

Пример 5. Расчет металлической башни

Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы металлической башни;
- показать технику задания ветрового пульсационного воздействия;
- продемонстрировать процедуру расчета нагрузки на фрагмент.

Исходные данные:

Схема башни показана на рис.5.1.

Металлическая башня высотой 16 м.

Сечения элементов башни:

- стойки – труба бесшовная горячекатаная, профиль 45х3.5;
- раскосы – труба бесшовная горячекатаная, профиль 25х3.5;

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес; постоянная равномерно распределенная $p = 0.25$ т/м, приложенная на верхние стержни;
- загрузка 2 – гололед;
- загрузка 3 – ветровая статическая нагрузка;
- загрузка 4 – ветровая нагрузка с учетом пульсации.

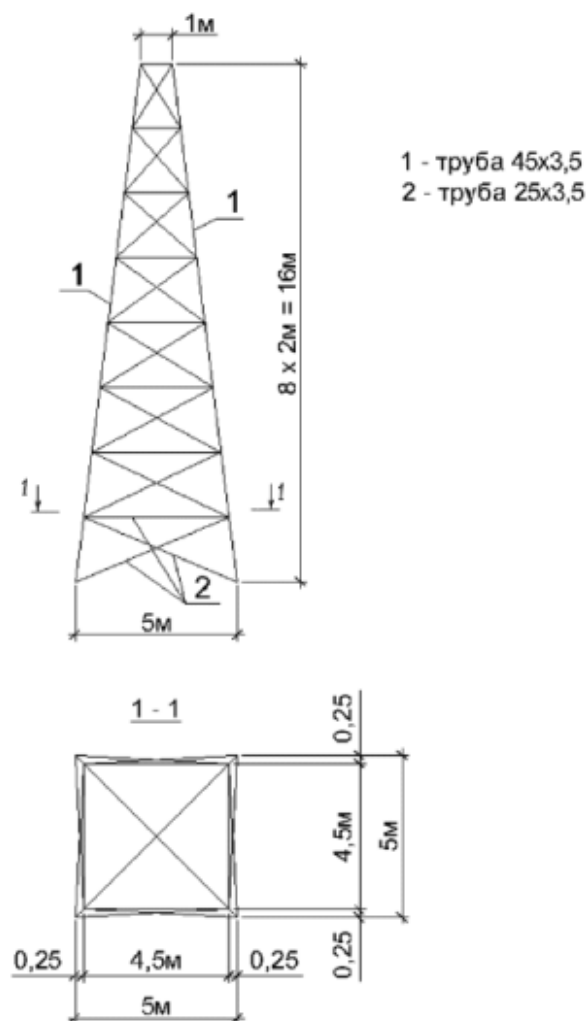




Рис.5.1. Схема башни



Создание новой задачи

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ **Программы** ⇒ **Lira Soft** ⇒ **ЛИРА 9.4** ⇒ **ЛИРА 9.4**.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис 5.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример5** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **4 – Три степени свободы в узле (три перемещения)**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

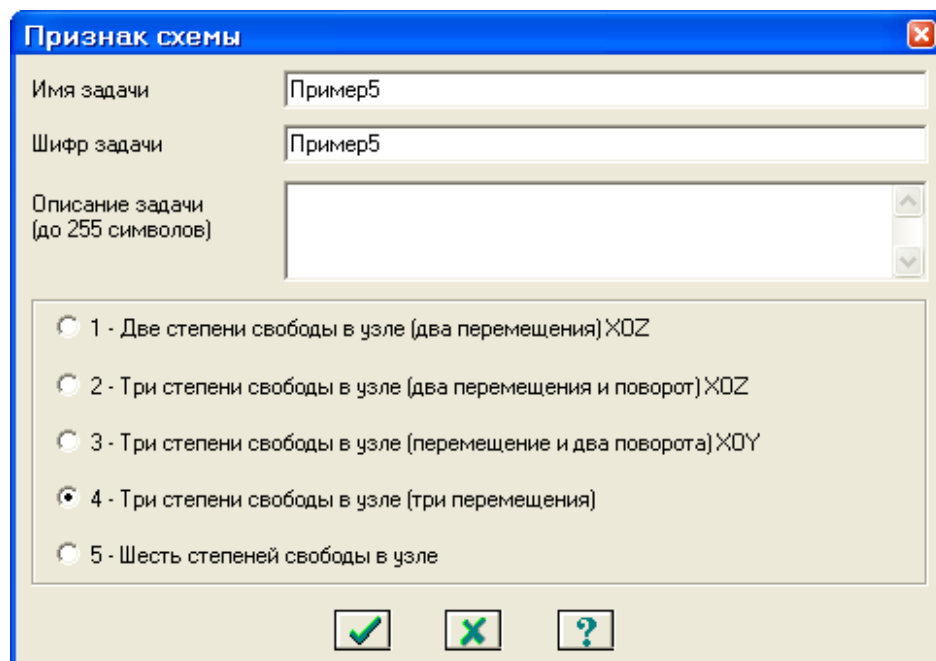



Рис.5.2. Диалоговое окно **Признак схемы**





Создание геометрической схемы


Этап 2. Создание геометрической схемы

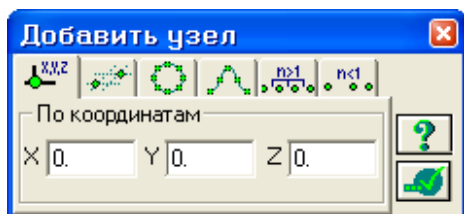
Добавление узлов

- Вызовите диалоговое окно **Добавить узел** (рис.5.3) с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить узел** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте координаты базового узла:



■	X	Y	Z
	0	0	0.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем введите координаты нижнего левого узла башни:

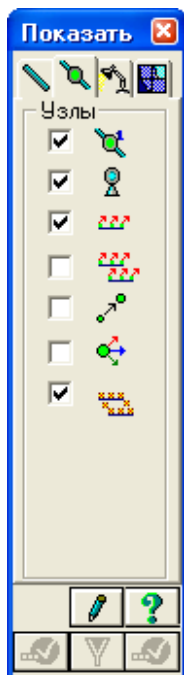
■	X	Y	Z
	-2.5	-2.5	0.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем введите координаты верхнего левого узла башни:

■	X	Y	Z
	-0.5	-0.5	16.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.5.3. Диалоговое окно **Добавить узел**

Вывод на экран номеров узлов





- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** (рис.5.4) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

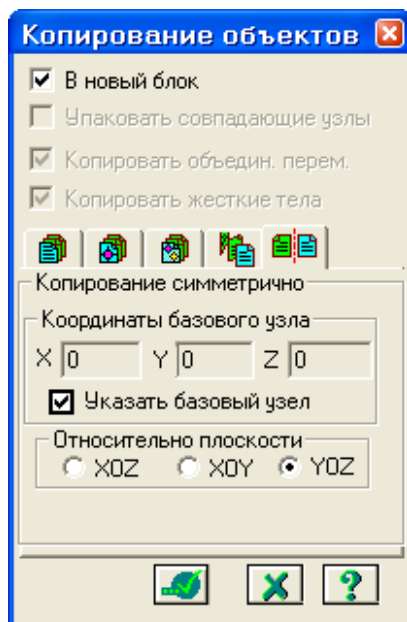
Рис.5.4. Диалоговое окно **Показать**

Добавление стержневых элементов


- В диалоговом окне **Добавить узел** перейдите на закладку **Разделить на N равных частей**.
- В поле ввода введите значение **N = 8**.
- При установленных флажках **Указать узлы курсором** и **Соединить узлы стержнями** укажите последовательно курсором узлы № 2 и 3 (при этом между ними протягивается резиновая нить).

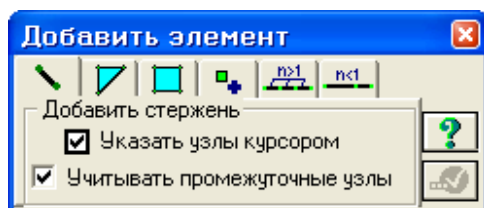
Копирование элементов схемы

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все узлы и элементы схемы, кроме базового узла (№1).
- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** из меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Копировать выбранные объекты** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на последнюю закладку **Копирование симметрично** (рис.5.5).
- Для указания плоскости, относительно которой будет произведено копирование, включите радио-кнопку **YOZ**.
- При установленном флажке **Указать базовый узел**, укажите курсором на схеме узел № 1 (узел окрасился в малиновый цвет).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.5.5. Диалоговое окно **Копирование объектов**

Добавление стержневых элементов решетки башни

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).

Рис.5.6. Диалоговое окно **Добавить элемент**

- Для добавления стержневых элементов между узлами № 2 и 13; 4 и 11; 4 и 13; 4 и 14; 5 и 13; 5 и 14; и аналогично до вершины башни, укажите последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).

На рис.5.7 представлена полученная схема.

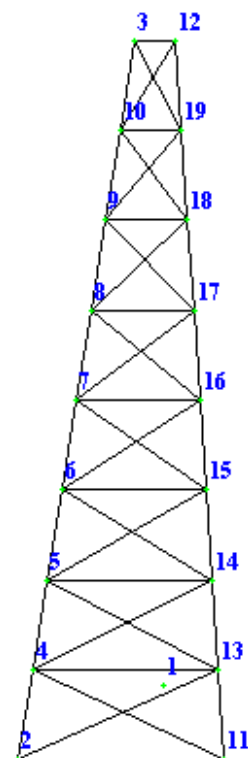



Рис.5.7. Схема части башни





Задание граничных условий

Этап 3. Задание граничных условий

Выделение узлов опирания

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 2 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет).

Задание граничных условий в узлах опирания

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.5.8).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X, Y, Z**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

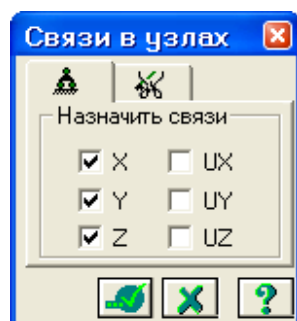



Рис.5.8. Диалоговое окно Связи в узлах



Задание жесткостных параметров

Этап 4. Задание жесткостных параметров

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов**.
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по второй закладке **База металлических сечений** (рис.5.9).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Труба**.

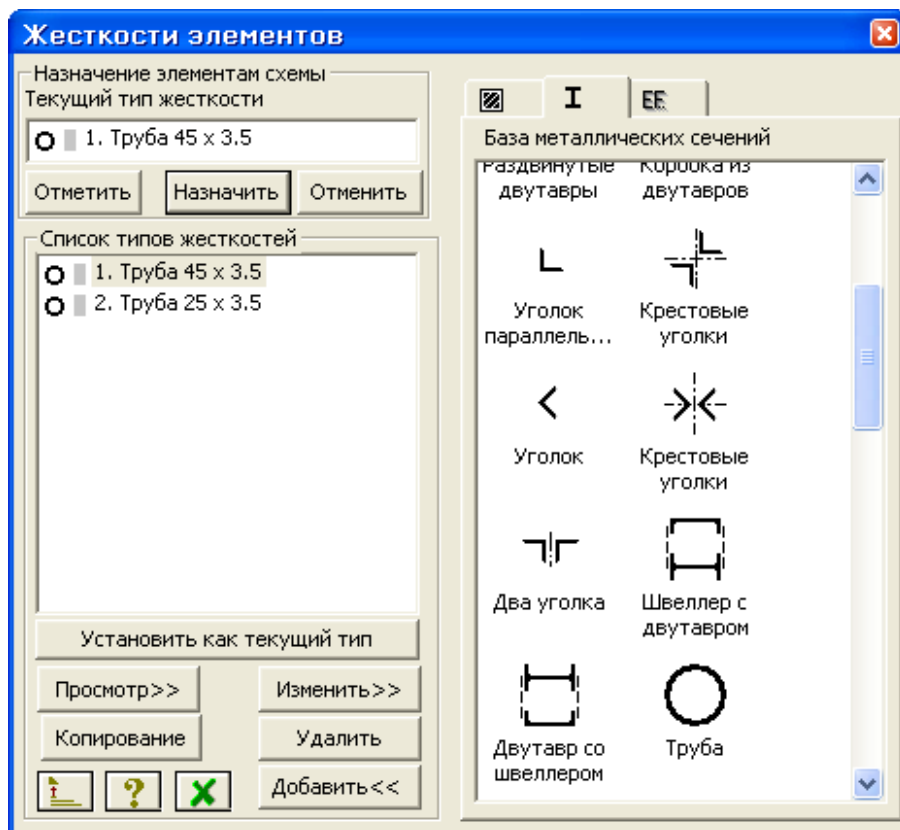
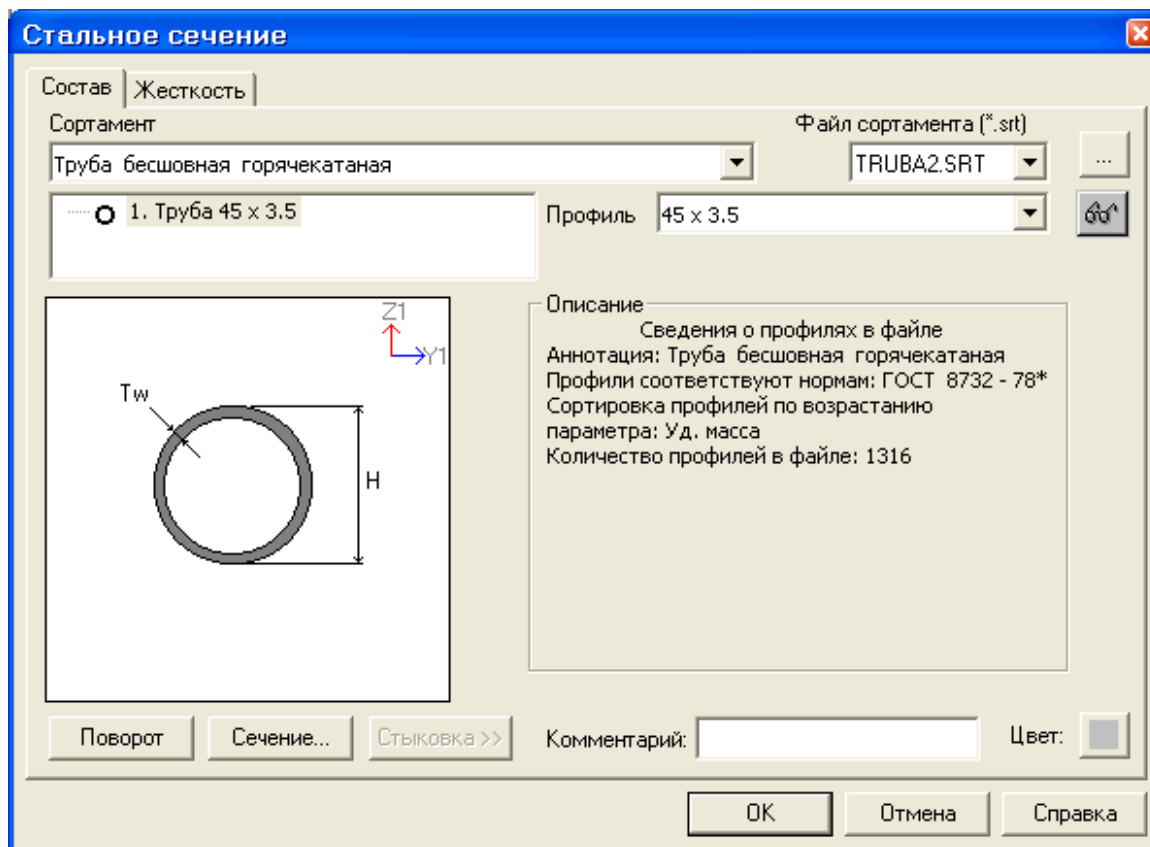


Рис.5.9. Диалоговое окно **Жесткости элементов**

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.5.10) задайте параметры сечения **Труба** (для стоек):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатаная**;
 - в списке – **Профиль** – **45 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Труба**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Труба** (для раскосов):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатаная**;
 - в списке – **Профиль** – **25 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Рис.5.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

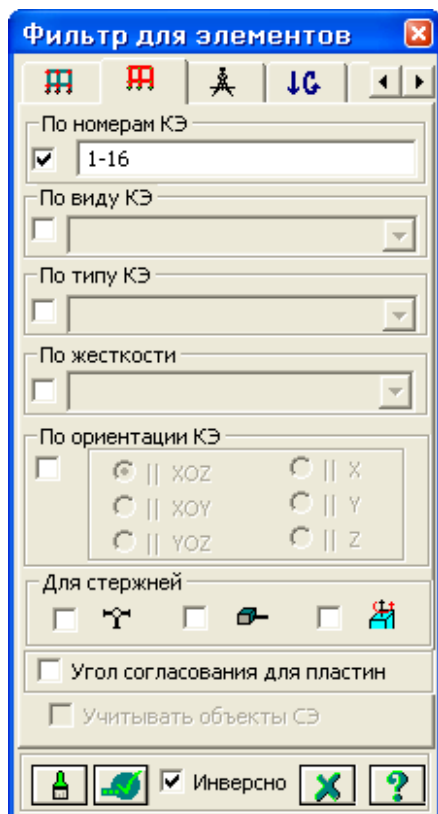
- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Добавить**.


Вывод на экран номеров элементов

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.
- Щелкните по кнопке – **Перерисовать**.

Назначение жесткостей

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Труба 45 x 3.5**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).
- С помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** (кнопка на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**, для того чтобы выделить элементы стоек башни.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По номерам КЭ** и в соответствующем поле введите номера элементов **1 – 16** (рис.5.11).
- После этого щелкните по кнопке – **Применить**.

Рис.5.11. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**




- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- В этом же окне в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Труба 25 x 3.5**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Для выделения элементов раскосов башни, в диалоговом окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **17 – 40**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.



Корректировка схемы

Этап 5. Корректировка схемы

Копирование существующего фрагмента схемы

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все узлы и элементы схемы.
- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** из меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Копировать выбранные объекты** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на четвертую закладку **Копирование поворотом** (рис.5.12) и задайте параметры копирования:
 - для того чтобы указать ось, вокруг которой будет произведено копирование, включите радио-кнопку **Z**;
 - введите значение угла поворота **Fi = 90** градусов;
 - задайте количество копий **N = 3**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

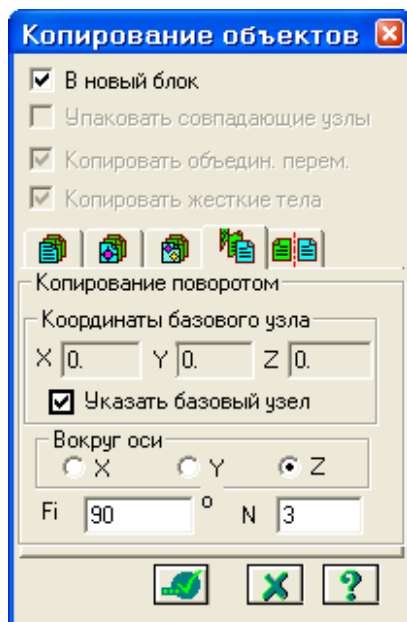




Рис.5.12. Диалоговое окно Копирование объектов

Упаковка схемы

- С помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.5.13).
- В этом окне щелкните по кнопке  – **Подтвердить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

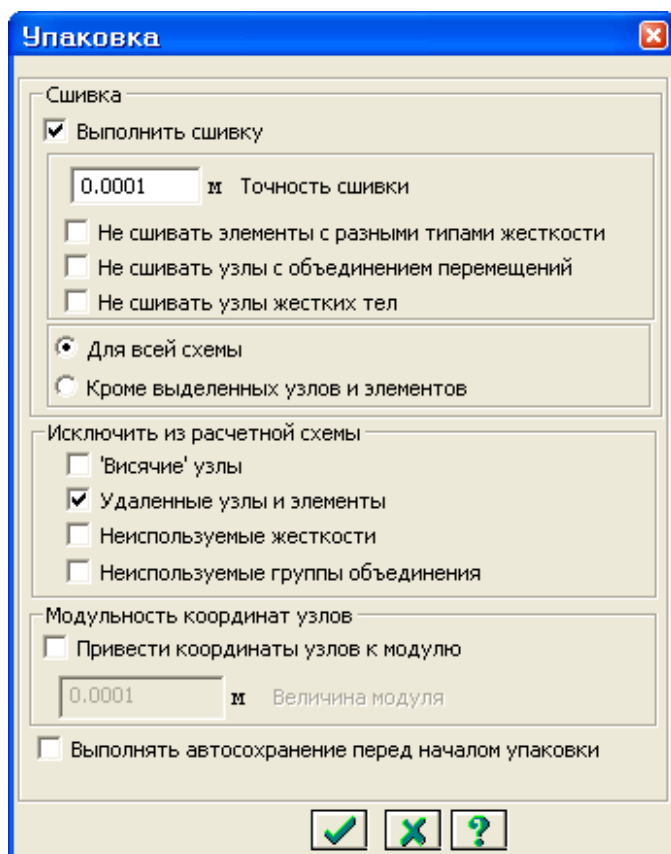





Рис.5.13. Диалоговое окно Упаковка

Отключение отображения номеров элементов на расчетной схеме

- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** снимите флажок **Номера элементов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Добавление стержневых элементов решетки башни

- С помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** и для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **Произвольная** (рис.5.14).
- Укажите курсором на схеме три узла, определяющие диагональ башни (узлы № 1, 2 и 11).
- После этого в диалоговом окне **Сечения и отсечения** щелкните по кнопке  – **Применить**.

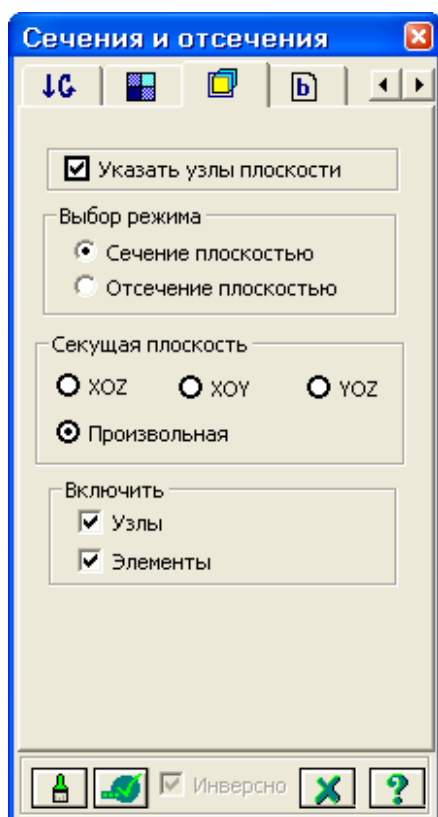




Рис.5.14. Диалоговое окно **Сечения и отсечения**

- Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы выполните фрагментацию с помощью меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
 - Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
 - Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
 - Для добавления стержневых элементов между узлами № 2 и 29; 32 и 17; 3 и 19 и аналогично до вершины башни, укажите последовательно курсором на эти пары узлов.
- На рис.5.15 представлена полученная расчетная схема части башни в проекции на плоскость XOZ.

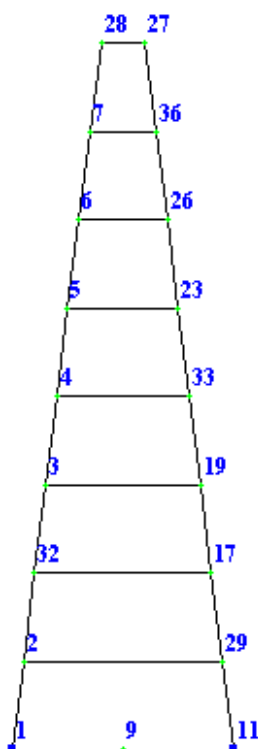







Рис.5.15. Схема части башни в проекции на плоскость XOZ

- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню **Вид ⇒ Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).
- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде после операции фрагментации, выполните пункт меню **Вид ⇒ Восстановление конструкции**.
- В диалоговом окне **Сечения и отсечения** установите флажок **Указать узлы плоскости**.
- Укажите курсором на схеме три узла, определяющие другую диагональ башни (узлы № 10, 12 и 15).
- После этого в диалоговом окне **Сечения и отсечения** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Фрагментация**.
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- Затем в диалоговом окне **Добавить элемент** установите флажок **Указать узлы курсором** и укажите последовательно курсором на следующие пары узлов: № 15 и 30, 16 и 31 и аналогично до вершины башни.
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Вид ⇒ Восстановление конструкции**.
- В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

На рис.5.16 представлена полученная расчетная схема башни.

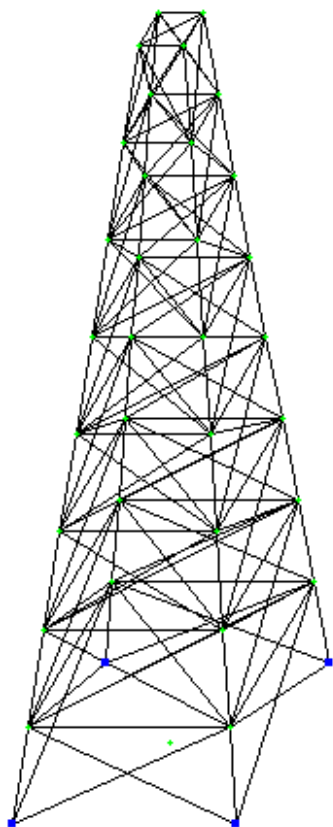



Рис.5.16. Расчетная схема башни



Так как в диалоговом окне **Жесткости элементов** текущим установлен тип жесткости **2. Труба 25 x 3.5**, то всем стержневым элементам, которые добавляются в расчетную схему, назначается данный тип жесткости.

Сохранение информации о расчетной схеме


- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл ⇒ Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример5**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LData**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.



Задание нагрузок

Этап 6. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- С помощью меню **Нагрузки ⇒ Добавить собственный вес** вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.5.17).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы**, в поле **Козф. надежности по нагрузке** задайте коэффициент равен **1.05** (так как в системе **ЛИР-РС** (Редактируемый сортамент) погонный вес элементов задан нормативным, то его нужно преобразовать в расчетный).
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).

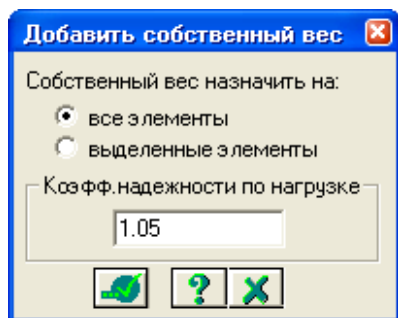




Рис.5.17. Диалоговое окно Добавить собственный вес

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите только горизонтальные элементы верхней площадки башни.
- После этого вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.5.18) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на третью закладку **Нагрузки на стержни** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).

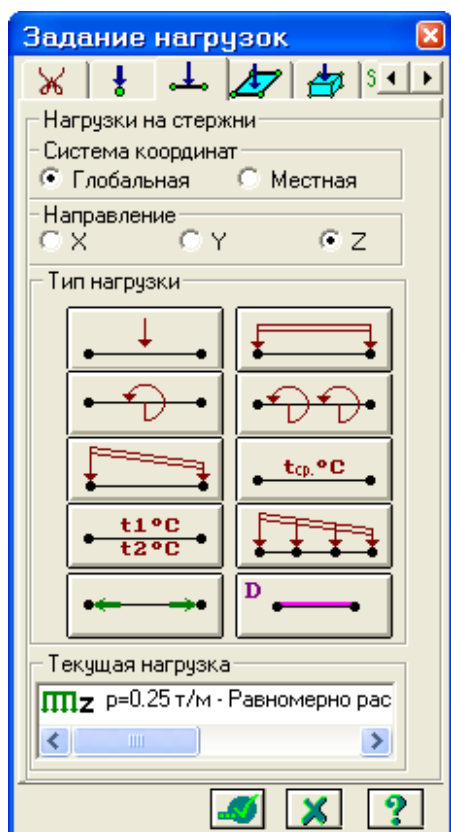


Рис.5.18. Диалоговое окно Задание нагрузок


- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.25$ т/м (рис.5.19).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.



Рис.5.19. Диалоговое окно Параметры

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке – **Применить**.

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузеие** (рис.5.20) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки 2.
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

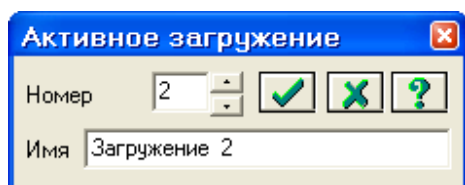


Рис.5.20. Диалоговое окно Активное загрузеие

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все элементы башни.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** при текущей нагрузке $p = 0.25 \text{ т/м}$ по направлению глобальной оси Z щелкните по кнопке – **Применить**.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузеие** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки 3.
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.



Ввиду того, что в каждом уровне башни имеется жесткий диск, статическое давление ветра можно задать, как сумму скоростного напора ветра и отсоса.

- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость XOZ** (кнопка на панели инструментов).
- С помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** (кнопка на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По жесткости** и в раскрывающемся списке выберите строку **1. Труба 45 x 3.5**.
- Выделите проекцию пяти нижних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна, как показано на рис.5.21.



Ветровая равномерно-распределенная нагрузка прикладывается на высоте до 10 м.

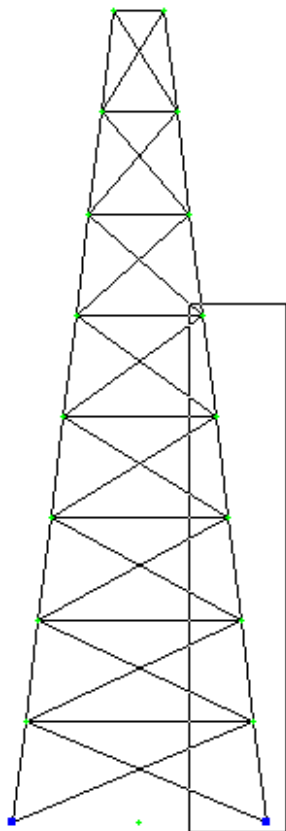


Рис.5.21. Выделение элементов растягиванием "резинового окна"

- В диалоговом окне **Задание нагрузок** для изменения направления нагрузки включите радио-кнопку **X**.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.1$ т/м.
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке – **Применить**.
- Выделите проекцию трех верхних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной нагрузки на группу стержней вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (рис.5.22).
- В этом окне задайте значение нагрузки в начале и в конце ее приложения: $p_1 = 0.1$ т/м, $p_2 = 0.12$ т/м.
- Для указания направления изменения величины нагрузки включите радио-кнопку **Вдоль оси Z**.
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

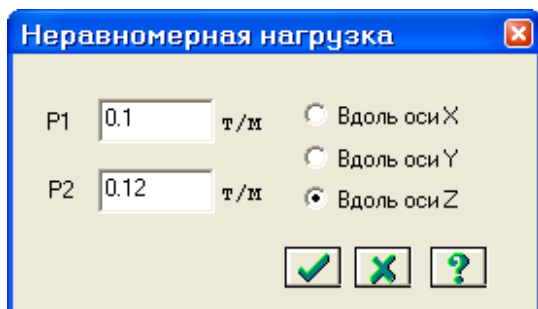


Рис.5.22. Диалоговое окно **Неравномерная нагрузка**

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке – **Применить**.



Формирование динамических нагрузений из статических

Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра

Этап 7. Формирование динамических нагрузений из статических



- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических нагрузений из статических** (рис.5.23) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Учет статических нагрузений**.
- Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **нагрузки** (код 1), задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – 4;
 - № соответствующего статического нагружения – 1;
 - Коэф. преобразования – 1.
- Щелкните по кнопке **Добавить**.
- Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – 4;
 - № соответствующего статического нагружения – 2;
 - Коэф. преобразования – 1.
- Щелкните по кнопкам **Добавить** и  – **Подтвердить**.

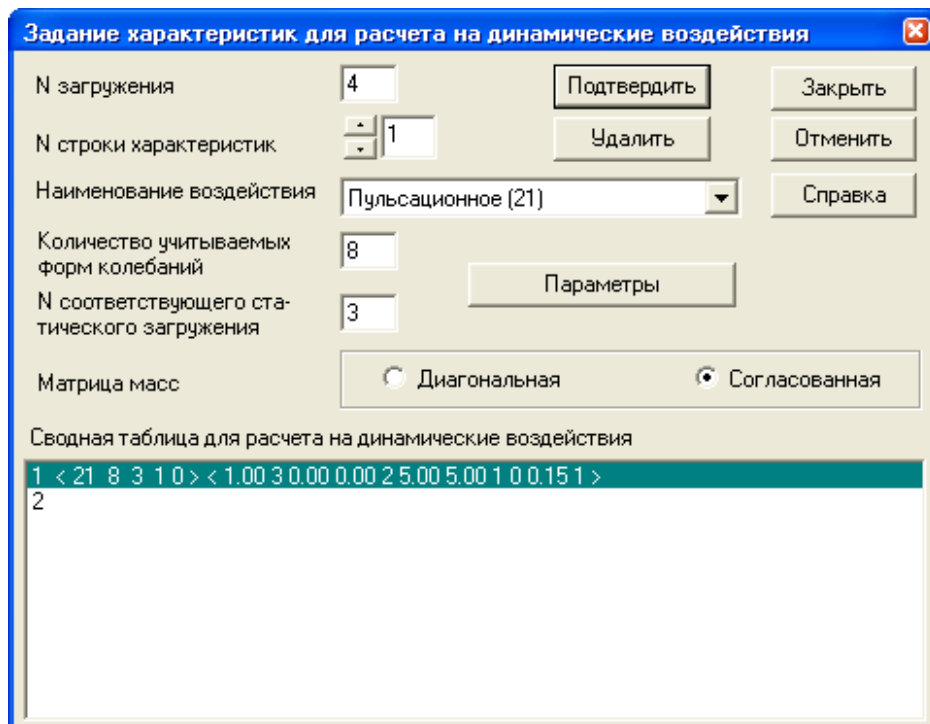
Рис.5.23. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузений из статических**



Формирование таблицы параметров динамических воздействий

Этап 8. Формирование таблицы параметров динамических воздействий

- Вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.5.24) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Таблица динамических загрузжений** (кнопка  на панели инструментов)
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **Согласованная** (для матрицы масс), задайте следующие параметры:
 - № загрузки – 4;
 - Наименование воздействия – **Пульсационное (21)**;
 - Количество учитываемых форм колебаний – 8;
 - № соответствующего статического загрузжения – 3.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.



Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N загрузки: 4

N строки характеристик: 1

Наименование воздействия: Пульсационное (21)

Количество учитываемых форм колебаний: 8


N соответствующего статического загрузжения: 3

Матрица масс: ☐ Диагональная ☒ Согласованная

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

1	< 21 8 3 1 0 >	< 1.00 3 0.00 0.00 2 5.00 5.00 1 0 0.15 1 >
2		

Рис.5.24. Диалоговое окно Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

- В диалоговом окне **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации** (рис.5.25) задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке **Ветровой район строительства** выберите строку **Район 2**;
 - Длина здания вдоль оси X – 5 м;
 - Длина здания вдоль оси Y – 5 м;
 - Логарифмический декремент колебаний – **0.15 (стальные конструкции)**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации

Поправочный коэффициент: 1.00

Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликацией расчетной схемы: 0.00 м

Ветровой район строительства (табл. 5 СНиП 2.01.07 - 85): Район 2

Длина здания вдоль оси X: 5 м

Длина здания вдоль оси Y: 5 м

Тип местности (в соотв. со СНиП 2.01.07 - 85): Тип А

Тип здания: TZ = 0

Логарифмический декремент колебаний: 0.15 (стальные конструкции)

Признак ориентации обдуваемой поверхности сооружения в расчетной схеме: 1 (Ветер вдоль оси X)

✓ ✗ ?



Рис.5.25. Диалоговое окно Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации

- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке **Заккрыть**.



Генерация таблицы РСУ

Этап 9. Генерация таблицы РСУ

- С помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **PCY** ⇒ **Генерация таблицы PCY** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.5.26).
- В этом окне при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85** задайте следующие данные:
 - для Загружения 1 выберите в списке Вид загрузки – **Постоянное (0)**, в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.05** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на **2**);
 - для Загружения 2 выберите в списке Вид загрузки – **Кратковременное (2)**, в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.3** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на **3**);
 - для Загружения 3 выберите в списке Вид загрузки – **Стат.ветер для пульсации (9)** и щелкните по кнопке **По умолчанию** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на **4**);
 - для Загружения 4 выберите в списке Вид загрузки – **Мгновенное (7)**, установите флажок **Учитывать знакопеременность** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы:

Номер загрузки: По умолчанию

Название загрузки:

Вид загрузки:

N группы объединяемых временных нагрузений:

Учитывать знакопеременность: ☒

N группы взаимоисключающих нагрузений:

NN сопутствующих нагрузений:

Коэффициент надежности:

Доля длительности:

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов коэф. РСУ
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.90	0.50
3	0.00	0.00	0.00
4 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 0 1.05 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 2 0 0 0 0 0 0 1.30 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
3	< 9 0 0 0 0 0 0 0.00 0.00 >	< 0.00 > < 0.00 > < 0.00 >
4	< 7 0 1 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Рис.5.26. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий



Статический расчет башни



Этап 10. Статический расчет башни

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).





Просмотр и анализ результатов расчета




Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов. Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).


Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** перейдите на третью закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.







Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Для вывода на экран эпюры продольных сил **N**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры продольных сил (N)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Чтобы вывести мозаику усилия **N**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика N** (кнопка  на панели инструментов).




Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер нагружения на **2** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Вывод форм колебаний конструкции

- На панели инструментов **Загружения** смените номер нагружения на **4** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для отображения схемы с учетом перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).
- Для отключения отображения мозаики усилия **N**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика N** (кнопка  на панели инструментов).
- Выведите первую форму колебаний с помощью меню **Схема** ⇒ **Форма колебаний** (кнопка  на панели инструментов).
- Для вывода второй формы колебаний четвертого нагружения на панели инструментов **Загружения**  смените номер формы колебаний на **2** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Просмотр анимации второй формы колебаний

- С помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Пространственная модель (3D-графика)** перейдите в режим пространственной модели.
- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого нагружения выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** ⇒ **Показать анимацию колебаний** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Колебания** (рис.5.27) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.
- Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

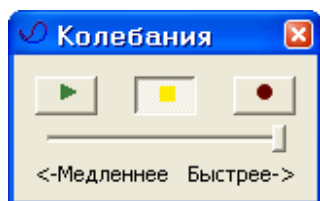




Рис.5.27. Диалоговое окно **Колебания**

- Для возврата в режим визуализации результатов расчета, закройте окно пространственной модели или выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Конечноэлементная модель**.

Вывод на экран номеров элементов

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка элементов** (кнопка  на панели инструментов) с помощью курсора выделите опорный элемент башни №1.
- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в выделенном элементе схемы, выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.5.28) выделите строку **Расчетные сочетания**

усилий.

➤ Для создания таблицы в формате HTML, включите радио-кнопку **HTML**.

➤ Щелкните по кнопке  – **Применить**.

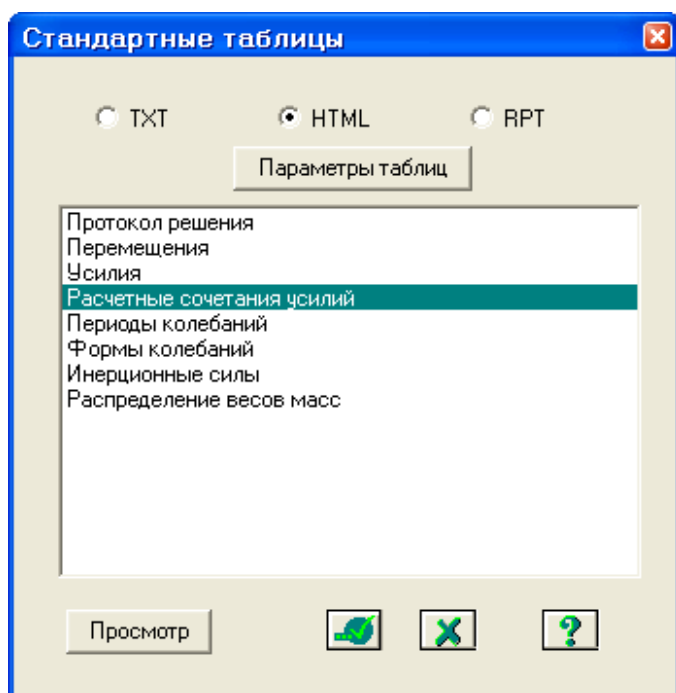


Рис.5.28. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

➤ В окне Microsoft Internet Explorer открывается таблица 5.1.

Таблица 5.1. РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ

ЭЛМ	НС	КРТ	СТ	КС		Н	МК	МУ	QZ	MZ	QY	ЗАГРУЖЕНИЯ
1	1	1	1		A	4.4765	0	0	.00066	0	0	1, 4,
		2	2		A	-28.681	0	0	.04043	0	0	1, 2, 4,
		13	1		A	-26.673	0	0	.04485	0	0	1, 2,
		1	1		B	4.4765	0	0	.00066	0	0	1, 4,
		2	2		B	-28.681	0	0	.04043	0	0	1, 2, 4,
		13	1		B	-26.673	0	0	.04485	0	0	1, 2,
1	2	1	1		A	4.4840	0	0	-.00066	0	0	1, 4,
		2	2		A	-28.224	0	0	-.04043	0	0	1, 2, 4,
		14	1		A	-26.166	0	0	-.04485	0	0	1, 2,
		1	1		B	4.4840	0	0	-.00066	0	0	1, 4,
		2	2		B	-28.224	0	0	-.04043	0	0	1, 2, 4,
		14	1		B	-26.166	0	0	-.04485	0	0	1, 2,



В приведенной таблице приняты следующие обозначения:

1 колонка – **ЭЛМ** – номер элемента на расчетной схеме;

2 колонка – **НС** – номер сечения стержневого элемента;



3 колонка – **КРТ** – критерий выбора расчетного сочетания усилий;

4 колонка – **СТ** – номер столбца коэффициентов расчетных сочетаний усилий в таблице РСУ;

5 колонка – **КС** – отметка о крановых и сейсмических воздействиях в случае, если эти воздействия участвуют в РСУ;

6 колонка – индексы **A** и **B** обозначают группы РСУ, различаемые по длительности действия нагрузок,

входящих в сочетание. Индексом **A** обозначаются РСУ, которые состоят из загрузений продолжительной длительности. Индексом **B** обозначаются РСУ, которые состоят из всех загрузений.


- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные таблицы** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- Для переключения в режим результатов статического расчета, выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Форма перемещений** (кнопка  на панели инструментов)



Расчет нагрузки на фрагмент

Этап 12. Расчет нагрузки на фрагмент

Вывод на экран номеров узлов



- В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Расчет нагрузки на фрагмент



Информацией для расчета нагрузок на фрагмент являются:

- номера узлов, в которых должна быть вычислена нагрузка;
- номера элементов, которые передают нагрузку на эти узлы;
- углы поворота узлов вокруг оси Z глобальной системы координат.

- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов) с помощью курсора выделите узлы №1 и 10.
- Для выделения элементов, которые передают нагрузку на выделенные узлы, выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметить элементы, примыкающие к отмеченным узлам**.
- Выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Нагрузка на фрагмент** ⇒ **Рассчитать** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Расчет нагрузок на фрагмент** (рис.5.29) задайте следующие параметры:
 - В поле ввода **Список элементов** щелкните по кнопке **Обновить**, для того чтобы внести номера выделенных элементов в соответствующее поле ввода;
 - Для создания новой группы узлов примыкания фрагмента щелкните по кнопке **Создать**;
 - В поле ввода **Список узлов** щелкните по кнопке **Обновить**, для того чтобы внести номера выделенных узлов в соответствующее поле ввода.
- После этого щелкните по кнопке **Рассчитать нагрузку на фрагмент**.

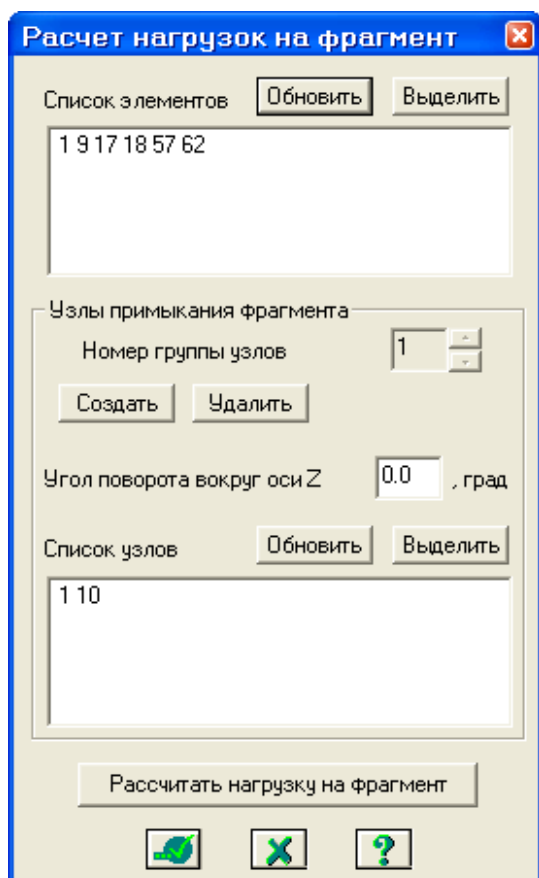


Рис.5.29. Диалоговое окно Расчет нагрузок на фрагмент

- В появившемся диалоговом окне **Параметры расчетного процессора** (рис.5.30) щелкните по кнопке **Подтвердить**.

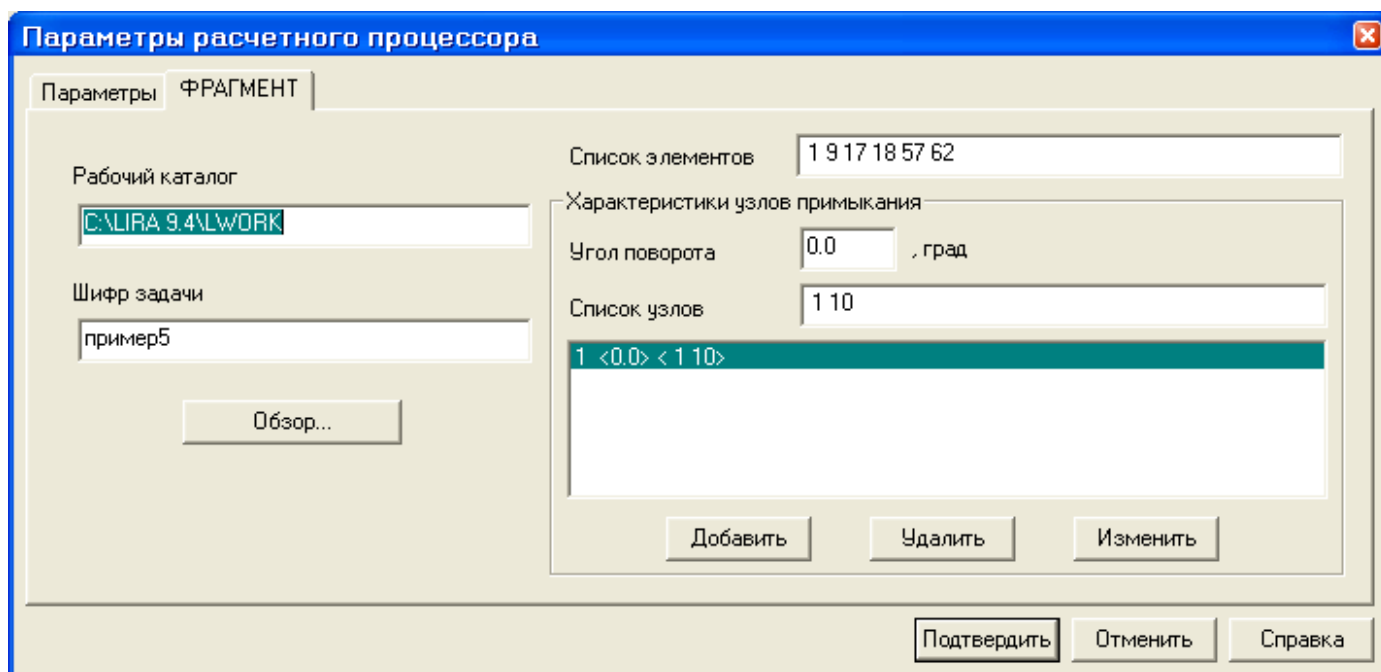




Рис.5.30. Диалоговое окно Параметры расчетного процессора

[Формирование и просмотр таблицы результатов расчета нагрузки на фрагмент](#)






- Для вывода на экран таблицы со значениями нагрузок на фрагмент в узлах, выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Нагрузка на фрагмент**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

- Закройте диалоговое окно **Стандартные таблицы** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Корректировка флагов рисования

- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Узлы** снимите флажок **Номера узлов**.
- Далее перейдите на первую закладку **Элементы** и снимите флажок **Номера элементов**.
- После этого перейдите на третью закладку **Общие** и установите флажок **Величины нагрузок**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Вывод на экран значений нагрузки на фрагмент в узлах расчетной схемы

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер загрузки на **1** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выведите на экран значения сил на узлы фрагмента по направлению Z с помощью меню **Усилия** ⇒ **Нагрузка на фрагмент** ⇒ **Сила по Z** (кнопки ), а затем  на панели инструментов).
- Для вывода значений сил на узлы фрагмента по направлению X, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Нагрузка на фрагмент** ⇒ **Сила по X** (кнопка  на панели инструментов).

