

3. Порядок создания расчетной схемы для проведения расчетов методом конечных элементов в вычислительном комплексе SCAD.

Содержание:

1. Запуск программы SCAD и подготовка к созданию расчетной схемы
2. Создание расчетной схемы стержневой системы для МКЭ (на примере фермы)
3. Печать и сохранение расчетной схемы
4. Работа с деревом проекта
5. Назначение жесткостей элементов
6. Загрузка расчетной схемы
7. Выполнение линейного расчета и анализ результатов
8. Представление полученных результатов в виде эпюр усилий в стержнях фермы. Их сохранение и печать
9. Таблица усилий в стержнях фермы

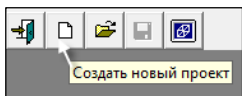
Условные обозначения:

ЛКМ - левая кнопка мыши
ПКМ - правая кнопка мыши

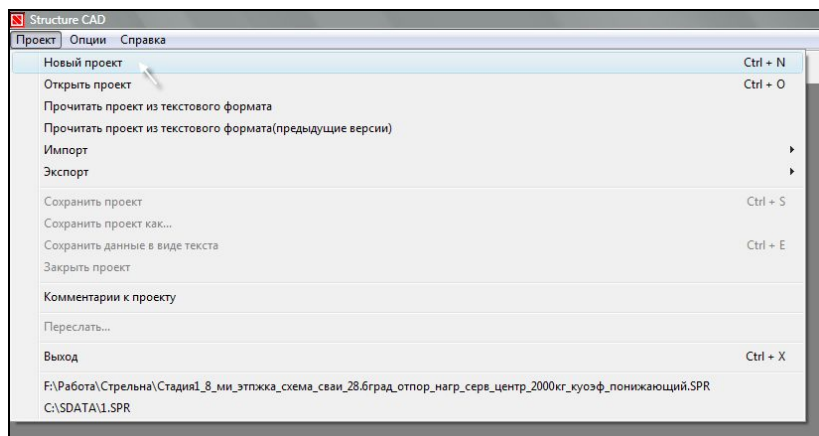
1. Запуск программы SCAD и подготовка к созданию расчетной схемы

1. Запустите программу SCAD (ярлык программы 2ЛКМ или Пуск -> Программы -> SCAD Office -> SCAD)

2. Создайте «Новый проект», Для создания нового проекта курсор устанавливается на одноименной кнопке «Создать новый проект» инструментальной панели и нажимается ЛКМ,

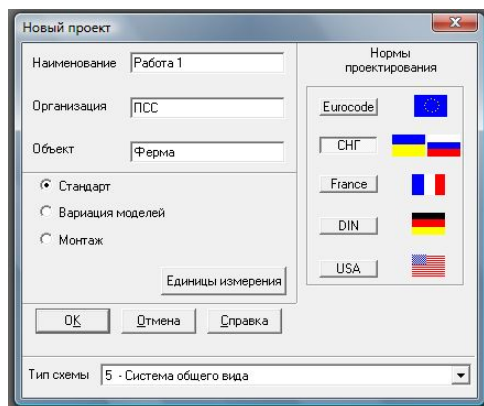


или верхнее меню Проект->Новый проект.

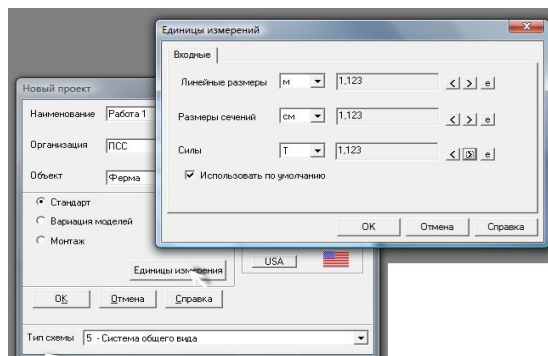


На экран выводится диалоговое окно Новый проект

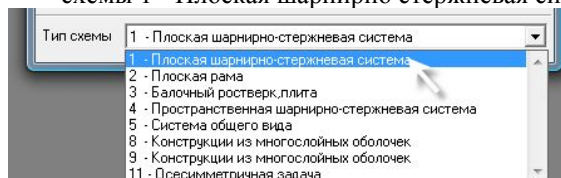
3. Введите поле «Наименование» например «Работа1», Введите поле «Организация», Введите поле «Объект» например: ферма



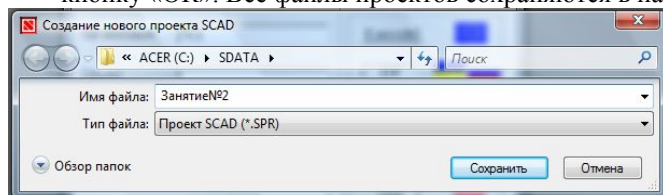
4. Нажмите кнопку «Единицы измерения», установите необходимые единицы измерения основных величин! Поставьте галочку напротив «Использовать по умолчанию»! Установите 3 знака после запятой! Нажмите кнопку «ОК»



5. Выбор типа схемы. В типе схемы просмотрите предлагаемые варианты (1,2,3,4,5,8,9,11). Выберите тип схемы 1 - Плоская шарнирно стержневая система. Нажмите кнопку «ОК»

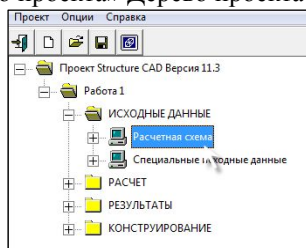


6. Создание нового проекта SCAD. Задайте имя файла нового проекта например Занятие№2.spr нажмите кнопку «ОК». Все файлы проектов сохраняются в папку SDATA!



7. Появилось окно «Дерево проекта» Дерево проекта включает четыре раздела первого уровня:

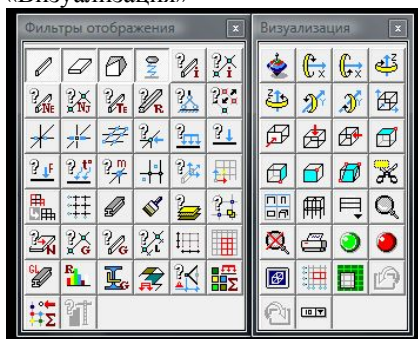
- Исходные данные;
- Расчет;
- Результаты ;
- Конструирование.



8. Нажмите ЛКМ на «Расчетная схема». В результате откроется рабочее окно по созданию расчетной схемы, в котором имеется шесть функциональных разделов. Управление, Схема, Назначение, Узлы и элементы, Загрузки, Группы.



9. Ознакомьтесь с двумя подвижными инструментальными панелями: «Фильтры отображения» и «Визуализация»



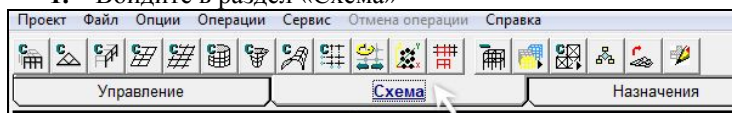
2. Создание расчетной схемы стержневой системы для МКЭ (на примере фермы)


Геометрическое изображение расчетных схем, встречающихся в заданиях, в программе SCAD может быть выполнено тремя способами:

- 1) использованием типовых схем;
- 2) последовательным вводом сначала узлов элементов расчетной схемы, а затем изображением самих элементов (вводом элементов).
- 3) комбинация обоих методов.

Построение расчетной схемы с использованием типовых схем

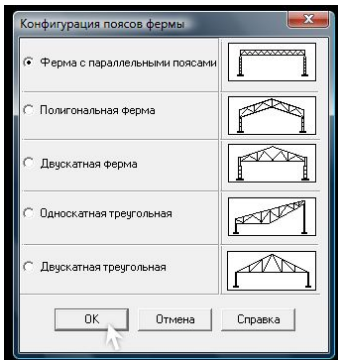
1. Войдите в раздел «Схема»



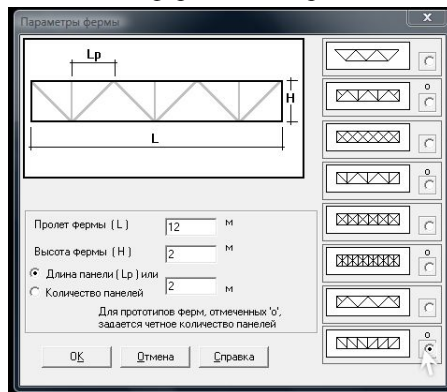
2. Выберите в верхнем меню «Генерация прототипа фермы» 

Ферма

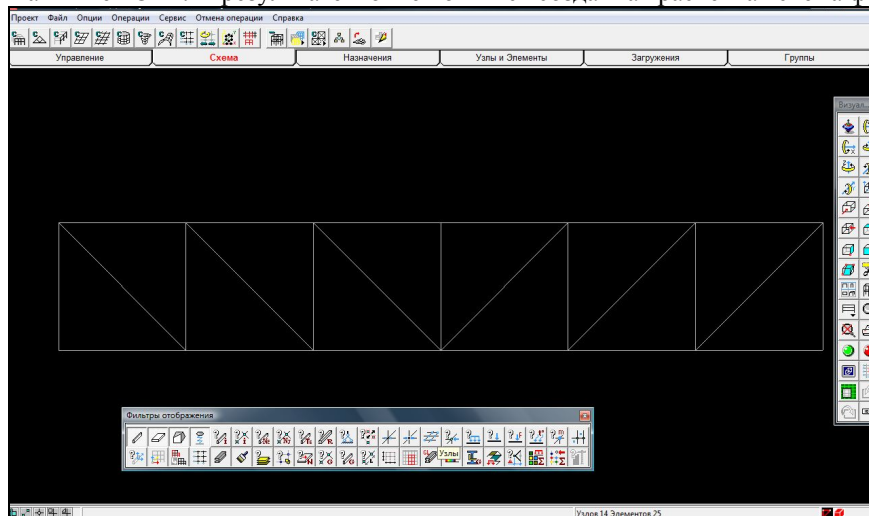
При выборе «Генерация прототипа фермы» появится окно «Конфигурация поясов фермы», выберите «Ферма с параллельными поясами» и нажмите «ОК»



В появившемся окне «Параметры фермы» появится окно с несколькими вариантами решетки ферм. Выберите самый нижний и задайте параметры $L=12\text{м}$, $H=2\text{м}$, длина панели 2м .



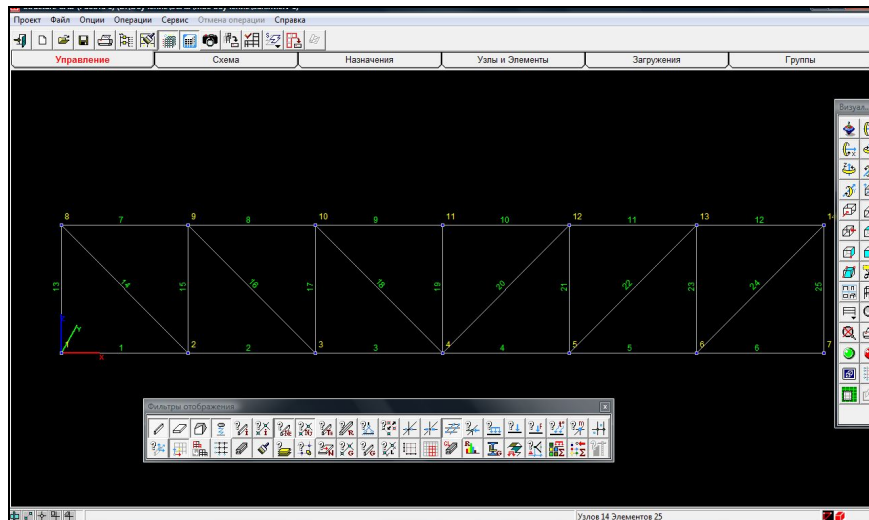
Нажмите «ОК». В результате в окне появится созданная расчетная схема фермы для МКЭ.



Работа с окном «Фильтры отображения»:


- Нажмите кнопку «Узлы»
- Нажмите кнопку «Номера узлов»
- Нажмите кнопку «Номера элементов»
- Нажмите кнопку «Отображение общей системы координат»

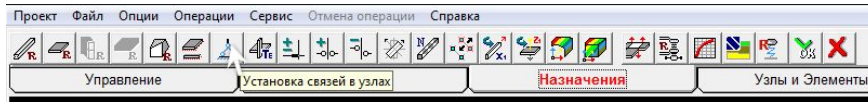
Созданная расчетная схема фермы для МКЭ примет следующий вид:



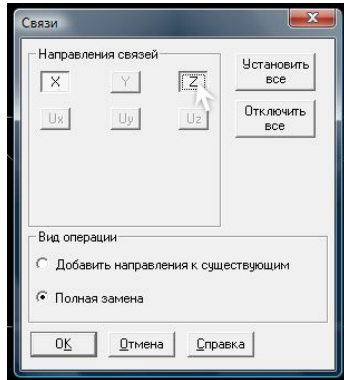
Назначение опорных связей

Стержневая система часто опирается на шарнирные опоры.

Для установки связей в опорных узлах стержневой системы нажмем ЛКМ кнопку  «Установка связей в узлах» инструментальной панели раздела «Назначения».

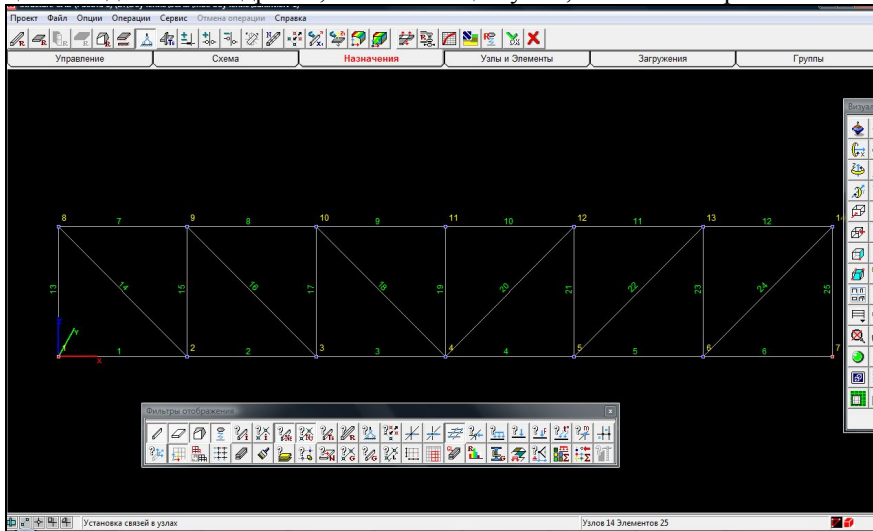



Появится диалоговое окно «Связи».




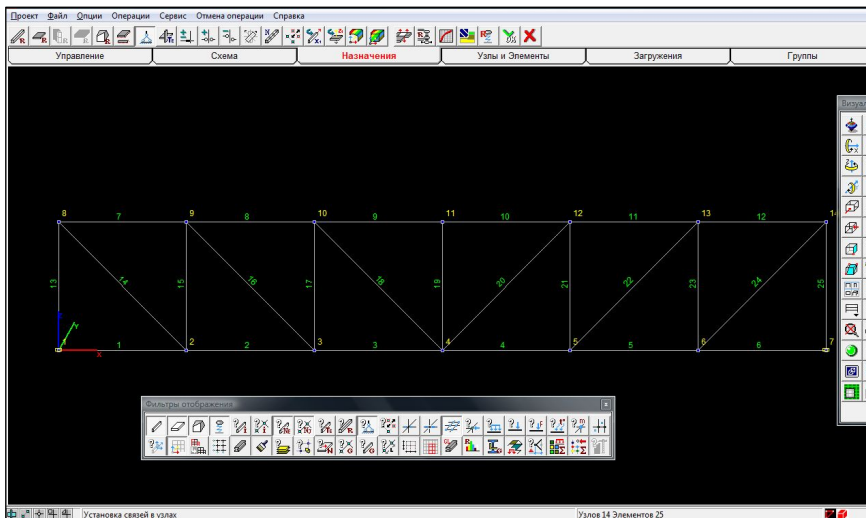
Нажимаем ЛКМ ось X и Z и ОК

Назначьте для вашего варианта опорные связи в узлах. Для нашего варианта выделите узел №1 и №7. На цветном дисплее квадратик, обозначающий узлы, становится красным.



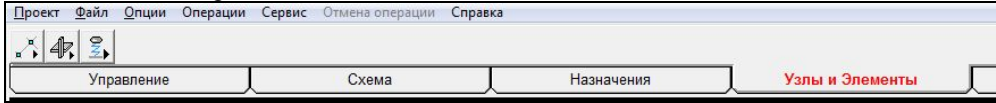
Подтверждаем ввод этих связей нажатием на инструментальной панели кнопки  при этом узел теряет красный цвет.

Вернемся к «Фильтрам отображения» - нажмите позицию , узел со связями отмечается прямоугольником.



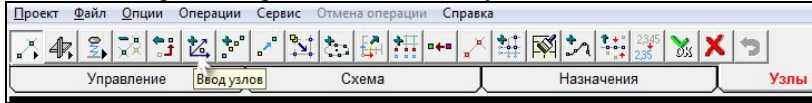
Нажатые на панели «Фильтрам отображения» кнопки позволили отобразить узлы, опоры и номера узлов и элементов. Можно отобразить также общую систему координат и местные системы координат всех элементов. Однако одновременно нажимать много кнопок на панели не рекомендуется, так как некоторые информации будут накладываться друг на друга.

1. Войдите в раздел «Узлы и элементы»

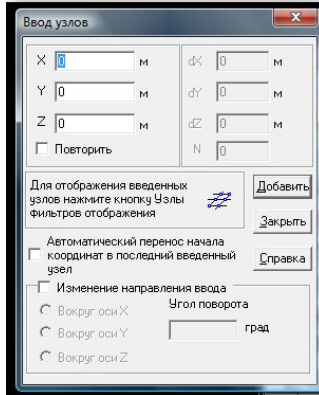


2. Выберите в верхнем меню «Узлы»

3. Выберите в верхнем меню «Ввод узлов»



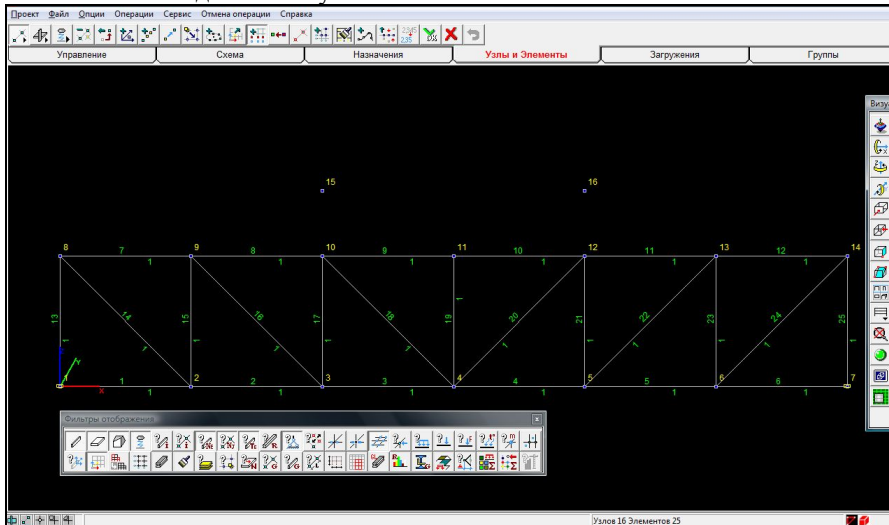
В правом углу экрана появится диалоговое окно «Ввод узлов»



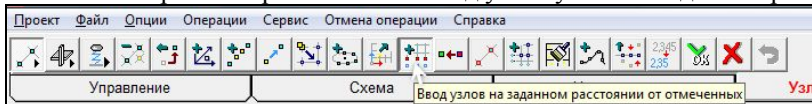
Введите координат $X=4$, $Z=3$ и нажмите «Добавить».

Введите координат $X=8$, $Z=3$ и нажмите «Добавить».

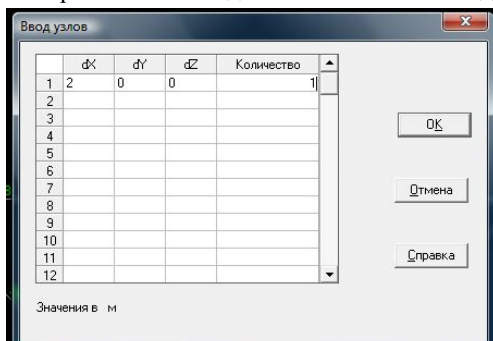
В окне появятся два новых узла - №15 и №16.



4. Выберите в верхнем меню «Ввод узлов на заданном расстоянии от отмеченных»



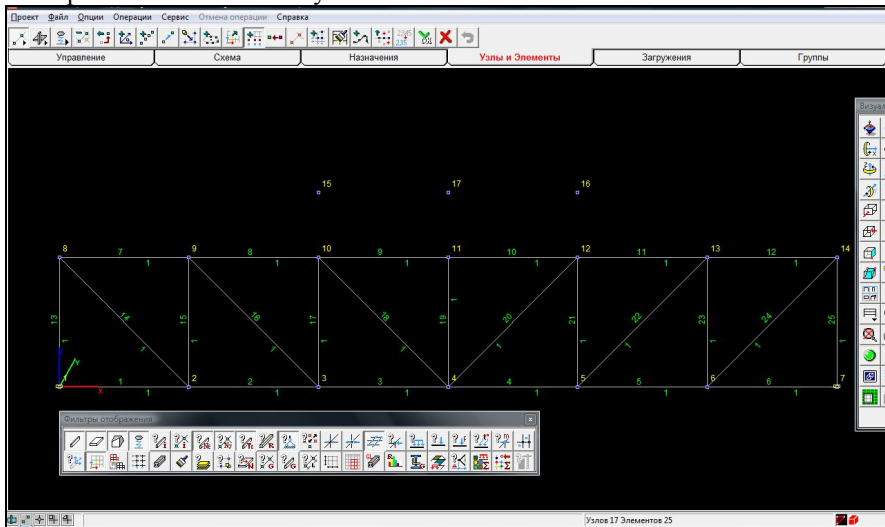
На экране появится диалоговое окно «Ввод узлов»



Введите $dX=2$; $dY=0$; $dZ=0$; Количество=1 и нажмите «ОК».

Диалоговое окно закроется. Щелкните ЛКМ на узле №15. Он станет красного цвета. В верхнем меню выберите

На экране появится новый узел №17.

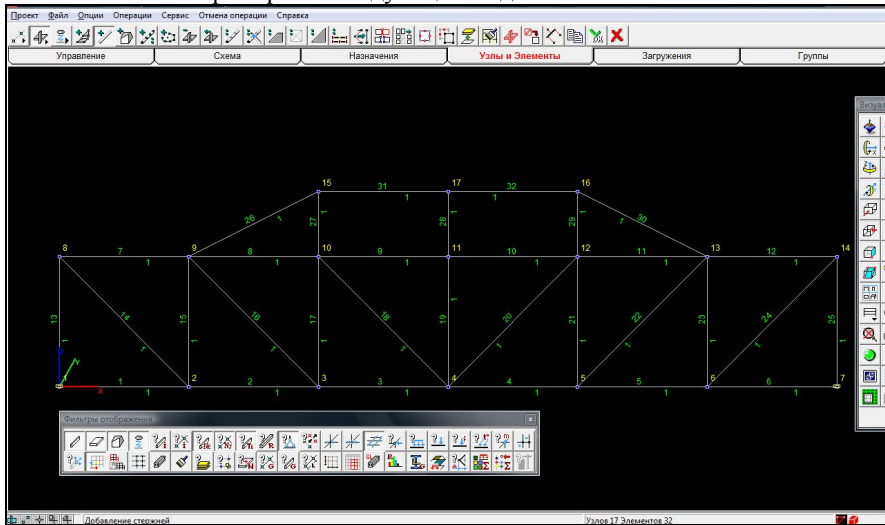


5. Выберите в верхнем меню «Элементы»
6. Выберите в верхнем меню «Добавление стержней»



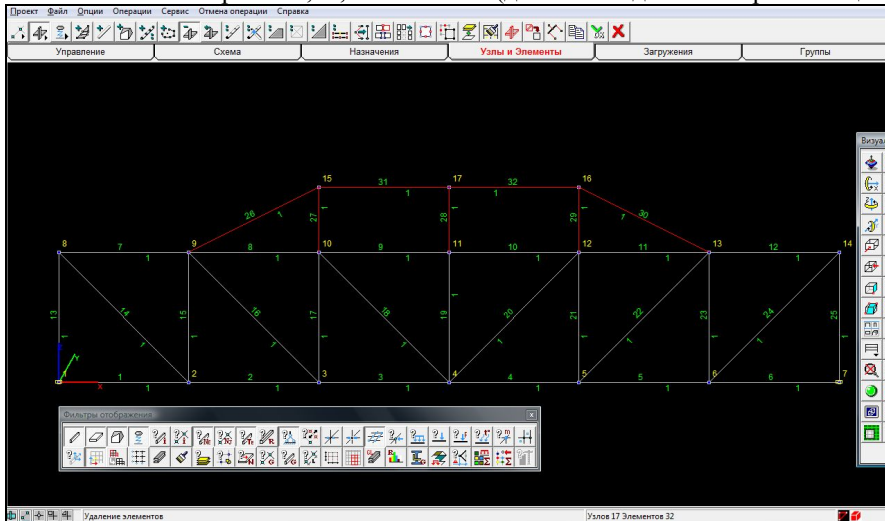
7. Последовательно добавьте стержневые элементы щелкая ЛКМ по узлам 9-15, 10-15, 11-17, 12-16, 13-16, 15-17, 16-17.

Расчетная схема приобретет следующий вид

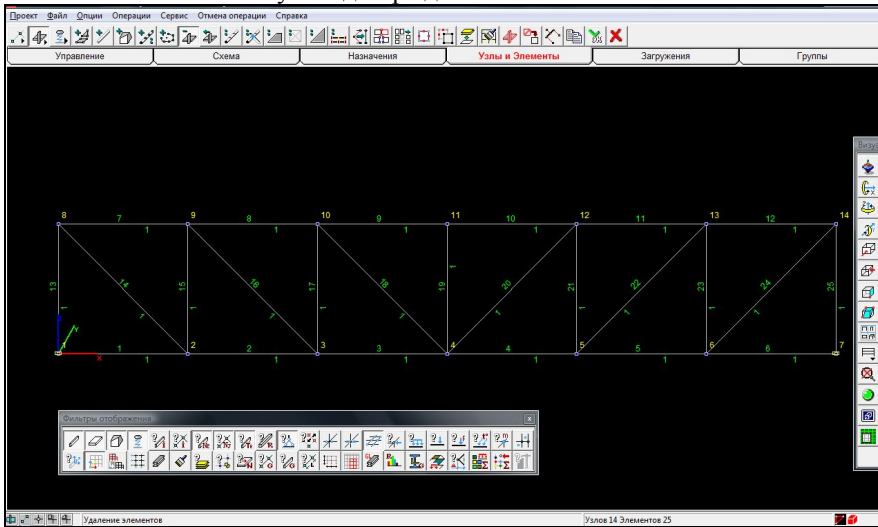


Удаление элементов конструкции

1. Нажмите кнопку «Удаление элементов»
2. ЛКМ выберите 12,13,14 элементы (должны выделиться красным цветом)












3. Нажмите кнопку «Подтверждение»



4. Таким же способом можно удалять и узлы элементов.

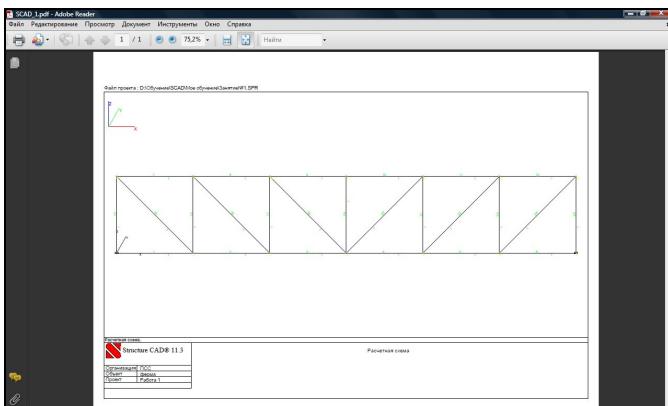
Работа с окном «Визуализация»


- Нажмите кнопку «Режим непрерывного вращения» 
- Нажмите кнопку «Вращение вокруг оси X (шаг +)» 
- Отожмите кнопку «Режим непрерывного вращения» 
- Нажмите кнопку «Вращение вокруг оси Y (шаг +)» 
- Нажмите кнопку «Вращение вокруг оси Z (шаг -)» 
- Нажмите кнопку «Восстановить исходное отображение схемы» 
- Нажмите кнопку «Проекция на ось XoY» 
- Нажмите кнопку «Проекция на ось YoZ» 
- Нажмите кнопку «Проекция на ось XoZ» 

3. Печать и сохранение расчетной схемы


1. Для того чтобы сохранить Ваш проект – Нажмите в левом верхнем углу «Проект»-> «Сохранить проект»


2. Самым простым и быстрым для выполнения является печать расчетной схемы сразу с экрана. Для этого в меню окна с расчетной схемой необходимо войти в раздел **Файл** и выполнить указанные действия для печати. Эта печать будет воспроизводить на странице не только изображение расчетной схемы, но и специальный формат оформления страницы, предложенный разработчиками программы. Нажмите «Файл» -> «Предварительный просмотр». Так же можно и производить печать через «виртуальные принтеры». При этом происходит сохранение оформленной страницы в заданном формате (PDF, JPG и т.д.).





- Для получения распечатки только расчетной схемы (без специального формата листа) можно с помощью клавиши «Print Screen SysRq» на клавиатуре компьютера зафиксировать вид страницы в разделе **Файл** (при просмотре) и скопировать его в рабочее окно программы Paint. Затем из полученного в рабочем окне программы Paint изображения страницы вырезать только вид расчетной схемы и скопировать его в документ с расширением doc отчета по работе.
- Для отложенной по времени печати можно сохранить вид сформированной для МКЭ расчетной схемы в файле. Необходимо выйти в меню раздела **Управление** и нажать кнопку с изображением фотоаппарата . Далее надо выполнить ряд операций, описание которых дано разработчиками программы в справке, и сохранить образ расчетной схемы в файле с расширением wmf в рабочей папке SWORK. Затем при написании отчета в документ с расширением doc можно сделать вставку рисунка из указанного файла.


4. Работа с деревом проекта

Нажмите закладку «**Управление**» и кнопку «Выйти в экран управления проектом»  для перехода в дерево управления проектом.

При необходимости разверните дерево «Расчетная схема» и «Специальные исходные данные» щелкнув ЛКМ по символу . Вы увидите следующие значки:

 -данные(функции) открытые, уже введены или можно изменить!

 -данные(функции), которые можно уточнить, добавить, изменить!

 -данные(функции) недоступны, при вводе последовательно всей необходимой информации знак запрета снимается и данные(функции) становятся доступными!

Для возврата в расчетную схему нажмите ЛКМ на любом из пунктов «Расчетная схема»

В «Фильтрах отображения» нажмите - «Узлы», «Номера узлов», «Номера элементов», «Отображение общей системы координат», «Связи».

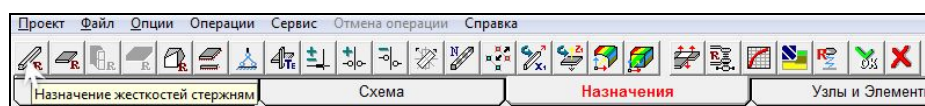
5. Назначение жесткостей элементов

Поскольку в программе SCAD для расчета любых стержневых систем, как статически определимых, так и статически неопределимых, используется МКЭ, в котором используются матрицы жесткости элементов, то жесткости элементов должны быть заданы и при расчете статически определимых стержневых систем.

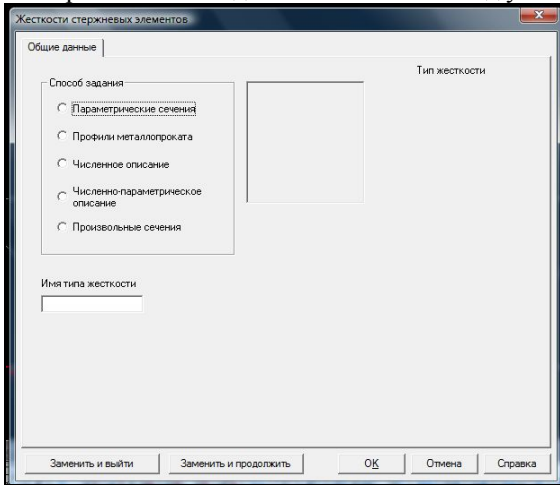
Если ставится задача определения *только усилий* в рассматриваемой статически определимой стержневой системе, то с учетом того, что жесткости не входят в уравнения равновесия, требуемые жесткости в программе SCAD могут быть заданы в виде произвольных значений, например равными единице.

При решении задачи об определении *перемещений* в статически определимых стержневых системах и при расчете статически неопределимых стержневых систем необходимо задание реальных жесткости стержней или их соотношений. В программе SCAD предусмотрены различные способы задания этих жесткостей, которые будут рассмотрены далее.

- Нажмите закладку «Назначения» -> Назначение жесткостей стержням



На экране появится диалоговое окно «Ввод узлов»



2. В закладке «Общие данные» выберите «Профили металлопроката»

3. Зайдите в появившуюся сверху закладку «Профили металлопроката»

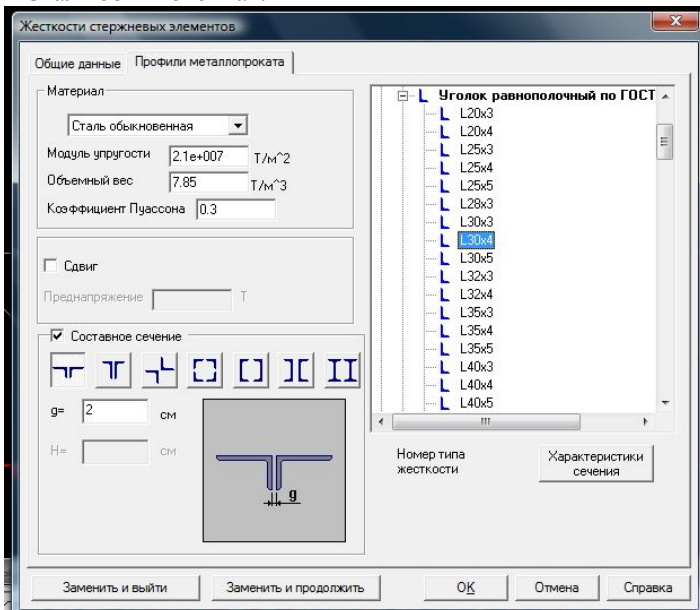
Задайте материал и его характеристики. Обратите внимание, при выборе материала характеристики изменяются автоматически. Вы можете задать здесь свои характеристики (но надо знать материал).



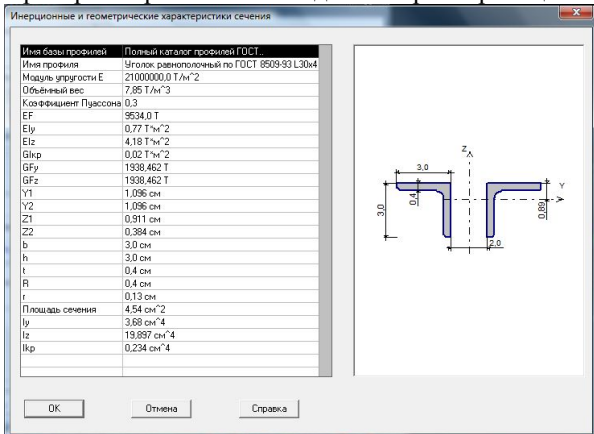
Задайте сечение из списка предлагаемых или составное



Например: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 30x4, расстояние между уголками 2см, материал – Сталь обыкновенная.



Проверьте правильность задания параметров щелкнув ЛКМ по кнопке «Характеристики сечения».



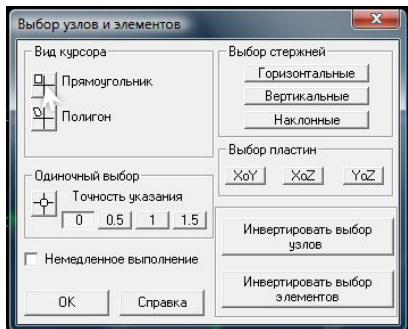
Ознакомьтесь с открывшимся окном, затем можно его закрыть нажатием кнопки «ОК».

4. Нажмите кнопку «ОК» в окне «Жесткости стержневых элементов».

Тип номера жесткости стал №1

При работе с несколькими жесткостями необходимо различать режимы ввода данных и корректировки. В нижней части окна расположены две кнопки активизации режимов корректировки – «Заменить и выйти» и «Заменить и продолжить». В первом случае выполняется ввод нового типа жесткости, во втором – корректируются ранее введенные характеристики.

Нажмите ПКМ на поле схемы в любом месте.

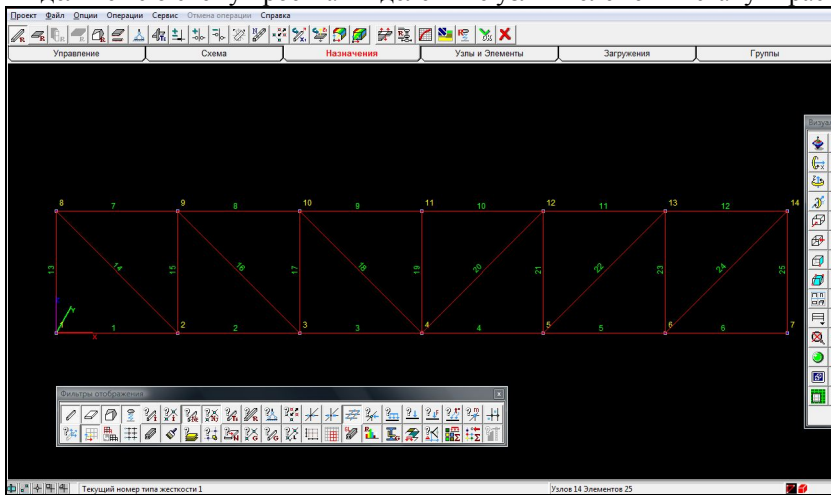



Появится диалоговое окно «Выбор узлов и элементов»

Выберите «Вид курсора» -> «Прямоугольник»

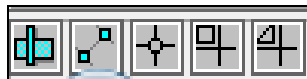
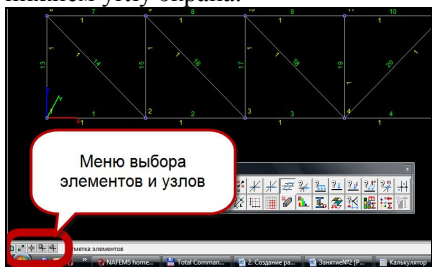
Диалоговое окно закрывается.

Выделите всю схему проекта Выделенные узлы и элементы станут красным цветом.

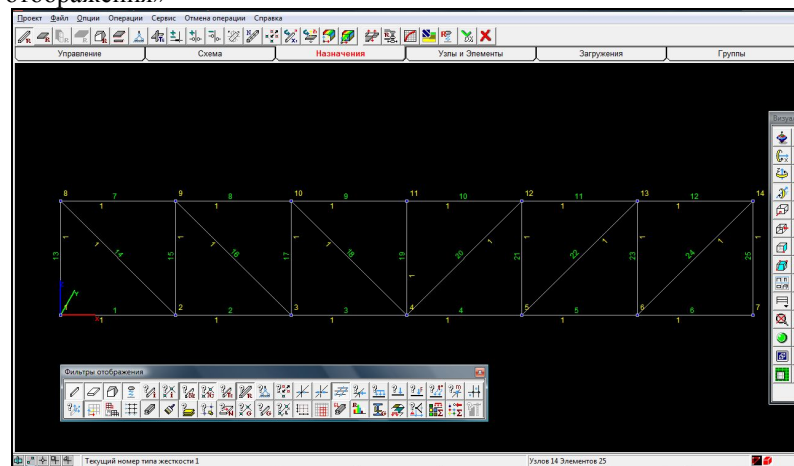


Для подтверждения операции нажмите  (не забывайте, при каждом действии, чтобы подтвердить операцию, нажимать эту кнопку либо использовать клавишу «Enter» на клавиатуре).

Также для выделения элементов и узлов можно использовать элементы панели, расположенной в левом нижнем углу экрана.

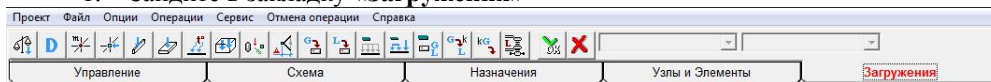


Для просмотра типа жесткости схемы нажмите кнопку «Номера типов жесткости»  в окне «Фильтры отображения»

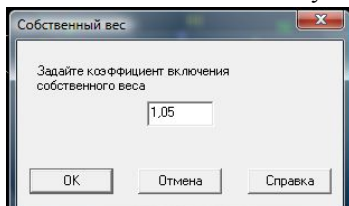


6. Загрузка расчетной схемы МКЭ

1. Зайдите в закладку «Загрузки»



2. Нажмите кнопку «Собственный вес»



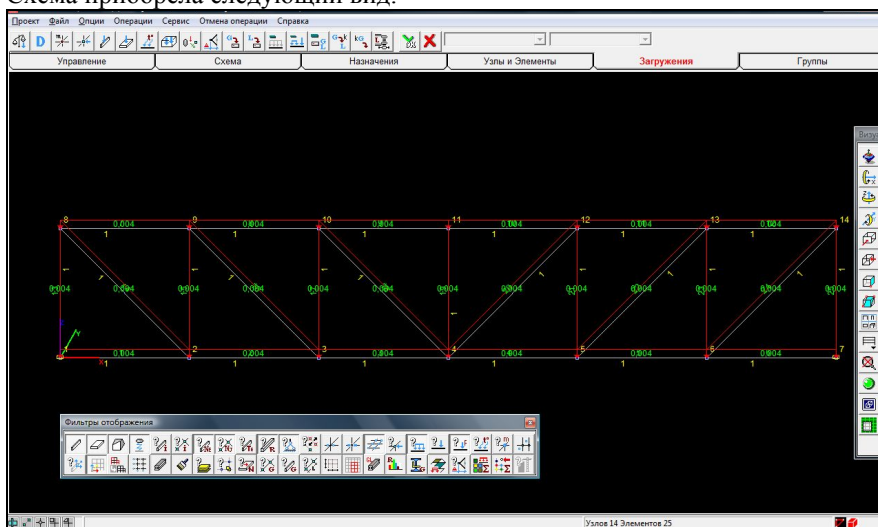
Появится диалоговое окно «Собственный вес».

Задайте коэффициент включения собственного веса = 1,05 и нажмите «ОК».

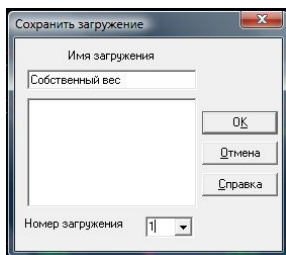
3. Выберите в «Фильтры отображения» кнопки «Распределенные нагрузки» и «Значения нагрузок»



Схема приобрела следующий вид:



4. Нажмите кнопку «Сохранить/добавить загрузку»



Появится диалоговое окно «Сохранить загрузку»

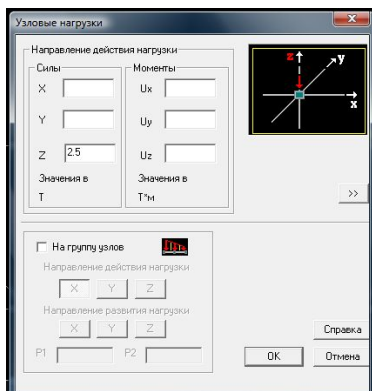
Задайте Имя загрузки – Собственный вес

Номер загрузки поставьте-1, нажмите ОК.

Появится запрос: «Перейти к формированию следующего загрузения?».


Выберите - «Да».

Нажмите кнопку «Узловые нагрузки»



Задайте на ферму вдоль оси Z=2.5т нажмите «ОК».

Выделите узлы №8,9,10,11,12,13,14(стали красного цвета)

Для подтверждения операции нажмите 


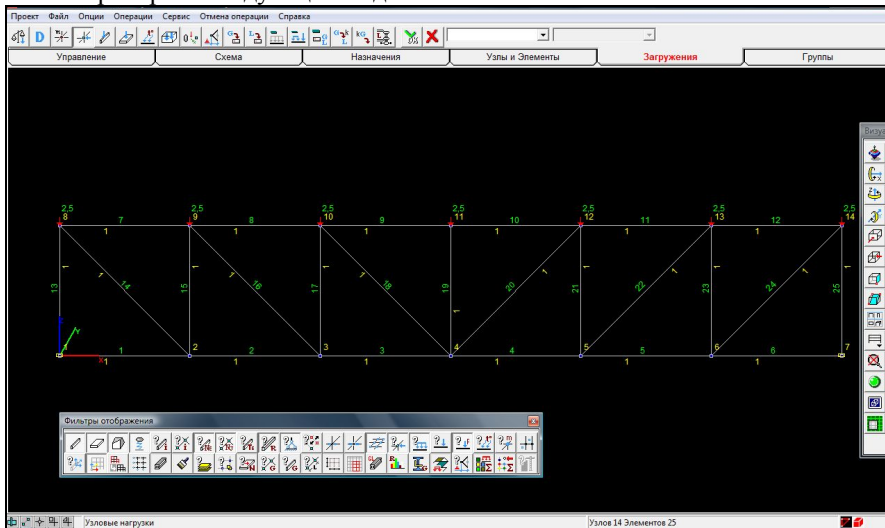
Нажмите на «Фильтрах отображения» кнопку «Узловые нагрузки» 

Схема преобрела следующий вид:



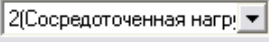
Нажмите кнопку «Сохранить/добавить загрузку» 

Задайте Имя загрузки – Сосредоточенная нагрузка

Номер загрузки поставьте-2, нажмите ОК



Перейти к формированию следующего загрузки? «Нет»



Выберите «Выбор загрузки»



Вначале 1, потом 2

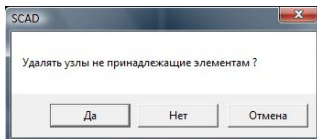
Нагрузки можно объединить, если одинаковый коэффициент надежности по нагрузке и они не могут действовать по раздельности, а в остальном загрузки разделяют!

5. Зайдите на закладку «Узлы и элементы» -> «Узлы»  -> «Объединение совпадающих узлов» 

Выберите в верхнем меню «Элементы»  -> «Объединение совпадающих элементов» 


Зайдите на закладку «Управление» -> «Упаковка данных» 

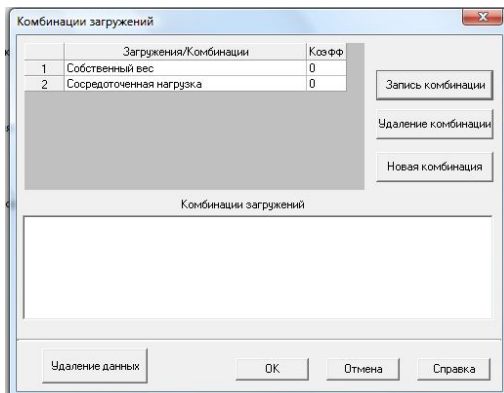
На экране отобразится диалоговое окно



Выберите «Да».

Не забывайте проводить все эти действия каждый раз после создания расчетной схемы.

6. Войдите в управление деревом проекта  -> Специальные исходные данные -> Комбинации нагрузжений.



Задайте коэффициент = 1 для «Сосредоточенная нагрузка» и «Собственный вес».

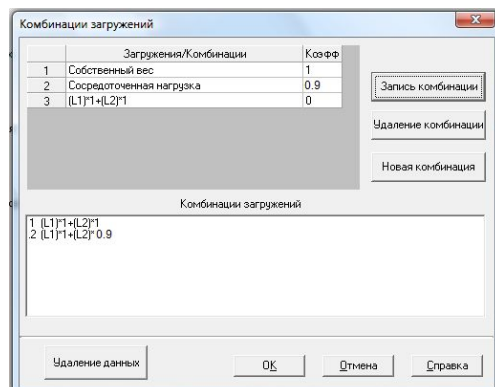
Нажмите «Запись комбинации» -> «Новая комбинация»

Задайте коэффициент = 1 «Собственный вес»

Задайте коэффициент = 0,9 «Сосредоточенная нагрузка»

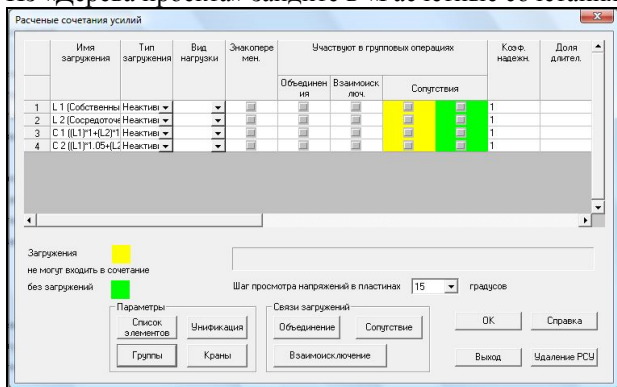
Задайте коэффициент 0 для 1-ой комбинации нагрузок!

Нажмите «Запись комбинации» -> **Нажмите ЛКМ «ОК».**



Коэффициенты в «Комбинации нагрузжений» назначаются согласно параграфу 6 «Сочетание нагрузок» СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*».

Из «Дерева проекта» зайдите в «Расчетные сочетания усилий (новые)».




Здесь Вы можете уточнить Тип Загрузки (Подробно смотри - Приложение 1).

Выберите «Собственный вес» -> измените тип загрузки с «Неактивно загружение» на «Постоянные нагрузки» -> измените вид нагрузки на «Вес металлических конструкций».

Выберите «Сосредоточенную нагрузку» -> измените тип загрузки с «Неактивно загружение» на «Длительные нагрузки» -> измените вид нагрузки на «Вес временных перегородок и т.п.».

Нажмите ЛКМ «ОК»

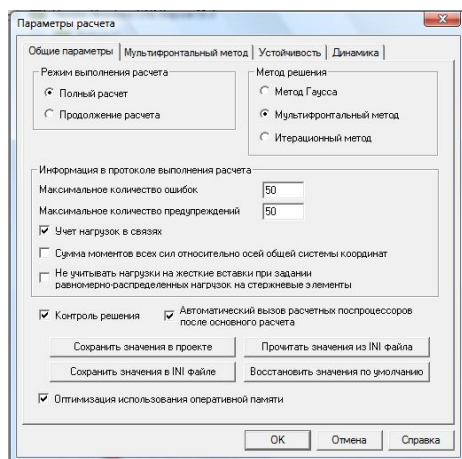
Обратите внимание, что здесь коэффициенты изменяются сами в зависимости от Типа загрузки.

Нажмите Проект -> Сохранить проект либо нажмите на верхней панели инструментов «Сохранить текущий проект» 

Задать расчетные сочетания усилий так же можно и через функцию «Расчетные сочетания усилий».

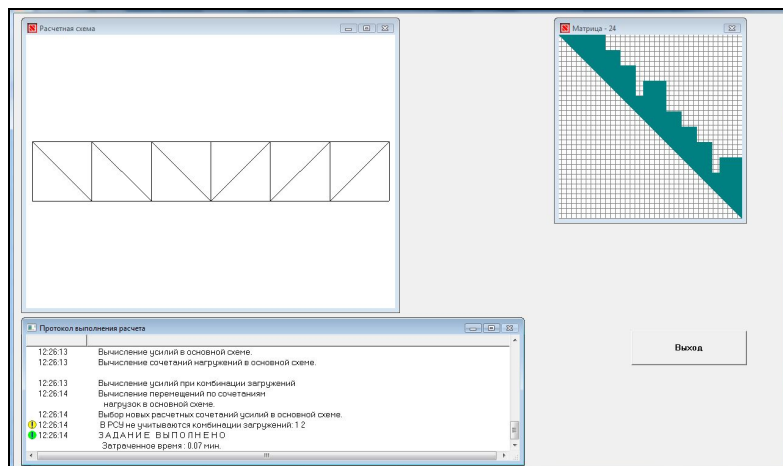
7. Выполнение линейного расчета и анализ результатов

В дереве проекта, в группе функций «Расчет» выбираем «Линейный».



В этом диалоговом окне можно менять некоторые параметры расчёта. Для нашей задачи подойдут параметры по умолчанию. Нажимаем кнопку «ОК»

Возникает информативное окно о прохождении этапов расчета в виде протокола. По окончании расчета будет сообщение «Задание выполнено».



После этого надо нажать кнопку «Выход», что приведет к появлению окна с деревом проекта, в котором становятся доступным раздел «Результаты».

8. Представление полученных результатов в виде эпюр усилий в стержнях фермы. Их сохранение и печать

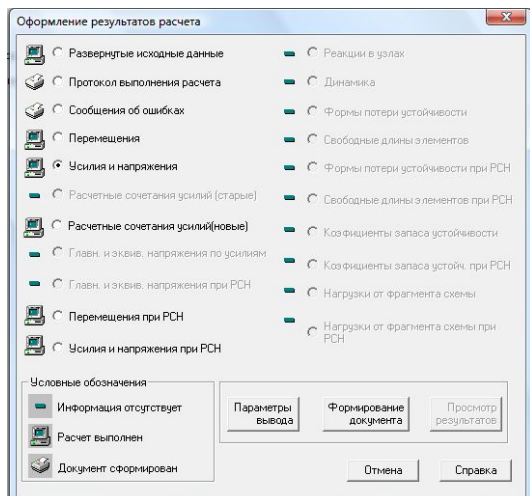
Установим курсор в позицию «Графический анализ» раздела «Результаты» дерева проекта и нажмем ЛКМ. Появится окно для вывода различных результатов.

Аналогично можно получить и эпюру N от второго загрузки фермы. Для этого необходимо во втором окне стрелкой выбрать вариант второго загрузки, в окне будет L2 (сосредоточенная нагрузка), а также C1 и C2(комбинации загрузок).

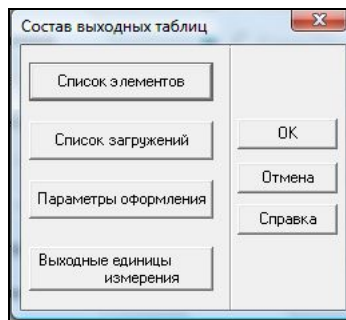
Способы печати полученных эпюр усилий аналогичны описанным в пункте «Печать и сохранение расчетной схемы».

9. Таблица усилий в стержнях фермы.

В разделе «Результаты» дерева проекта есть подраздел «Печать таблиц». Если войти в этот подраздел, то откроется окно «Оформление результатов расчета».



Для печати таблицы продольных усилий в стержнях фермы отметим точкой соответствующее окно «Усилия и напряжения» и нажмем кнопку «Параметры вывода». Откроется дополнительное окно «Состав выходных таблиц».



Последовательно заходим в разделы этого окна и выполняем ряд операций:

- *Список элементов.* Отмечаем: «Все элементы» и ОК;
- *Список загрузок.* Отмечаем «Все загрузки» и ОК;
- *Параметры оформления.* Здесь для уменьшения числа значащих цифр в таблице рекомендуется в графе «Точность печати усилий» поставить цифру 3. Кроме того, выбрать положение таблицы на странице и размер шрифта (см. приведенный вид окна «Параметры вывода»). При завершении работы в окне нажать ОК.
- *Выходные единицы измерения.* В начале расчета были заданы входные единицы измерения сил. При печати результатов рекомендуется убедиться в том, что и полученные усилия в стержнях получатся в этих же единицах. При необходимости можно изменить размерность. Завершается работа с окном «Состав выходных таблиц» нажатием кнопки «ОК».

После этого последовательно нажимаем кнопки «Формирование документа» и «Просмотр результатов». Появляется окно с таблицей продольных усилий N.

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1 - "Собственный вес"	-0.0715	-0.0715	-0.0715	0.011	0.011	0.011	0.0605	0.0605	0.0605	0.0605	0.0605	0.011
2 - "Сосредоточенная нагрузка"	0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037	-0.0037
5	-5.416	-5.416	-5.416	0.833	0.833	0.833	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	0.833

Эта таблица может быть распечатана сразу, или скопирована в отчет (в документ с расширением doc). Возможно получение этой таблицы в любое другое время, так как результаты расчета в программе SCAD сохраняются в папке рабочих файлов SWORK.