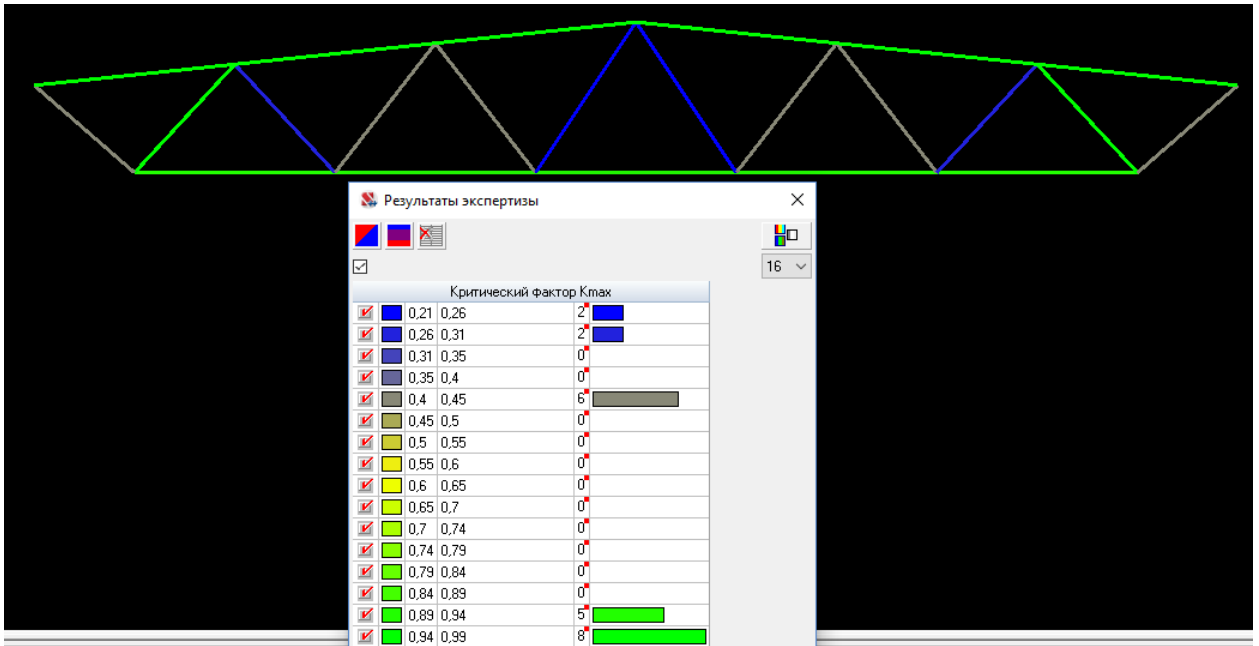


Схема окрашивается в зеленый цвет - условия прочности для этого элемента соблюдаются.


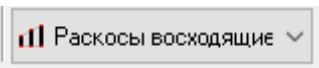

Полноцветная шкала «Отображения результатов на схеме»  дает представление о загруженности отдельных элементов. Некоторые раскосы существенно недогружены из-за включения в одну группу унификации.

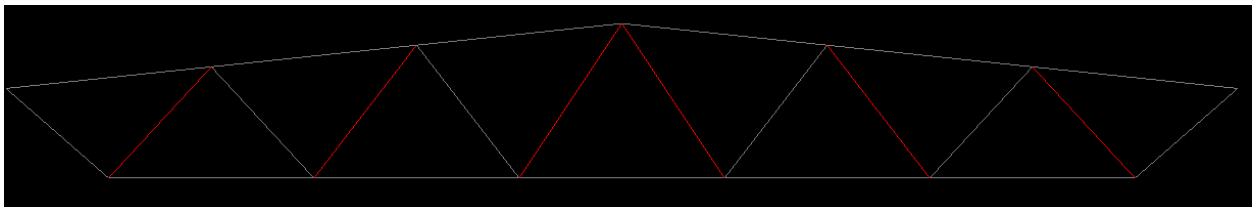



Случается, что одной попытки автоматического подбора сечения оказывается недостаточно. В этом случае запускаем автоматический подбор сечений, принимаем измененные сечения и делаем перерасчет.

Исходя из требований к коррозионной стойкости, выполним замену уголков раскосов решетки фермы на 70x5.

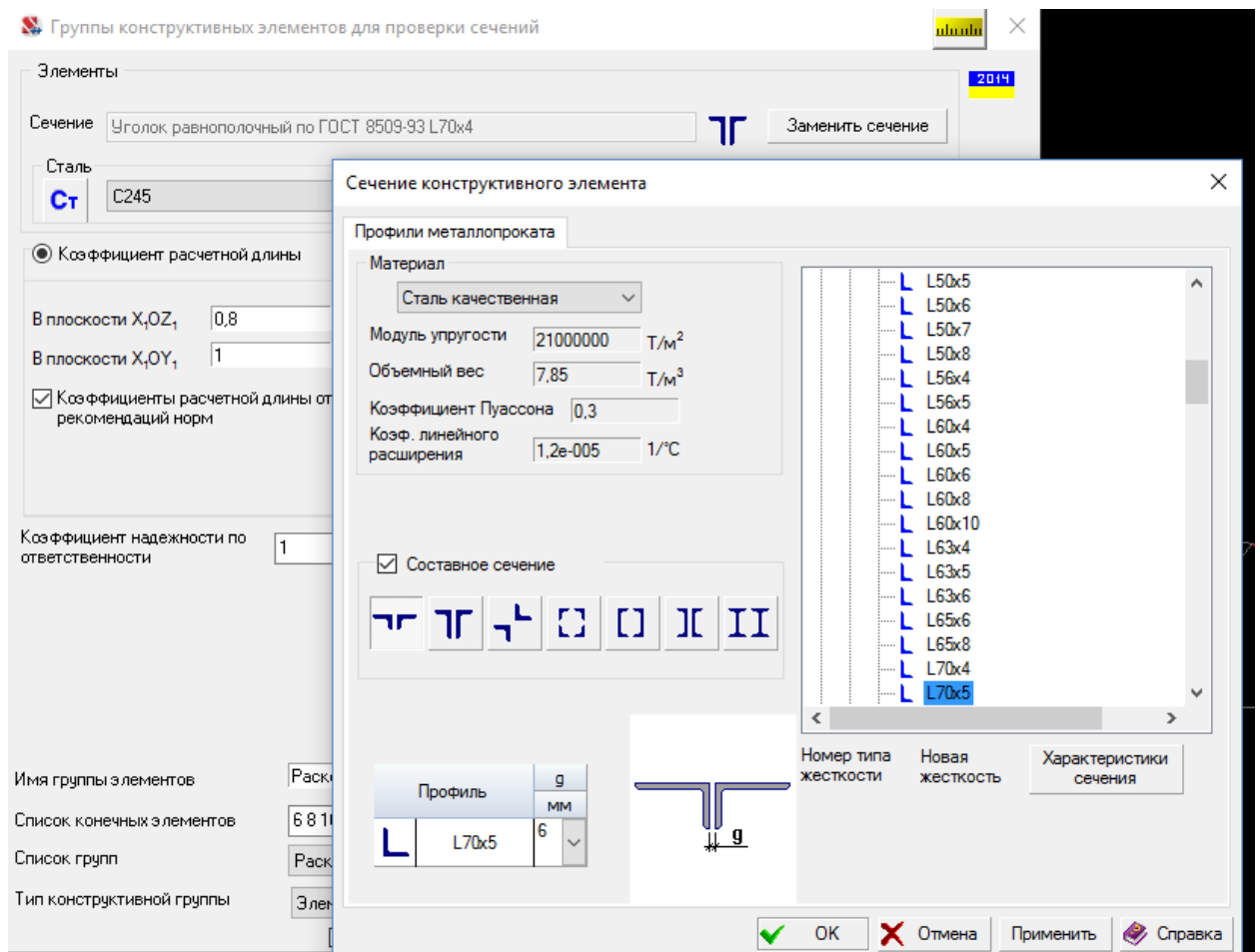
9.3 Корректировка подбора сечений

9.3.1 Для **восходящих раскосов** в закладке «Сталь» нажимаем , устанавливаем  «Раскосы восходящие», нажимаем «Выбрать активную группу» .

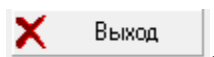
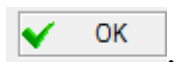


Подтверждаем .

В окне нажимаем **Заменить сечение**.



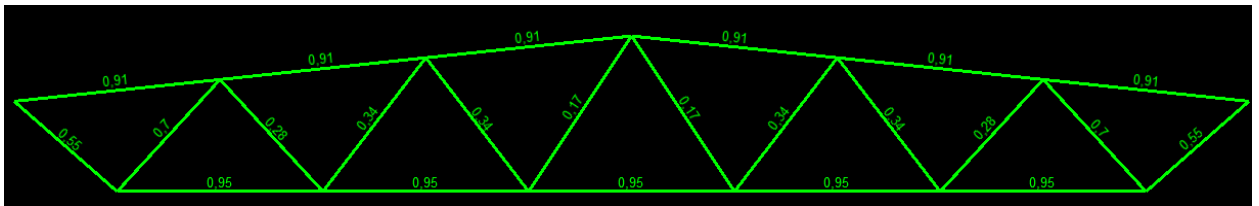
Выбираем уголок 70x5,



9.3.2 Повторяем операцию для **нисходящих раскосов**.

9.3.3 Выходим: «Экран управления проектом» > «Расчетная схема» > «Назначение жесткостей стержням», заменяем парный уголок в восходящих и нисходящих раскосах на 70x5.



Выполняем **линейный расчет**.

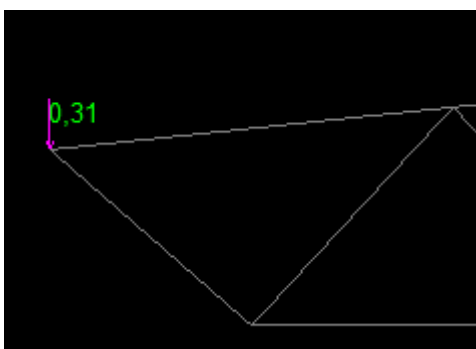
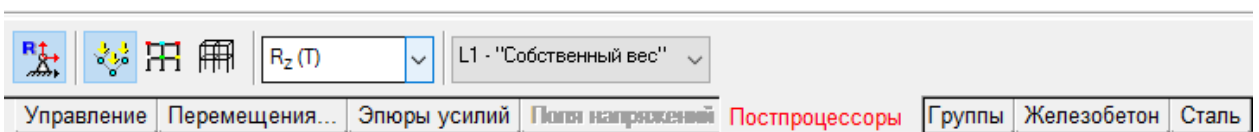


Конструкция удовлетворяет условиям первого предельного состояния.

Название группы	Жесткость элементов
Группа унификации Верхний пояс	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L100x6.5
Группа унификации Нижний пояс	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L80x5
Группа унификации Раскосы	Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5


9.4 Вес уголков фермы

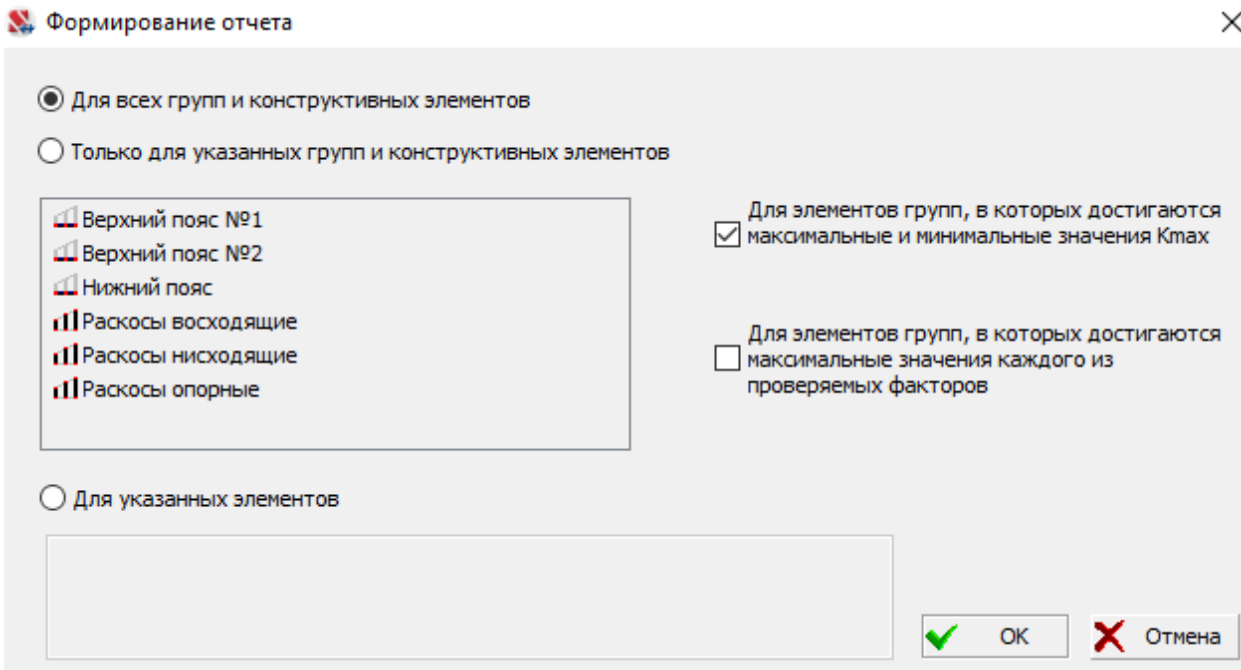
В закладке «Постпроцессоры» нажимаем  и  для загрузки «Собственный вес».



Вес уголков $0,31 \times 2 = 0,62$ т.

10. Формирование отчета

Нажимаем кнопку «Формирование отчета»  и сохраняем документ в формате rtf.



Формирование отчета

Для всех групп и конструктивных элементов

Только для указанных групп и конструктивных элементов

Верхний пояс №1
Верхний пояс №2
Нижний пояс
Раскосы восходящие
Раскосы нисходящие
Раскосы опорные

Для элементов групп, в которых достигаются максимальные и минимальные значения K_{max}

Для элементов групп, в которых достигаются максимальные значения каждого из проверяемых факторов

Для указанных элементов

OK Отмена

В отчете указывается, по какому пункту норм проходил расчет и значение коэффициента использования по этому пункту.

Результаты экспертизы стальных конструкций

Расчет выполнен по ДБН В.2.6-198:2014

Оглавление

1. Конструктивный элемент Верхний пояс №1
2. Конструктивный элемент Верхний пояс №2
3. Конструктивный элемент Нижний пояс
4. Конструктивная группа Раскосы восходящие
5. Конструктивная группа Раскосы нисходящие
6. Конструктивная группа Раскосы опорные

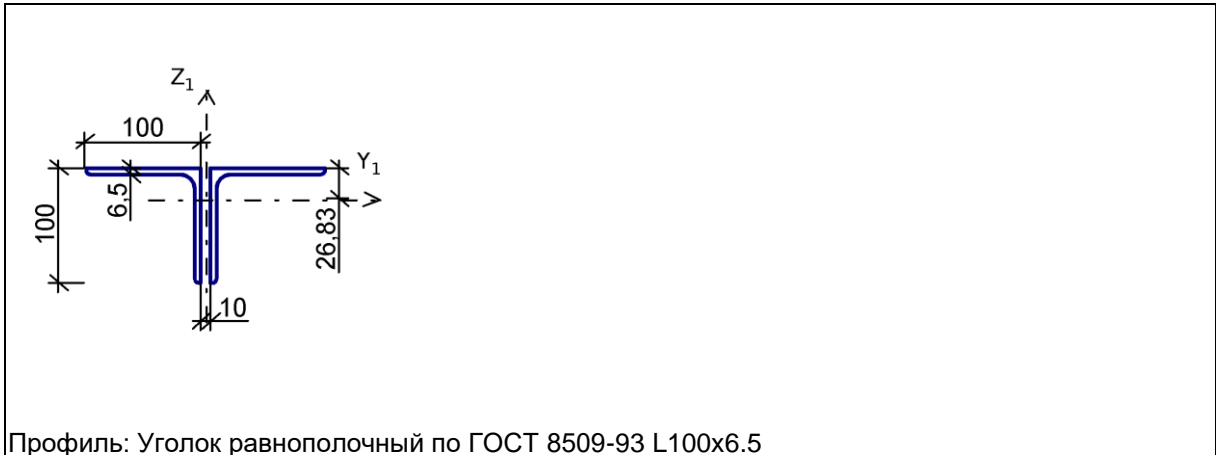
Конструктивный элемент Верхний пояс №1

Сталь: С245

Длина элемента 6,03 м
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1
Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OZ_1 0,33
Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OY_1 0,33

Сечение



Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,64
п.8.1.3	Устойчивость элемента в плоскости фермы	0,91
п.8.1.3	Устойчивость элемента из плоскости фермы	0,78
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,51

Коэффициент использования 0,91 - Устойчивость элемента в плоскости фермы

Теоретически можно повысить коэффициент использования прочности, заменив равнополочный уголок неравнополочным с толщиной полки 5мм, ориентированный более длинной полкой в плоскости фермы.

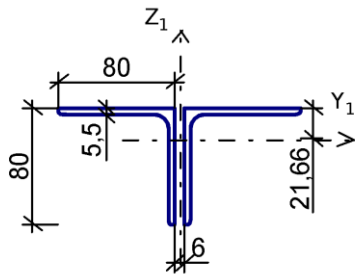
Конструктивный элемент Нижний пояс

Сталь: С245

Длина элемента 10 м
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1
Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OZ_1 0,2
Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OY_1 1

Сечение



Профиль: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L80x5

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,95
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,2

Коэффициент использования 0,95 - Прочность элемента

Прочность материала использована эффективно.

Конструктивная группа Раскосы восходящие. Элемент № 6

Сталь: С245

Длина элемента 1,47 м

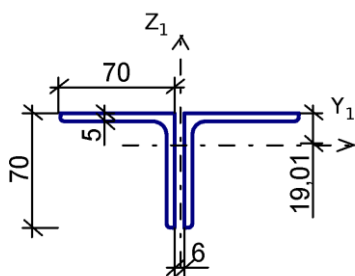
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OZ_1 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OY_1 1

Сечение



Профиль: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,54
п.8.1.3	Устойчивость элемента в плоскости фермы	0,7
п.8.1.3	Устойчивость элемента из плоскости фермы	0,67
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,33

Коэффициент использования 0,7 - Устойчивость элемента в плоскости фермы

Конструктивная группа Раскосы восходящие. Элемент № 10

Сталь: С245

Длина элемента 1,8 м

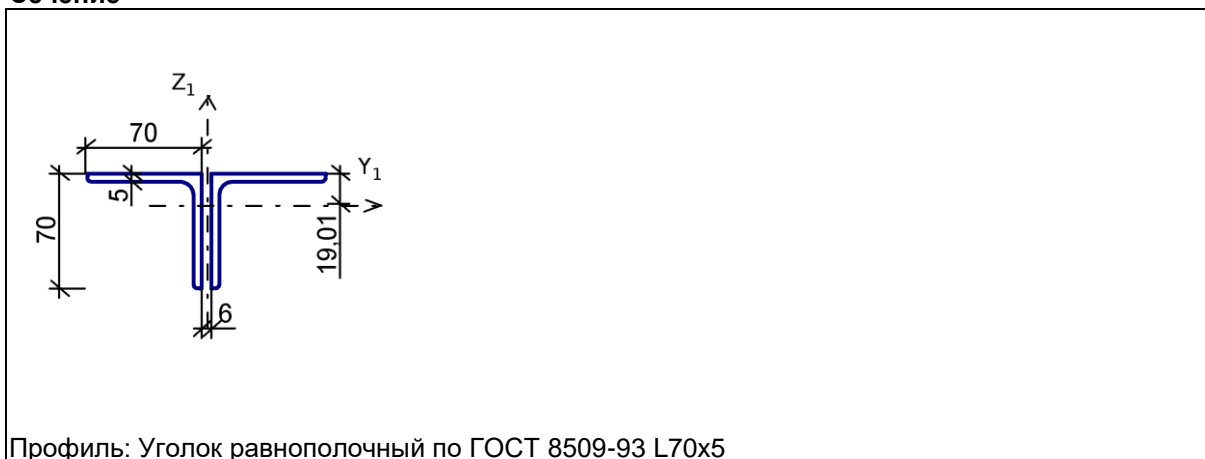
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OZ_1 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OY_1 1

Сечение



Профиль: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,07
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,17

Коэффициент использования 0,17 - Гибкость элемента

Конструктивная группа Раскосы нисходящие. Элемент № 7

Сталь: С245

Длина элемента 1,47 м

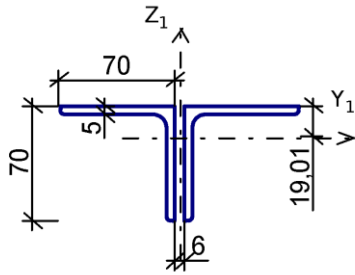
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OZ_1 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OY_1 1

Сечение



Профиль: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,28
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,14

Коэффициент использования 0,28 - Прочность элемента

Конструктивная группа Раскосы нисходящие. Элемент № 9

Сталь: С245

Длина элемента 1,63 м

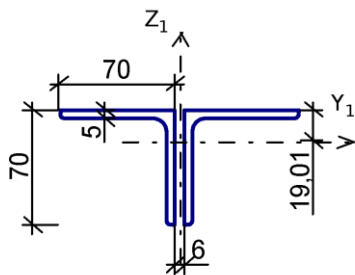
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OZ_1 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1OY_1 1

Сечение



Профиль: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 L70x5

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,03
п.8.1.3	Устойчивость элемента в плоскости фермы	0,04
п.8.1.3	Устойчивость элемента из плоскости фермы	0,04
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,34

Коэффициент использования 0,34 - Гибкость элемента

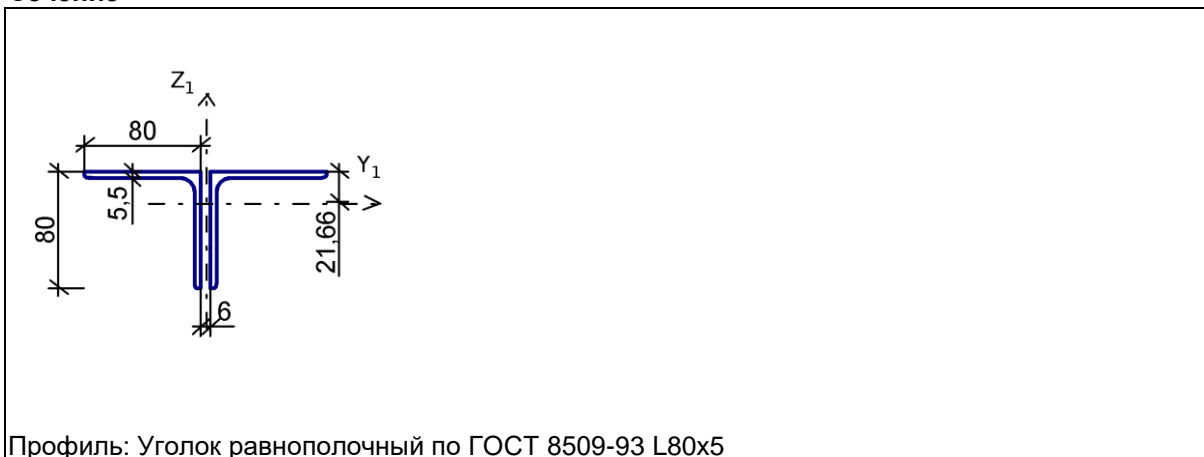
Конструктивная группа Раскосы опорные. Элемент № 16

Сталь: С245

Длина элемента 1,33 м
Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1
Коэффициенты расчетной длины по ДБН В.2.6-198:2014
Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба 1,325 м

Сечение



Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования
п.8.1.1	Прочность элемента	0,55
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гибкость элемента	0,13

Коэффициент использования 0,55 - Прочность элемента

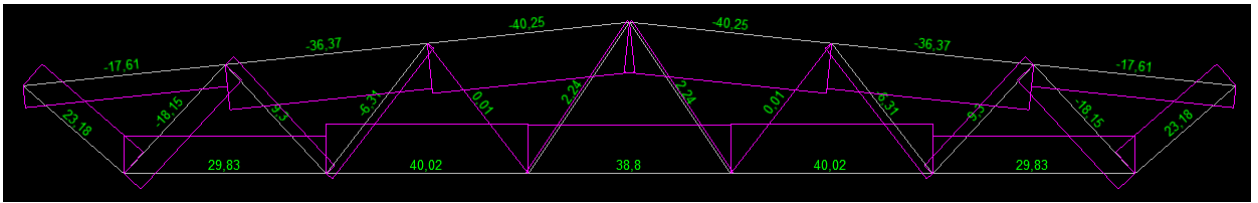
В большинстве раскосов прочность материала использована неэффективно. Причина – принятая унификация элементов конструкции при соблюдении требований к коррозионной стойкости.


11. Экспертиза усилий


Заходим в окно «Результаты» — > «Графический анализ» — > «Эпюры усилий».

Выбираем сочетание №С1 и видим значения растягивающих/сжимающих усилий в ферме:





Чтобы увидеть значения усилий, следует нажать на кнопку «Оцифровка изополей» .

Чтобы увидеть эпюры усилий в конкретном элементе, например, в верхнем поясе, нажимаем на кнопку «Информация об элементе»  панели «Фильтры отображения», выбираем элемент и в открывшемся окне нажимаем на кнопку «Эпюры усилий». Для элемента № 20:

Элемент № 20] Усилия

N	M_y	M_z Макс. 0 Т*м Привязка 0 м
Макс. -40,25 Т Привязка 0 м	Макс. 0,1 Т*м Привязка 0 м	Макс. 0 Т*м Привязка 0 м
M_k Макс. 0 Т*м Привязка 0 м	Q_z	Q_y Макс. 0 Т Привязка 0 м
Макс. 0 Т*м Привязка 0 м	Макс. -0,06 Т Привязка 2,01 м	Макс. 0 Т Привязка 0 м

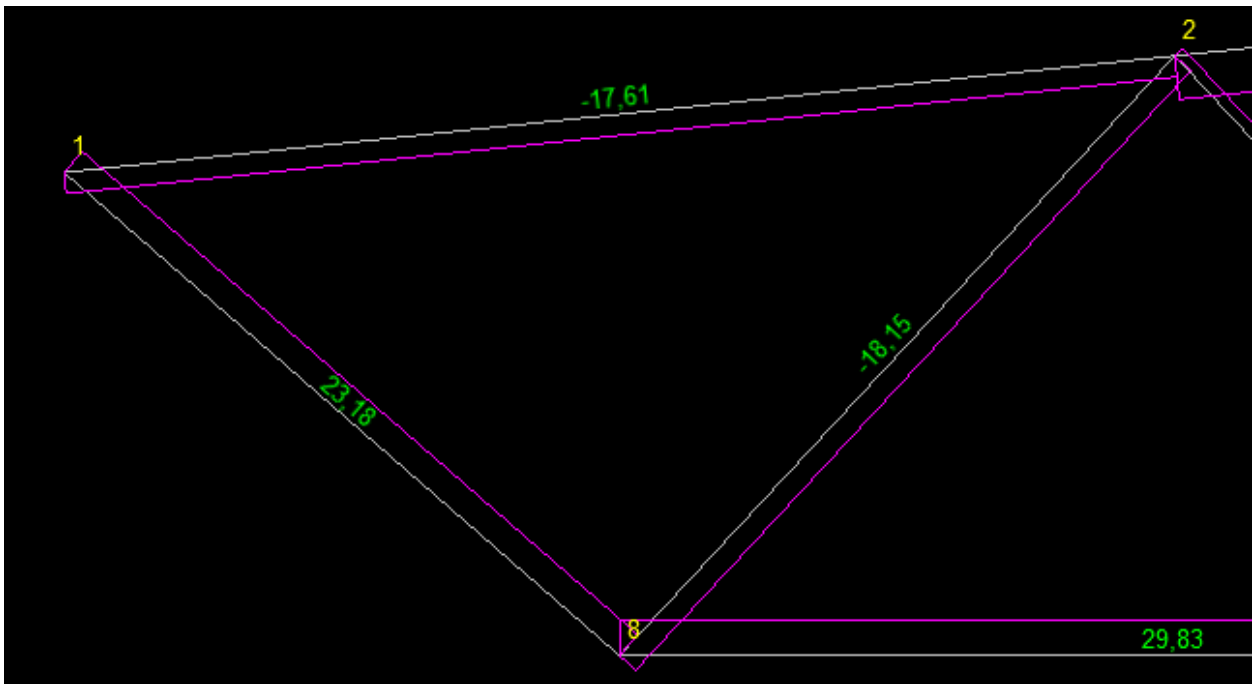
Длина стержня	. м
Длина гибкой части	. м
Комбинация нагрузений	C1 -

12. Подбор толщины фасонки

Сжимающие нагрузки в ферме достигают 40,25т, растягивающие - 40,02 т.

	N	T	T	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	-40,25	-35,24	4
<input checked="" type="checkbox"/>	2	-35,24	-30,22	0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	-30,22	-25,2	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	-25,2	-20,18	0
<input checked="" type="checkbox"/>	5	-20,18	-15,17	4
<input checked="" type="checkbox"/>	6	-15,17	-10,15	0
<input checked="" type="checkbox"/>	7	-10,15	-5,13	2
<input checked="" type="checkbox"/>	8	-5,13	-0,11	0
<input checked="" type="checkbox"/>	9	-0,11	4,9	4
<input checked="" type="checkbox"/>	10	4,9	9,92	2
<input checked="" type="checkbox"/>	11	9,92	14,94	0
<input checked="" type="checkbox"/>	12	14,94	19,96	0
<input checked="" type="checkbox"/>	13	19,96	24,97	2
<input checked="" type="checkbox"/>	14	24,97	29,99	2
<input checked="" type="checkbox"/>	15	29,99	35,01	0
<input checked="" type="checkbox"/>	16	35,01	40,02	3

Нас интересуют усилия в местах соединения поясов с раскосами. Максимальное усилие равно 23,18т в опорном узле №1 и 29,83т в узле №8.



В таблице 2 представлен подбор толщины фасонки в зависимости от усилий в сопрягаемых элементах:

Таблица 2

Максимальное усилие в стержнях решетки, «Н	До 150	160	260	410	610	1010	1410	Более 1800
		250	400	600	1000	1400	1800	
Толщина t, мм	6	8	10	12	14	16	18	20

Как видим, толщины 6 мм недостаточно для сопряжений опорного раскоса и узла №8. Необходимо увеличить толщину фасонки соответственно до 8 и 10 мм, оставив толщину 6мм в фасонках раскосов решетки.

Вместе с тем, разница в толщинах фасонки между двумя соседними узлами не должна превышать 2 мм (в отдельных случаях не более 4 мм). Толщина фасонки по условиям сварки, как правило, выбирается не менее 0,8 толщины стенки уголка. Кроме того, целесообразно унифицировать размеры фасонки до одного-двух типоразмеров.

Исходя из изложенного, принимаем одну толщину фасонки 10 мм, что увеличит коэффициент использования «Устойчивость элемента из

плоскости фермы», который не является критическим в нашем случае и не повлияет на выбор сечений.

13. Расчет прогиба фермы

Для расчета по 2-му предельному состоянию мы используем *эксплуатационные нагрузки*. Поэтому собственный вес, вес перекрытия и вес оборудования учитывается с коэффициентом надежности по нагрузке 1,0. Эксплуатационное расчетное значение снеговой нагрузки примем с понижающим коэффициентом 0,7. Запишем эту комбинацию **C2**.

Комбинации загружений

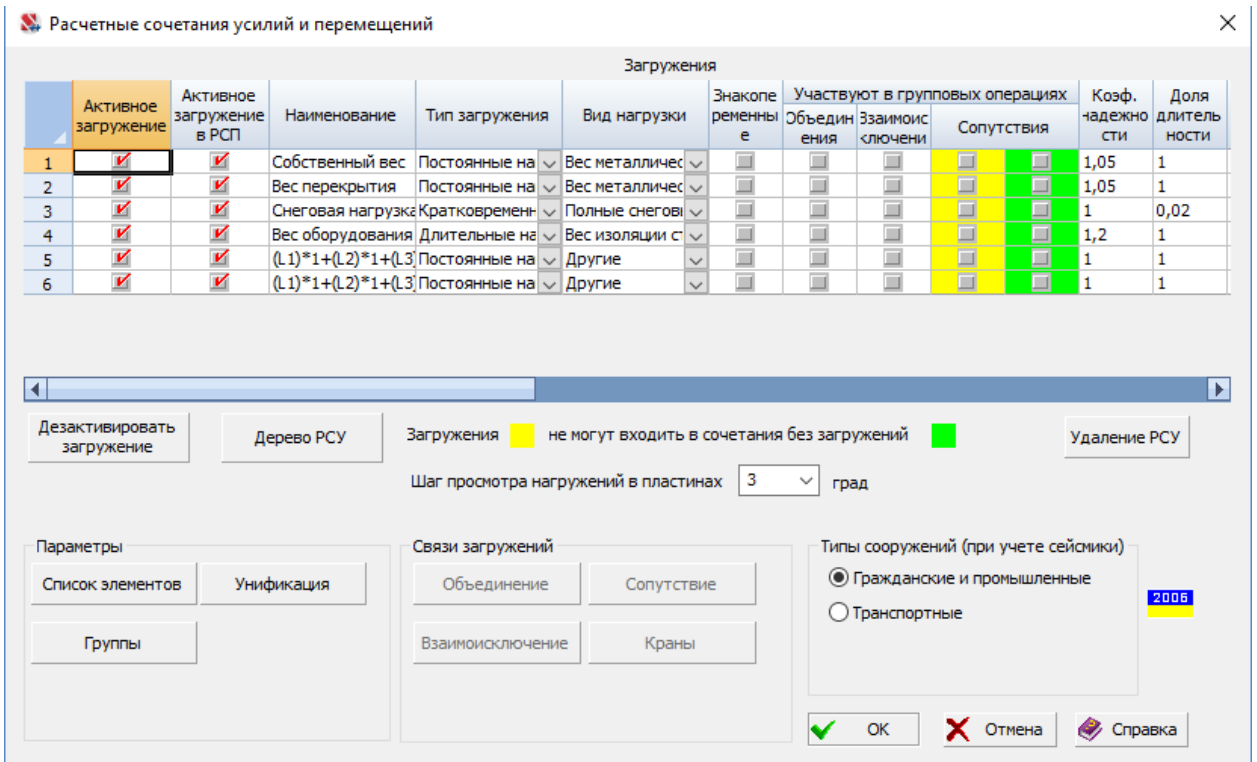
	Загружения/Комбинации	Коэффициент
1	Собственный вес	1
2	Вес перекрытия	1
3	Снеговая нагрузка	0,7
4	Вес оборудования	1
5	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1$	0

Комбинации загружений

	Комбинации загружений	Название
1	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1$	
2	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*0.7+(L4)*1$	

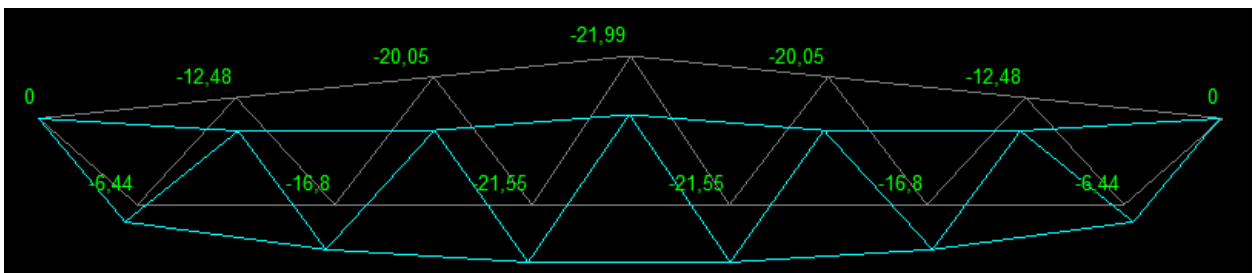
Удаление данных Не учитывать комбинации в РСУ ОК Отмена Справка

Теперь у нас появились новые нагрузки и нам нужно заново составить для них РСУ (расчетные сочетания усилий). Нажимаем во вкладке «Специальные исходные данные» на кнопку «**Расчетные сочетания усилий**», активируем новую комбинацию, ждем **ОК**.



Производим расчет («Расчет» —> «Линейный»).

Чтобы узнать прогиб фермы, заходим во вкладку «Деформации»,
загружение выбираем C2, направление Z Z (мм) $C2 \cdot "(L1)*1+(L2)*1+(L3)*0."$
и нажимаем кнопку «Вывод значений перемещений в узлах»



Максимальное перемещение составляет 22 мм. Для фермы пролетом 12м критический прогиб равен 1/200 от пролета, т.е. 60 мм. Ферма удовлетворяет требованиям по 2-му предельному состоянию.

Библиографический список

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування/ Мінбудархітектури України. – К.: Сталь, 2006 – 59 с.
2. “Будівельна механіка”. Методичні вказівки до виконання розрахунково – проектувального завдання РПЗ № 2 "Розрахунок плоскої статично визначеної ферми" для бакалаврів спеціальності 8.06010101 – “Промислове і цивільне будівництво” (російськ.) / Укл.: Портнов Г.Д., Пукалов В.В. – Кропивницький: КНТУ, 2016. – 30 с.
3. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. К.: Мінрегіонбуд України, 2010.

Содержание

Вступление	5
1. Общий порядок подбора сечений элементов фермы	6
2. Исходные данные	7
3. Проектирование фермы	8
4. Сбор нагрузок на ферму	9
5. Создание компьютерной модели в SCAD	11
6. Расчет	30
7. Графический анализ	32
8. Назначение групп унификации	42
9. Подбор сечений	44
10. Формирование отчета	50
11. Экспертиза усилий	55
12. Подбор толщины фасонки	57
13. Расчет прогиба фермы	59
Библиографический список	61