

## Пример 9. Расчет конструкции на грунтовом основании с применением новой системы ГРУНТ

### Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы каркаса с использованием абсолютно жестких тел, моделирующих жесткие соединения элементов колонн и плит;
- показать технологию моделирования многослойного основания и определения коэффициентов постели С1 и С2 по данным геологических изысканий;
- показать технологию задания нагрузок, включая дополнительные нагрузки от соседних зданий, при определении коэффициентов постели.

### Исходные данные:

Железобетонная плита перекрытия с размерами в осях колонн 4 х 6 м, толщиной 150 мм.

Железобетонная фундаментная плита с размерами в осях колонн 4 х 6 м, толщиной 500 мм.

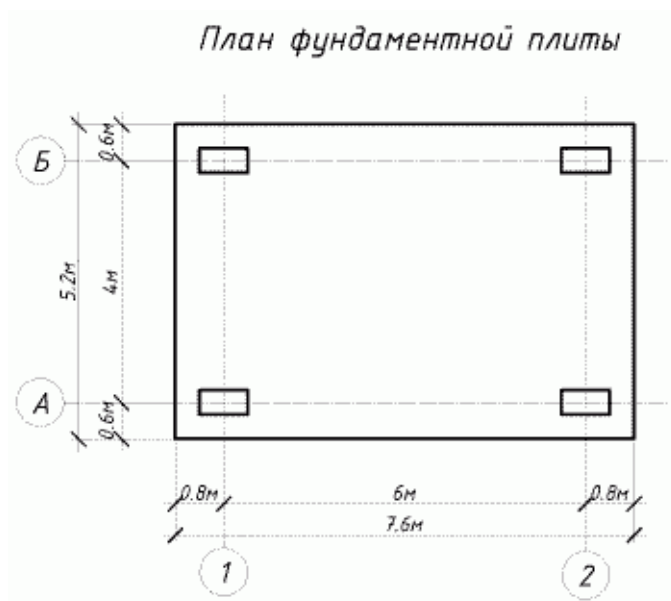
Железобетонные колонны прямоугольного сечения с размерами 400 х 800 мм.

Высота каркаса – 3 м.

Расчет производится для сетки плиты перекрытия с размерами конечных элементов 0.2 х 0.2 м и сетки фундаментной плиты с размерами КЭ 0.4 х 0.4 м и 0.4 х 0.2 м (рис.9.1).

### Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес каркаса;
- загрузка 2 – постоянная равномерно-распределенная нагрузка  $g_1 = 0.5 \text{ т/м}^2$ , приложенная на плиту перекрытия;  
постоянная равномерно-распределенная нагрузка  $g_2 = 1 \text{ т/м}^2$  и постоянная сосредоточенная вертикальная нагрузка  $P = 100 \text{ т}$ , приложенные на фундаментную плиту (рис.9.2, загрузка 2).
- загрузка 3 – сосредоточенная горизонтальная нагрузка  $F = 2 \text{ т}$ , приложенная на плиту перекрытия (рис.9.2, загрузка 3).



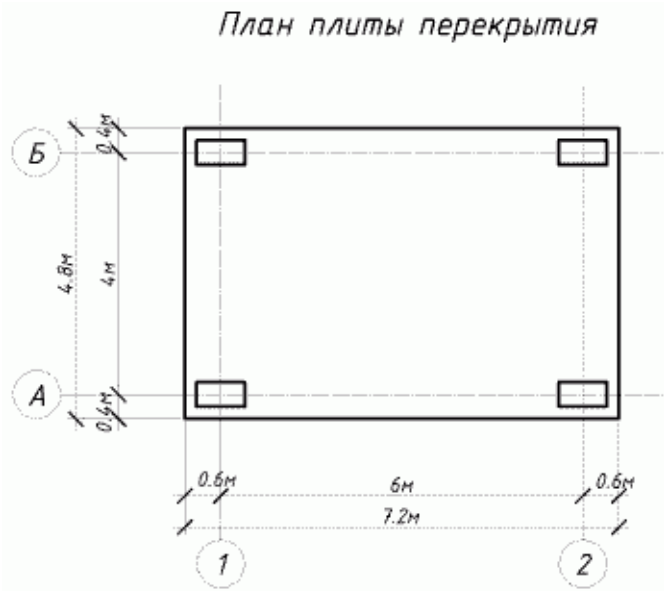


Рис.9.1. Схема пространственного каркаса

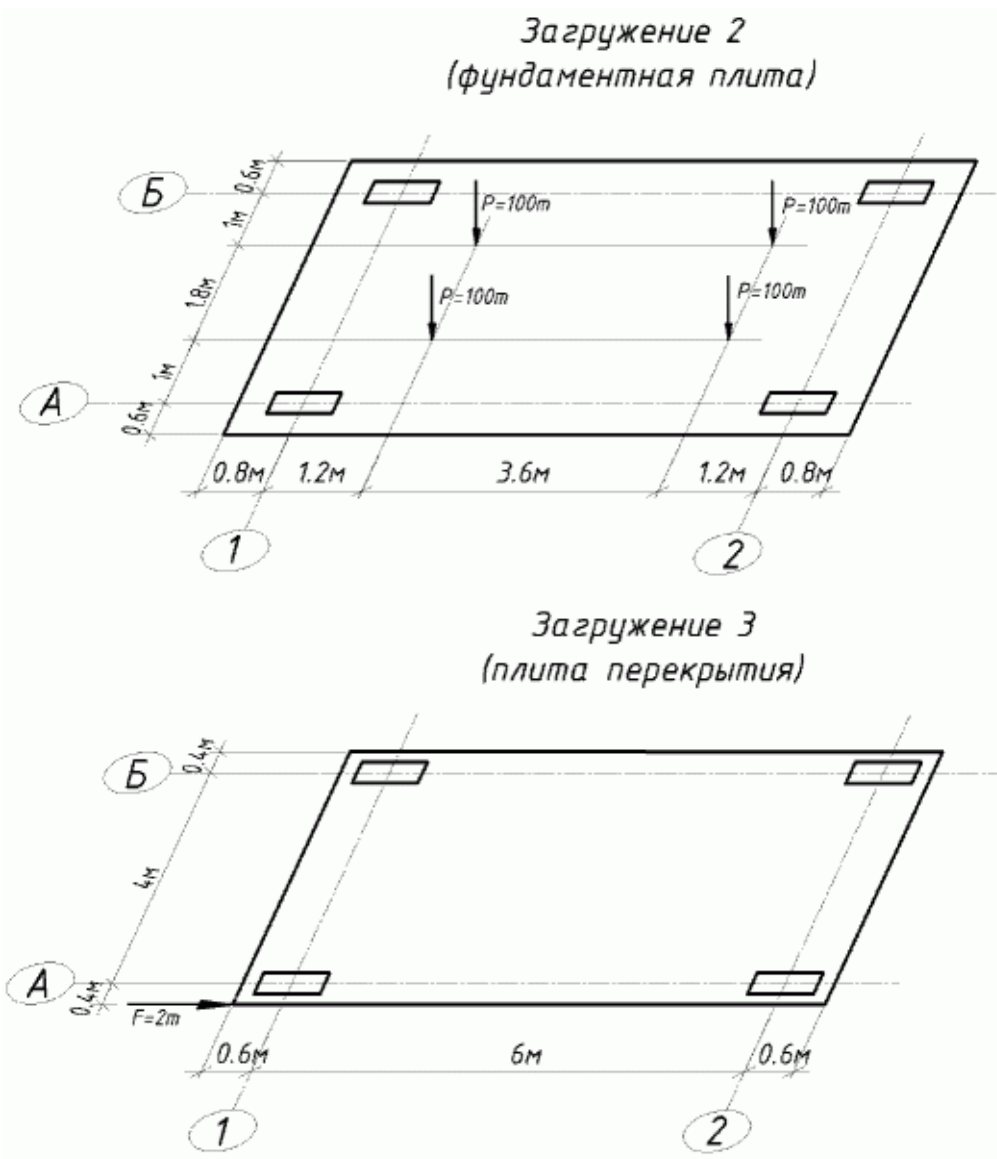




Рис.9.2. Схемы загрузок плит каркаса



**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.9.3) задайте следующие параметры:
  - имя создаваемой задачи – **Пример9** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
  - признак схемы – **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

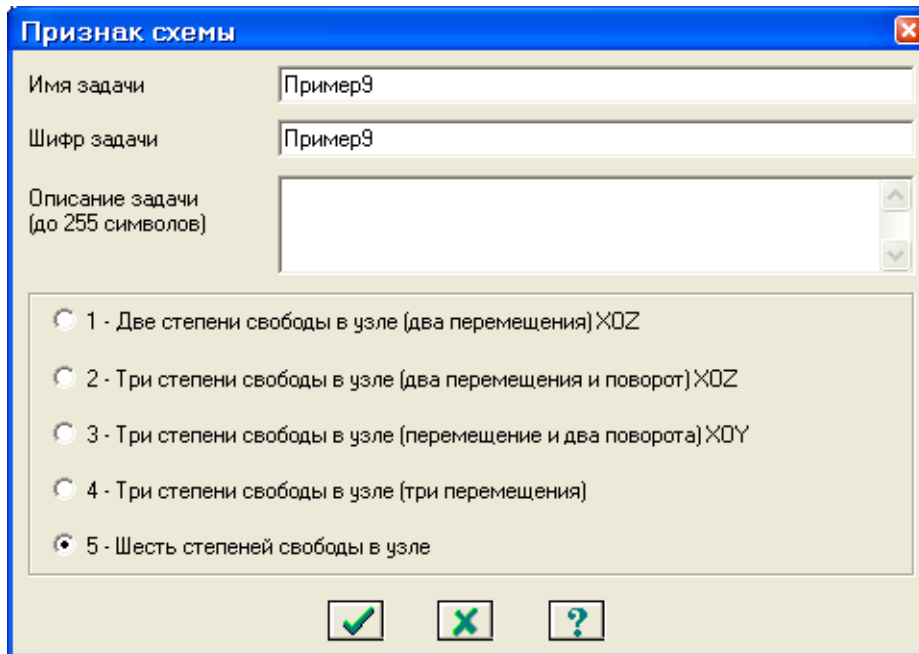



Рис.9.3. Диалоговое окно **Признак схемы**




## Создание геометрической схемы каркаса

### Этап 2. Создание геометрической схемы каркаса

#### Создание фундаментной плиты

- С помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**.
  - В этом окне перейдите на четвертую закладку **Генерация плиты**.
  - Задайте шаг конечно-элементной сетки вдоль первой и второй осей:
    - Шаг вдоль первой оси:    Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N	L(м)	N
0.4	19	0.4	1
		0.2	2
		0.4	9
		0.2	2
		0.4	1.
  - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.9.4).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

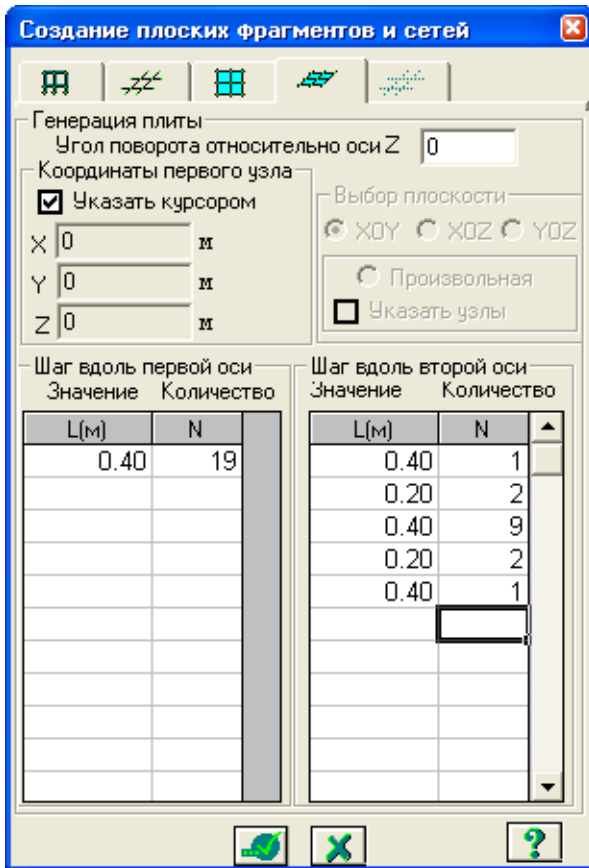




Рис.9.4. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

#### Вывод на экран номеров узлов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** (рис.9.5) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

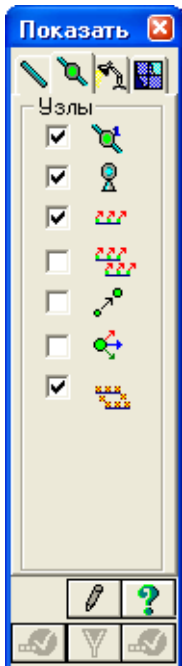





Рис.9.5. Диалоговое окно **Показать**

- Переключите схему в проекцию на плоскость XOY с помощью меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость XOY** (кнопка  на панели инструментов).
- Полученный фрагмент схемы представлен на рис.9.6.

301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20


Рис.9.6. Нумерация узлов расчетной схемы фундаментной плиты

#### Создание абсолютно жестких тел в фундаментной плите

- С помощью меню **Схема ⇒ Абсолютно жесткое тело** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Абсолютно жесткие тела**.
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите на схеме плиты узлы стыковки фундаментной плиты и **Абсолютно жесткого тела 1** № 22-24, 42, 44, 62-64 (узлы окрашиваются в красный цвет).



Отметка узлов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных узлов "резинового окна".

- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** установите флажок **Указать базовый узел**.
- На схеме плиты укажите курсором на узел № 43 (узел окрашивается в розовый цвет).
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** щелкните по кнопке **В список**.
- Затем щелкните по кнопке  – **Применить** (рис.9.7).

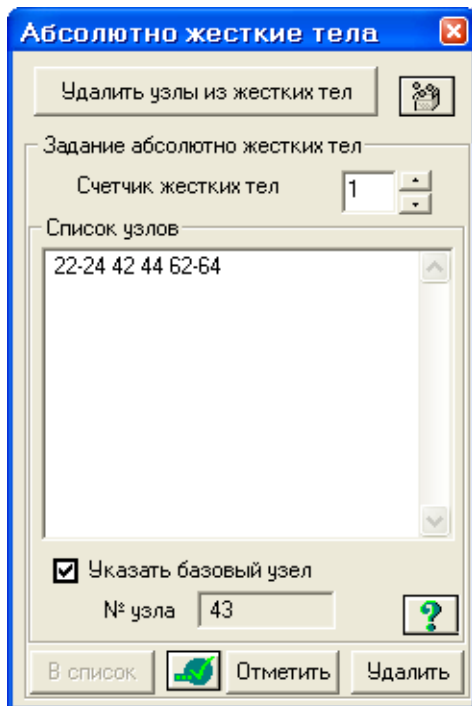









Рис.9.7. Диалоговое окно **Абсолютно жесткие тела**

- После этого в диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** переключите **Счетчик жестких тел** на **2**.
- При установленном флажке **Указать базовый узел**, на схеме плиты укажите курсором на узел № 58 (узел окрашивается в розовый цвет).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите на схеме плиты узлы стыковки фундаментной плиты и **Абсолютно жесткого тела 2** № 37-39, 57, 59, 77-79.
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** щелкните по кнопке **В список**.
- Затем щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После этого в диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** переключите **Счетчик жестких тел** на **3**.
- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), с помощью курсора выделите на схеме плиты узлы стыковки фундаментной плиты и **Абсолютно жесткого тела 3** № 242-244, 262, 264, 282-284.
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** установите флажок **Указать базовый узел**.
- На схеме плиты укажите курсором на узел № 263.
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** щелкните по кнопке **В список**.
- Затем щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После этого в диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** переключите **Счетчик жестких тел** на **4**.
- При установленном флажке **Указать базовый узел**, на схеме плиты укажите курсором на узел № 278.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите на схеме плиты узлы стыковки фундаментной плиты и **Абсолютно жесткого тела 4** № 257-259, 277, 279, 297-299.
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** щелкните по кнопке **В список**.
- Затем щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### Создание плиты перекрытия


- С помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** (рис.9.4).
- В этом окне перейдите на закладку **Генерация плиты**.

- Далее в поле ввода **Координаты первого узла** снимите флажок **Указать курсором** и задайте координаты привязки в пространстве первого узла фрагмента:




■	<b>X(м)</b>	<b>Y(м)</b>	<b>Z(м)</b>
	0.2	0.2	3.

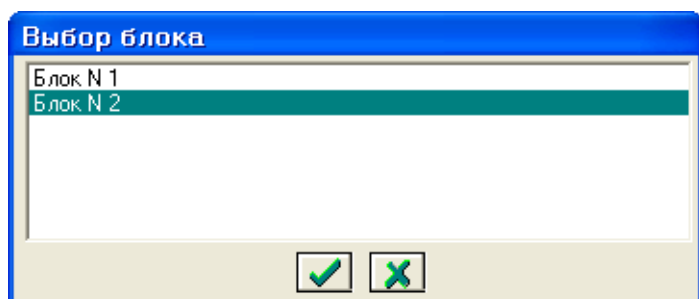
- Задайте шаг конечно-элементной сетки вдоль первой и второй осей (удалив лишние строки):

■	Шаг вдоль первой оси:		Шаг вдоль второй оси:	
	<b>L(м)</b>	<b>N</b>	<b>L(м)</b>	<b>N</b>
	0.2	36	0.2	24.


- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.








#### Создание абсолютно жестких тел в плите перекрытия

- Снимите выделение узлов с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите курсором на любой узел или элемент внутри схемы.
- В появившемся диалоговом окне **Выбор блока** выделите курсором строку **Блок № 2** (рис.9.8) и щелкните по кнопке  – **Подтвердить** (узлы и элементы плиты перекрытия окрасились в красный цвет).





**Рис.9.8.** Диалоговое окно **Выбор блока**

- Для отображения на экране только плиты перекрытия выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Увеличить** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы увеличить фрагмент схемы выделите его "резиновым окном" как это показано на рис.9.9 (отображение на экране нужной части увеличенного фрагмента схемы осуществляется с помощью полос прокрутки).

- С помощью меню **Схема ⇒ Абсолютно жесткое тело** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Абсолютно жесткие тела**.
- В этом окне переключите **Счетчик жестких тел** на **5**.
- Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите на схеме плиты узлы стыковки плиты перекрытия и **Абсолютно жесткого тела 5** № 359-363, 396, 400, 433-437.
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** с помощью курсора установите флажок **Указать базовый узел**.
- На схеме плиты укажите курсором на узел № 398.
- В диалоговом окне **Абсолютно жесткие тела** щелкните по кнопке **В список**.
- Затем щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Аналогично предыдущим операциям задайте:
  - узлы стыковки плиты перекрытия и **Абсолютно жесткого тела 6** № 389-393, 426, 430, 463-467 с базовым узлом №428;
  - узлы стыковки плиты перекрытия и **Абсолютно жесткого тела 7** № 1099-1103, 1136, 1140, 1173-1177 с базовым узлом №1138;
  - узлы стыковки плиты перекрытия и **Абсолютно жесткого тела 8** № 1129-1133, 1166, 1170, 1203-1207 с базовым узлом №1168.
- Закройте диалоговое окно **Абсолютно жесткие тела** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- Снимите выделение узлов с помощью меню **Выбор ⇒ Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).
- При активном пункте меню **Выбор ⇒ Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов) выделите находящиеся внутри абсолютно жестких тел узлы плиты перекрытия №397, 399, 427, 429, 1137, 1139, 1167, 1169.
- Удалите выделенные узлы с помощью меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Удаление** (кнопка  на панели инструментов).



### Упаковка схемы

- С помощью меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.9.10).
- 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).

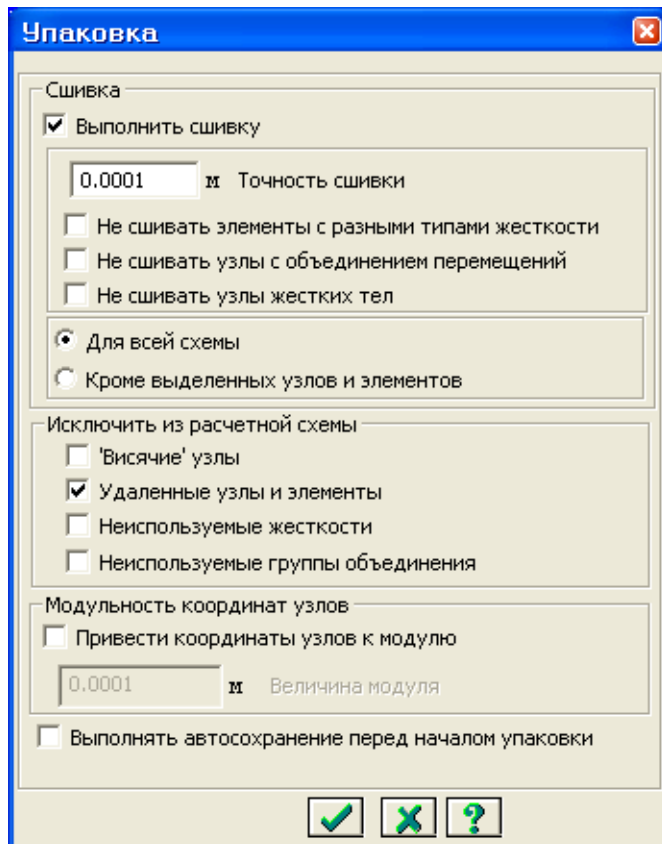






Рис.9.10. Диалоговое окно **Упаковка схемы**

### Добавление колонн

- Для представления расчетной схемы в изометрической проекции выполните пункт меню **Вид ⇒ Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).
- Восстановите исходный размер расчетной схемы после выполнения операции **Увеличить** с помощью меню **Вид ⇒ Исходный размер** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью меню **Выбор ⇒ ПолиФильтр** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне при активной закладке **Фильтр для узлов** установите флажок **По номерам узлов** и в соответствующем поле через запятую или пробел введите следующие номера узлов 43, 58, 263, 278, 397, 425, 1133, 1161 (рис.9.11).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

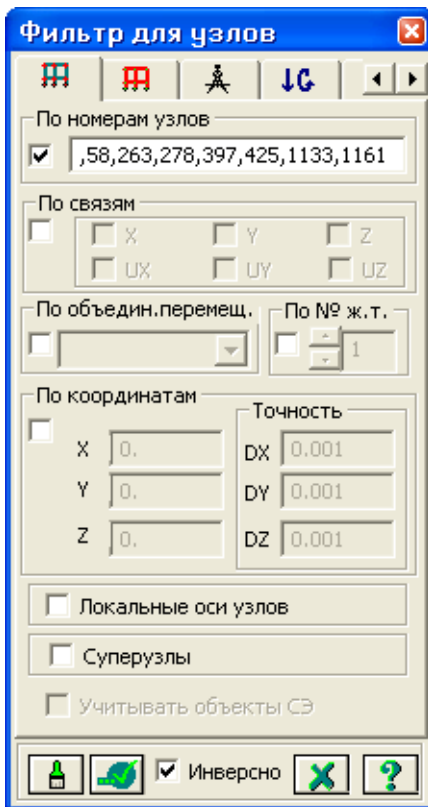


Рис.9.11. Диалоговое окно **Фильтр для узлов**

- Закройте диалоговое окно **Фильтр для узлов** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.
- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
- Далее с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.9.12).
- Добавьте стержни между узлами № 43 и 397, 58 и 425, 263 и 1133, 278 и 1161, указав последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).

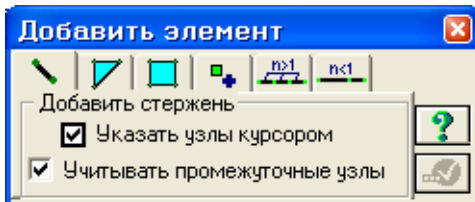


Рис.9.12. Диалоговое окно **Добавить элемент**

- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.

#### 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 – **Пример9**;
  - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LData**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.





### **Задание граничных условий**

#### **Этап 3. Задание граничных условий**

#### Выделение узлов опирания фундаментной плиты

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов) и выделите все узлы фундаментной плиты.
- Далее повторно выделите узлы абсолютно жестких тел № 22 – 24, 42 – 44, 62 – 64, 37 – 39, 57 – 59, 77 – 79, 242 – 244, 262 – 264, 282 – 284, 257 – 259, 277 – 279, 297 – 299, чтобы снять выделение с этих узлов.

#### Задание граничных условий

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.9.13).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X, Y**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

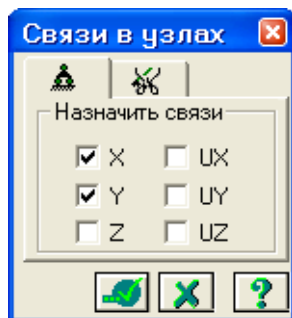




Рис.9.13. Диалоговое окно **Связи в узлах**

- Выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения узлов.

#### Отключение отображения номеров узлов на расчетной схеме

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

Полученная расчетная схема представлена на рис.9.14.

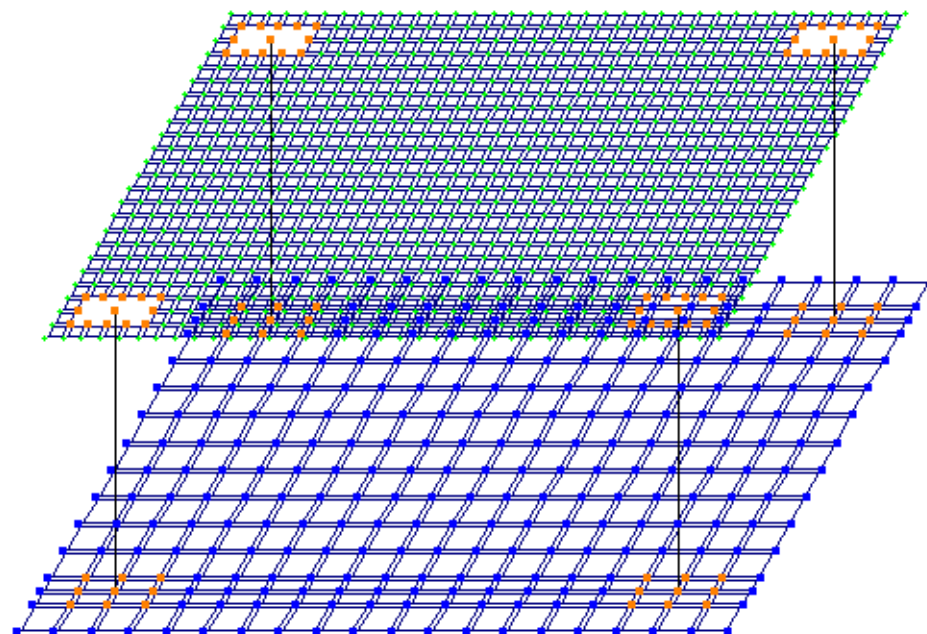



Рис.9.14. Расчетная схема каркаса



## Задание жесткостных параметров элементам каркаса

### Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам каркаса

#### Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.9.15).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** для того, чтобы вывести список стандартных типов сечений.
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Брус** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).

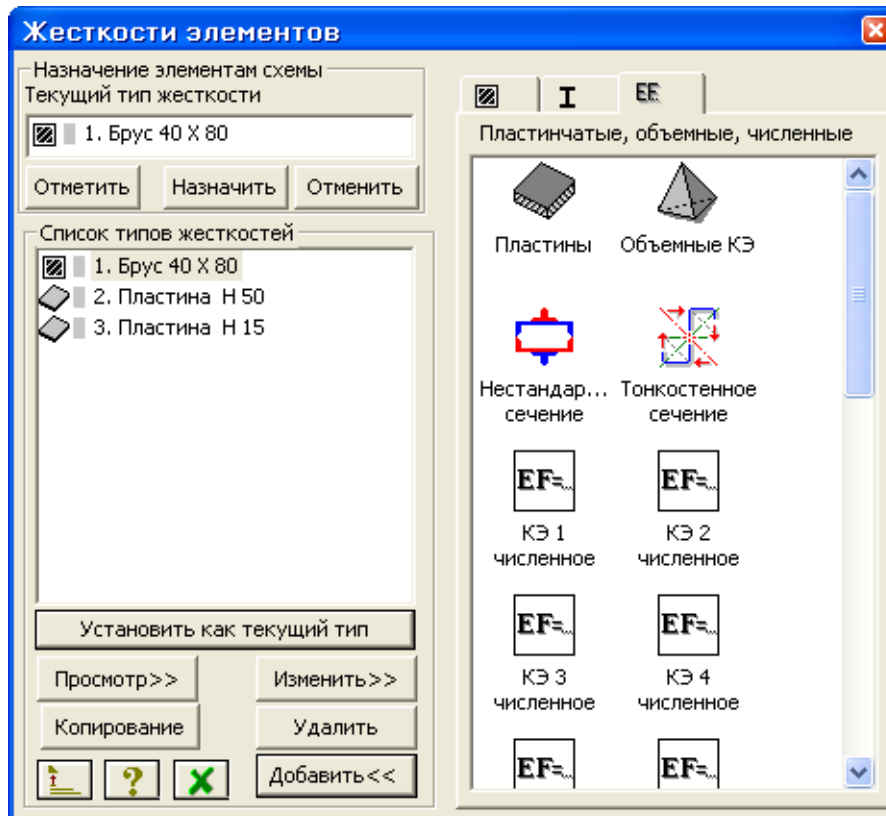



Рис.9.15. Диалоговое окно **Жесткости элементов**

- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис.9.16) задайте параметры сечения **Брус**:
  - модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
  - геометрические размеры –  $B = 40 \text{ см}$ ;  $H = 80 \text{ см}$ ;
  - удельный вес материала –  $R_o = 2.75 \text{ т/м}^3$ .
- Чтобы увидеть эскиз создаваемого сечения со всеми размерами, щелкните по кнопке **Нарисовать**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

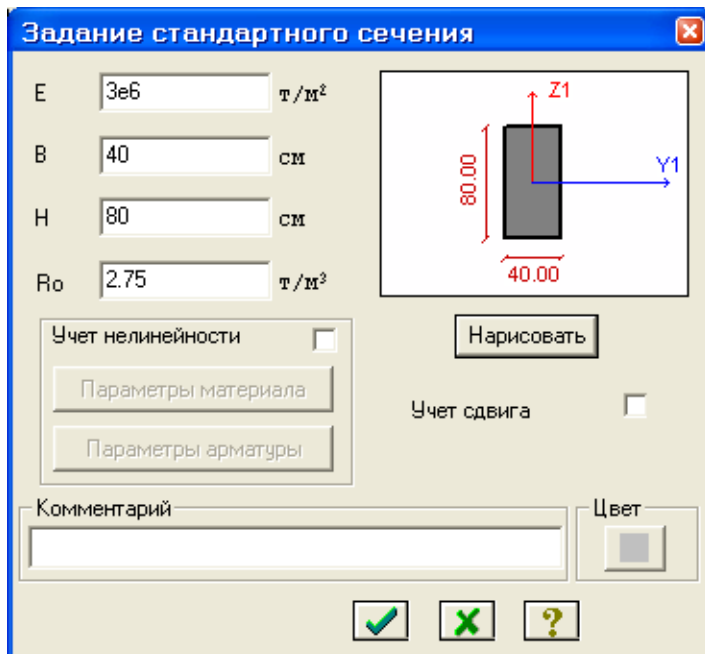


Рис.9.16. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по третьей закладке численного описания жесткости.
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Пластины**.
- После этого в диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** (рис.9.17) задайте параметры сечения **Пластины** (для фундаментной плиты):
  - модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ ;
  - коэф. Пуассона –  $V = 0.2$ ;
  - толщина –  $H = 50 \text{ см}$ ;
  - удельный вес материала –  $Ro = 2.75 \text{ т/м}^3$ .
- Для ввода данных щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

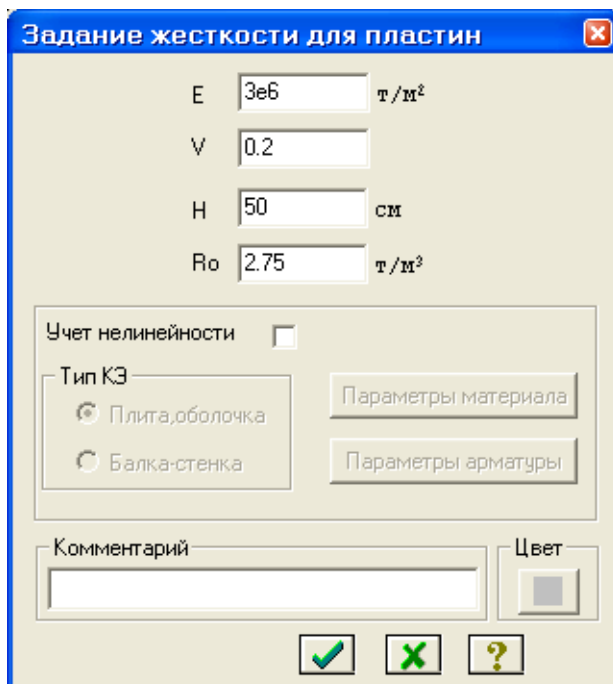




Рис.9.17. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

- Затем в диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **2.Пластина Н 50** и щелкните по кнопке **Копирование**.
- После этого в списке типов жесткостей выделите строку **3.Пластина Н 50** и щелкните по кнопке **Изменить**.

- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** измените следующие параметры сечения **Пластины** (для плиты перекрытия):
  - толщина– **H** = 15 см.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Назначение жесткостей элементам каркаса

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Брус 40x80**.
- 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 на строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).




*Отметка элементов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных элементов "резинового окна".*

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- Далее в этом же окне в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.Пластина H 50**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов).
- Укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3.Пластина H 15**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Укажите курсором на любой узел или элемент плиты перекрытия.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Снимите выделение узлов с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).



### Задание параметров упругого основания

#### Этап 5. Задание параметров упругого основания

- Укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Коэффициенты постели C1, C2** вызовите диалоговое окно **Задание коэфф. C1 и C2**.
- В этом окне, при установленном флажке **Пластины**, для задания коэффициентов постели включите радиокнопку **Получить по модели грунта** (рис.9.18) и в открывшемся поле ввода задайте:
  - равномерно распределенная нагрузка на плиту **Pz** = 12 т/м<sup>2</sup>.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

**Задание коэфф. C1 и C2**

Назначить на элементы типа:

- ☐ Стержни
- ☒ Пластины
- ☐ Двухузловые КЭ 53
- ☐ Одноузловые КЭ 54

Коэффициенты постели

☒ Получить по модели грунта  
 $P_z$   т/м<sup>2</sup>

☐ Назначить

☒ C1z  т/м<sup>3</sup>  
☒ C2z  т/м

☒ ☒ Bc=B  $B_c$   см

☐ Учет C1y, C2y

C1y  т/м<sup>3</sup>  
 C2y  т/м  
 Hc  см

Угол зоны грунта

☒ Fc  рад

Рис.9.18. Диалоговое окно **Задание коэфф. C1 и C2**

- Снимите выделение узлов с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка на панели инструментов).
- Закройте диалоговое окно **Задание коэфф. C1 и C2** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.
- Закройте диалоговое окно отображения флагов рисования **Показать** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

#### Запуск системы ГРУНТ

- Для запуска системы ГРУНТ выполните пункт меню **Жесткости** ⇒ **Модель грунта**.
- В появившемся диалоговом окне **Модель грунта** (рис.9.19) при выбранном методе расчета коэффициентов постели C1, C2 **Метод 3** и заданном коэффициенте глубины сжимаемой толщи **0.2** щелкните по кнопке **Создать модель грунта**.

**Модель грунта**

Параметры модели грунта

Файл грунта (\*.sld), связанный с текущей моделью грунта:

Метод расчета C1, C2

Коэффициент глубины сжимаемой толщи

☐ Не обновлять нагрузки на грунт

Рис.9.19. Диалоговое окно **Модель грунта**

- В новом диалоговом окне **Открыть файл модели грунта** (рис.9.20) при заданном имени файла **Пример9** щелкните по кнопке **Открыть**.

**Сетки**

Сетка 1 ☐ Верхняя ( м ) ?

☒ Первая точка

X





Y

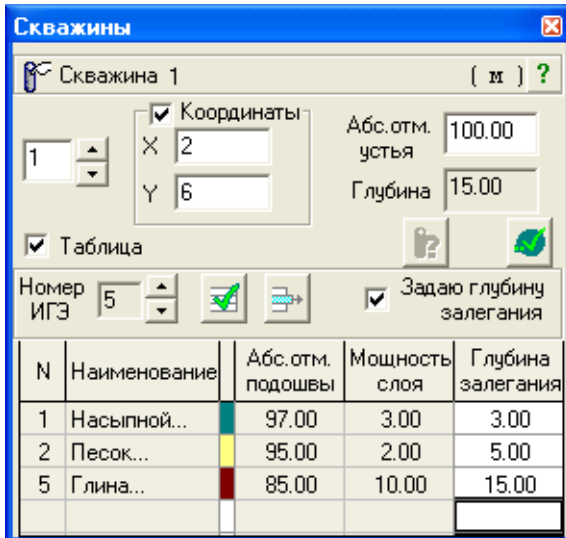
Угол поворота  °

14

Вдоль оси X		Вдоль оси Y	
Величина шага	Шагов	Величина шага	Шагов
1.00	18	1.00	14



- в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **3** (м);
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 2;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **5** (м);
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 5;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **15** (м);
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - остальные параметры определяются автоматически (рис.9.22).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить.**



**Скважины**

Скважина 1 [ м ] ?

☒ Координаты

X 2 Y 6

Абс.отм. устья 100.00

Глубина 15.00





☒ Таблица






Номер ИГЭ 5

☒ Задаю глубину залегания




N	Наименование	Абс.отм. подошвы	Мощность слоя	Глубина залегания
1	Насыпной...	97.00	3.00	3.00
2	Песок...	95.00	2.00	5.00
5	Глина...	85.00	10.00	15.00

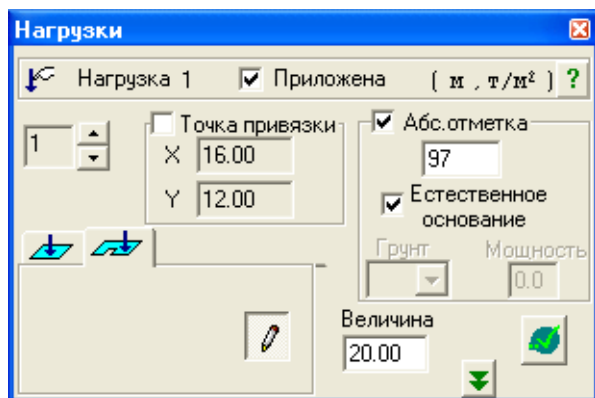
Рис.9.22. Диалоговое окно **Скважины**

- Для задания параметров скважины 2:
- переключите счетчик **Номер текущей скважины** на **2;**
  - задайте координаты скважины (м): **X = 9, Y = 4;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 1;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **1** (м);
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 2;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **9** (м);
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 5;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **15** (м);
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - остальные параметры определяются автоматически.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить.**
- Для задания параметров скважины 3:
- переключите счетчик **Номер текущей скважины** на **3;**
  - задайте координаты скважины (м): **X = 4, Y = 1.2;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 1;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **2** (м);

- щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 2;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **6 (м);**
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - с помощью счетчика **Номер ИГЭ** из таблицы **Характеристики грунтов** переключите на **Номер ИГЭ 5;**
  - в ячейке **Глубина залегания** задайте величину равную **15 (м);**
  - щелкните по кнопке  **Отобразить изменения таблицы;**
  - остальные параметры определяются автоматически.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить.**
- Закройте диалоговое окно **Скважины** щелчком по кнопке  – **Заккрыть.**

#### Задание нагрузок от близстоящего здания

- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Нагрузки** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Нагрузки.**
- В этом окне щелкните по закладке задания произвольного штампа  – **Тип нагрузки.**
- Установите флажок **Абс. отметка** и задайте значение отметки равное **97.**
- При заданной равномерно распределенной нагрузке  $20 \text{ т/м}^2$ , щелкните по кнопке  – **Задать нагрузку (произвольный многоугольник) на плане** (рис.9.23).



**Рис.9.23. Диалоговое окно Нагрузки**

- Далее с помощью курсора задайте контуры нагрузки на сетке грунта как показано на рис.9.24 (начните с точки с координатой **X = 16, Y = 12** и перемещайте курсор на 8 м влево, далее на 4 м назад, затем на 4 м вправо, на 5 м назад, на 4 м вправо и вернитесь в исходную точку).

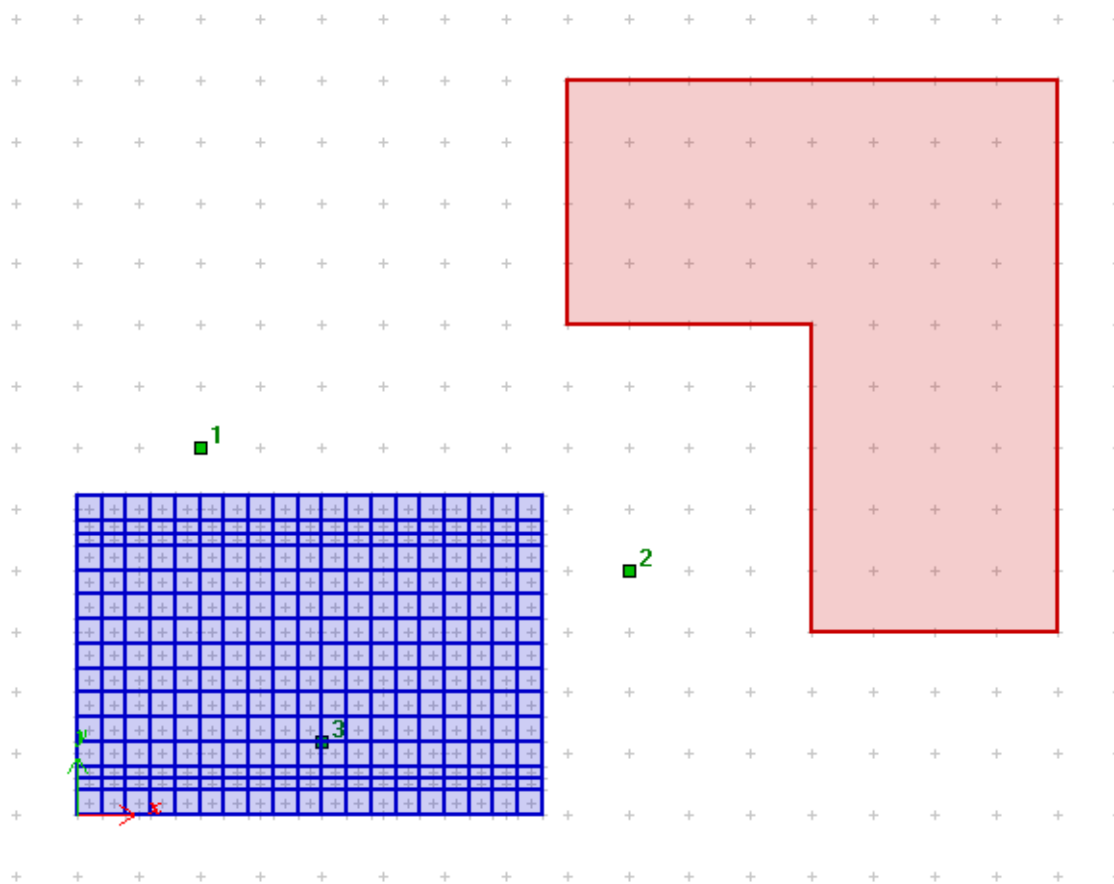


Рис.9.24. Привязка контура нагрузки на сетке грунта

- Закройте диалоговое окно **Нагрузки** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

#### Задание значения абсолютной отметки для фундаментной плиты каркаса

- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Импортированные нагрузки** (кнопка на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Импортированные нагрузки**.
- В этом окне задайте величину абсолютной отметки, соответствующей Z первой точки привязки, **Z = 96** м (рис.9.25).
- После этого в диалоговом окне **Импортированные нагрузки** щелкните по кнопке – **Применить**.

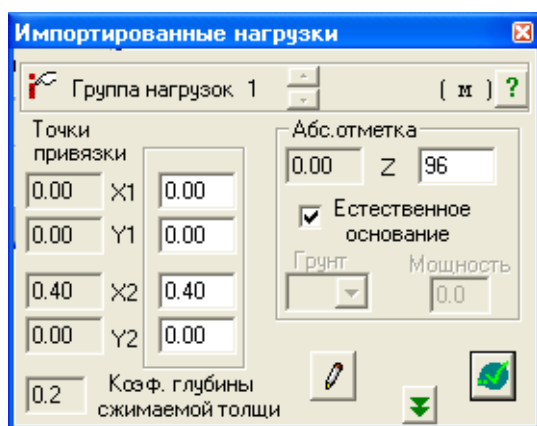


Рис.9.25. Диалоговое окно **Импортированные нагрузки**

- Закройте диалоговое окно **Импортированные нагрузки** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

#### Задание коэффициента глубины сжимаемой точки

- С помощью меню **Упругое основание** ⇒ **Параметры** ⇒ **Коэффициент глубины сжимаемой толщи** вызовите диалоговое окно **Коэффициент**.
- В этом окне задайте величину коэф. равную **0.2** (рис.9.26).
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

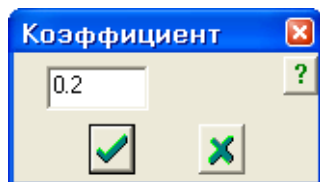



Рис.9.26. Диалоговое окно Коэффициент

#### Сохранение информации о расчетной схеме системы ГРУНТ



- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
  - имя задачи – **Пример9**;
  - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LData**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.
- Чтобы перейти в режим формирования расчетной схемы, войдите в меню **Окно** и выделите курсором файл **1 Пример9.lir**.




### Задание нагрузок

#### Этап 6. Задание нагрузок

##### Вывод на экран номеров узлов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** (рис.9.5) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

##### Формирование загрузки № 1

- Для задания нагрузки от собственного веса элементов каркаса, вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.9.27) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес**.
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы**, щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом  $R_0$  элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

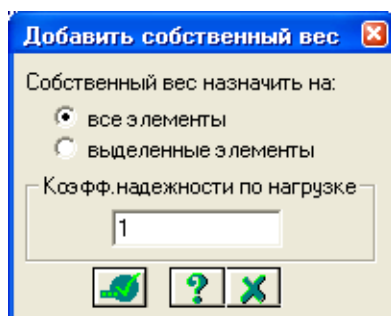




Рис.9.27. Диалоговое окно Добавить собственный вес

##### Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** (рис.9.28) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки **2**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

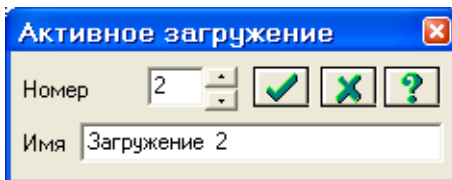


Рис.9.28. Диалоговое окно **Активное загрузение**




- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 106, 115, 206 и 215.
- Из меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.9.29).



Рис.9.29. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- В этом окне, при активной закладке **Нагрузки в узлах** и включенных радио-кнопках системы координат – **Глобальная**, направления – вдоль оси **Z**, щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение **P = 100 т** (рис.9.30).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

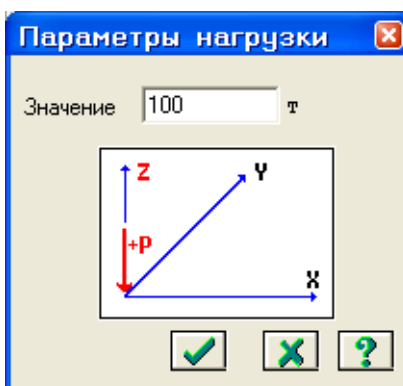



Рис.9.30. Диалоговое окно **Параметры нагрузки**

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

- С помощью операции отметки блока выделите элементы фундаментной плиты.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на четвертую закладку **Нагрузки на пластины** (по умолчанию указаны система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 1 \text{ т/м}^2$  (рис.9.31).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

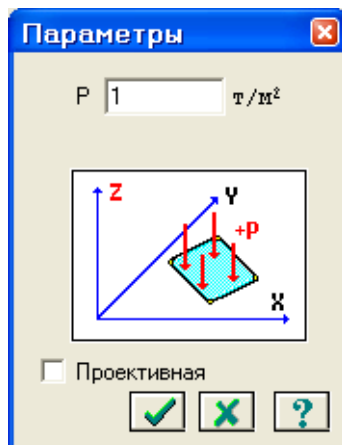











Рис.9.31. Диалоговое окно **Параметры**

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите элементы плиты перекрытия.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки ещё раз вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.5 \text{ т/м}^2$ .
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите выделение узлов с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).


### Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки **3**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узел № 321 (ближний левый на плите перекрытия).
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на вторую закладку **Нагрузки в узлах** и для изменения направления воздействия нагрузки включите радио-кнопку **X**.
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение  $P = -2 \text{ т}$ .
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.



## Статический расчет каркаса

### Этап 7. Статический расчет каркаса

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Предупреждение** (рис.9.32) щелкните по кнопке **Да**.

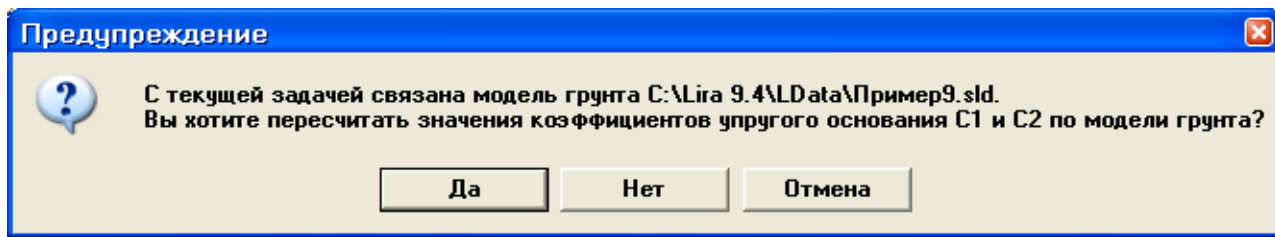



Рис.9.32. Диалоговое окно Предупреждение






## Просмотр и анализ результатов статического расчета

### Этап 8. Просмотр и анализ результатов статического расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).

#### Отключение отображения номеров узлов и нагрузок на расчетной схеме

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** (рис.9.5) перейдите на вторую закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**.
- Далее перейдите на третью закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.9.33). Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

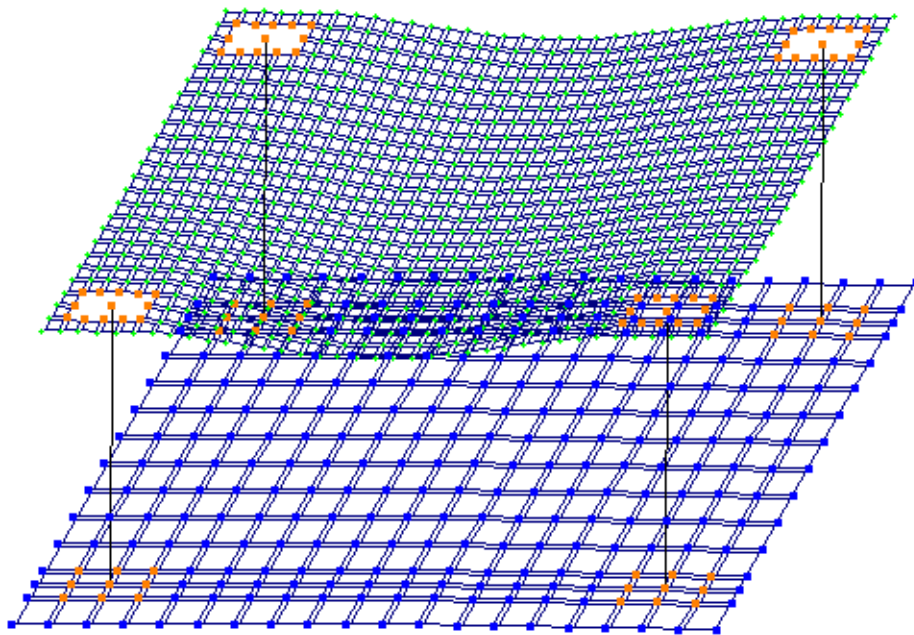








Рис.9.33. Расчетная схема с учетом перемещений узлов





#### Вывод на экран изополей перемещений

- Выведите на экран изополя перемещений по направлению Z с помощью меню **Деформации** ⇒ **В глобальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по Z** (кнопки , а затем  на панели инструментов).




#### Вывод на экран мозаик напряжений

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по  $M_x$ , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒  **$M_x$**  (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Для отображения мозаики напряжений по  $N_x$ , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒  **$N_x$**  (кнопка  на панели инструментов).
- Для отображения мозаики напряжений по  $R_z$  (отпор упругого основания), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒  **$R_z$**  (кнопка  на панели инструментов).

#### Вывод на экран эпюр внутренних усилий

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


#### Вывод на экран мозаик коэффициентов постели

- Чтобы вывести на экран мозаику коэффициентов постели  $C1z$ , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика  $C1, C2, Pz$**  ⇒  **$C1z$**  (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Для вывода заданной вертикальной равномерно распределенной нагрузки  $Pz$ , выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика  $C1, C2, Pz$**  ⇒  **$Pz$**  (кнопка  на панели инструментов).

#### Смена номера текущего нагружения

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

#### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.9.34) выделите строку **Усилия**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы "Графический Макетировщик" нужно включить радио-кнопку **RPT**).

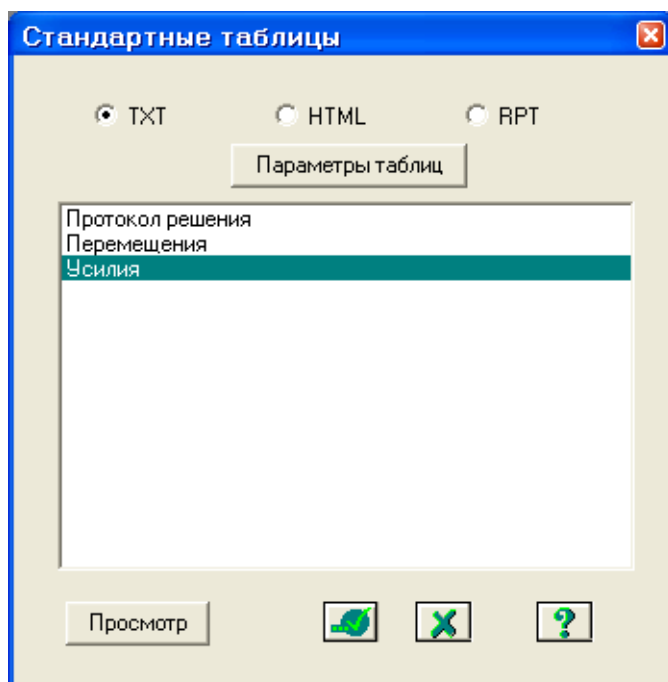

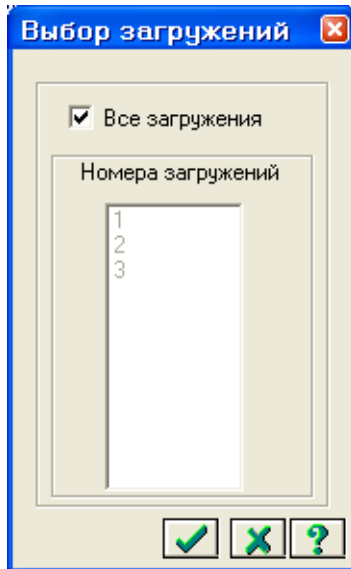




Рис.9.34. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- Далее в новом окне **Выбор загрузений** (рис.9.35) щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.9.35. Диалоговое окно **Выбор загрузений**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.



## Расчет параметров упругого основания и просмотр результатов расчета в системе ГРУНТ

### Этап 9. Расчет параметров упругого основания и просмотр результатов расчета в системе ГРУНТ

- Чтобы перейти в систему **ГРУНТ**, войдите в меню **Окно** и выделите курсором файл **2 Пример9.sld**.
- Для того чтобы произвести расчет параметров упругого основания, выполните пункт меню **Упругое основание** ⇒ **Расчет (метод3)** (кнопка  на панели инструментов).
- Для того чтобы получить трехмерное изображение грунтового массива, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Плавающие окна** ⇒ **3D-вид** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы получить фрагмент произвольного разреза грунтового массива, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Плавающие окна** ⇒ **Произвольный разрез** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся плавающем окне **Произвольный разрез** щелкните по кнопке  – **Указать точки на схеме**.
- Последовательно укажите на схеме левую ближнюю и правую дальнюю точки каркаса (чтобы увеличить окно, потяните верхний край до нужного размера вверх).

### Вывод на экран изополей параметров упругого основания

- Для вывода на экран изополей коэффициентов постели  $C_1$  щелкните по закладке  **$C_1$**  (находится в нижней части рабочего окна).
- С помощью закладки **Осадок** выведите на экран изополя осадок.
- Для вывода на экран изополей глубины сжимаемой толщи  $H_c$  щелкните по закладке  **$H_c$** .
- Чтобы закрыть систему **ГРУНТ** выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Заккрыть**.

