

Пример 10. Расчет шпунта усиленного анкерами совместно с грунтовым массивом котлована (применение нелинейных элементов грунта, моделирование предварительного натяжения анкеров, моделирование процесса экскавации котлована)

Цели и задачи:

- показать технологию моделирования многослойного основания с применением теории прочности Кулона-Мора;
- продемонстрировать технологию построения расчетной схемы конструкций ограждения котлована в процессе монтажа;
- показать технологию нелинейного расчета системы "нелинейно-деформируемое основание – линейно-деформируемые конструкции ограждения" с учетом процесса монтажа и разработки котлована;
- произвести расчет с учетом модуля деформации грунта по ветви вторичного нагружения (учет разгрузки модели грунта).

Исходные данные:

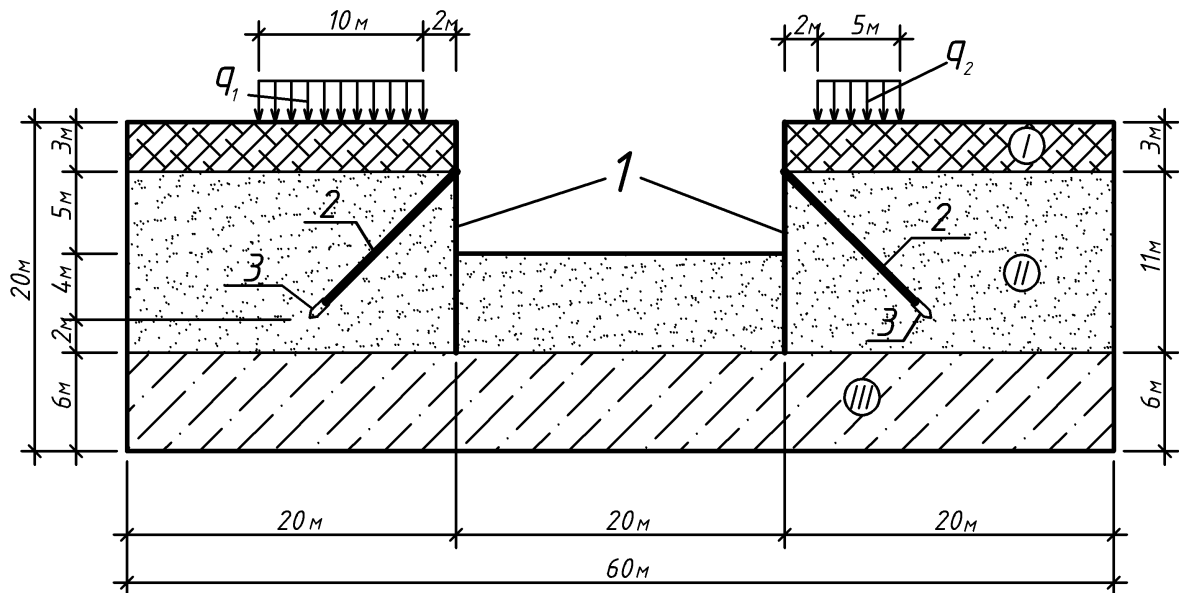
Профиль трехслойного основания с размерами 60 x 20 м, толщиной 1 м (рис.10.1).

Котлован с размерами 20 x 8 м (рис.10.1).

Вертикальные конструкции ограждения высотой 14 м (рис.10.1).

Опоры анкеров длиной 3 м, анкера длиной 10 м, расположенные под углом 45° (рис.10.1).

Расчет производится для сетки профиля основания с размерами КЭ 1 x 1 м.



- 1- шпунтовое ограждение
- 2- анкера
- 3- опоры анкеров
- I- насыпной грунт
- II- песок
- III- суглинок

Рис.10.1. Схема конструкций ограждения котлована и нагрузок на многослойное основание



Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес грунта трехслойного основания;

- загрузка 2 – постоянная равномерно-распределенная нагрузка $g_1 = 1$ т/м, постоянная равномерно-распределенная нагрузка $g_2 = 0.5$ т/м, приложенные на поверхность основания (рис.10.1), собственный вес конструкций ограждения;
- загрузка 4 – предварительное натяжение анкеров $F = 5$ т.

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows: **Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2015 ⇒ ЛИРА-САПР 2015.**

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.10.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример10**;
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **2 – Три степени свободы в узле (перемещения X,Z,Uy) X0Z.**
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить.**

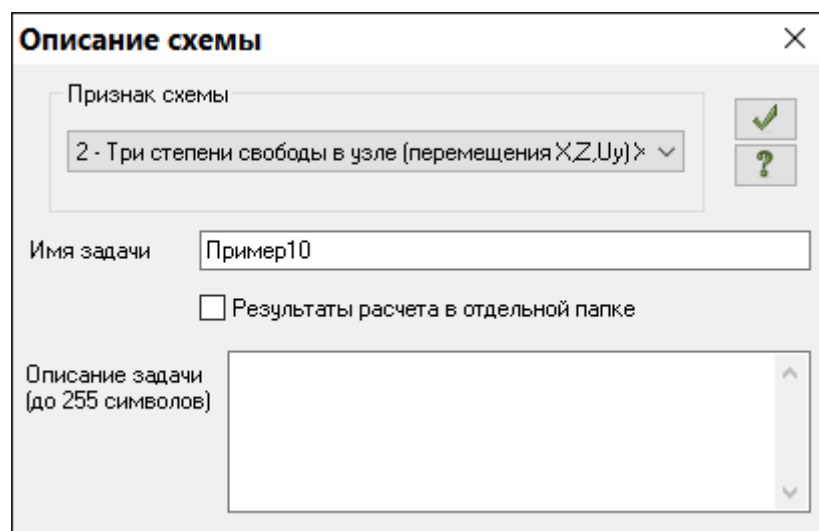




Рис.10.2. Диалоговое окно **Описание схемы**



Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите


команду  – **Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели


быстрого доступа в раскрывающемся списке **Новый** выберите команду  – **Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

Установка флажка **Результаты расчета в отдельной папке** в диалоговом окне **Описание схемы** дает возможность сохранять все результаты расчета для конкретной задачи в отдельной папке с именем, которое совпадает с именем задачи. Данная папка создается в каталоге хранения результатов расчета. Это удобно в том случае, если нужно найти результаты расчета для конкретной задачи и последующей передаче файлов результатов расчета или просмотра и анализа этих файлов с помощью проводника или других файловых менеджеров.

Этап 2. Создание геометрической схемы

Создание профиля основания

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** на закладке **Генерация балки-стенки**, выбрав команду  – **Генерация балки-стенки** в раскрывающемся списке **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).
- Задайте шаг конечно-элементной сетки вдоль первой и второй осей:
 - Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:
 - | | |
|-------------|----------|
| L(м) | N |
| 1 | 60 |

L(м)	N
1	20.
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.10.3).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

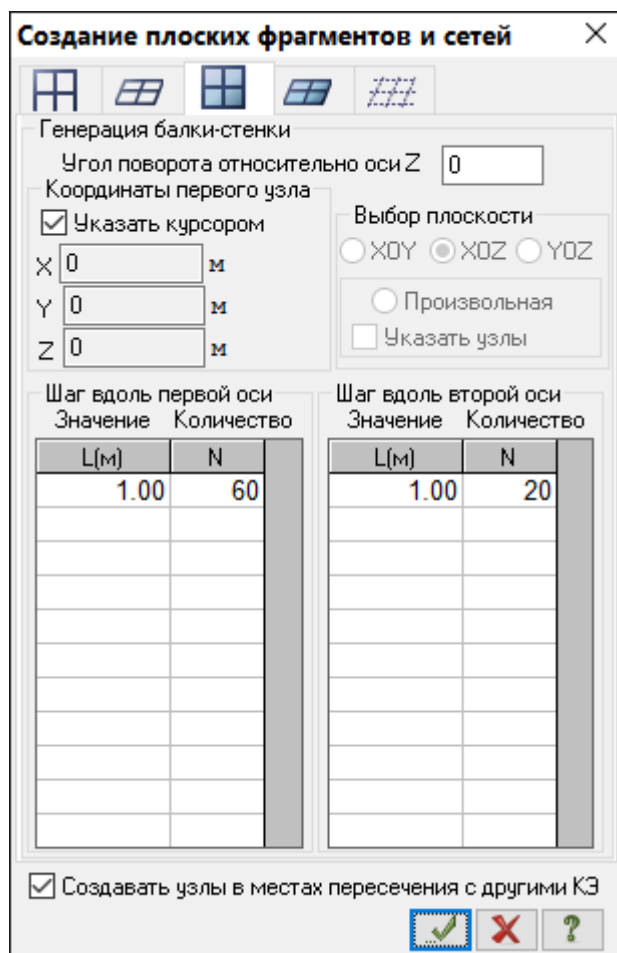





Рис.10.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

Смена типа конечных элементов основания

- Щелкните по кнопке  – **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- Укажите курсором на любой узел или элемент (узлы и элементы окрашиваются в красный цвет).
- Щелчком по кнопке  – **Смена типа КЭ** (панель **Схема** на вкладке **Расширенное редактирование**) вызовите диалоговое окно **Смена типа конечного элемента** (рис.10.4).
- В этом окне в списке типов конечных элементов выделите строку **Тип 281 – физически нелинейный прямоугольный КЭ плоской задачи (грунт)**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

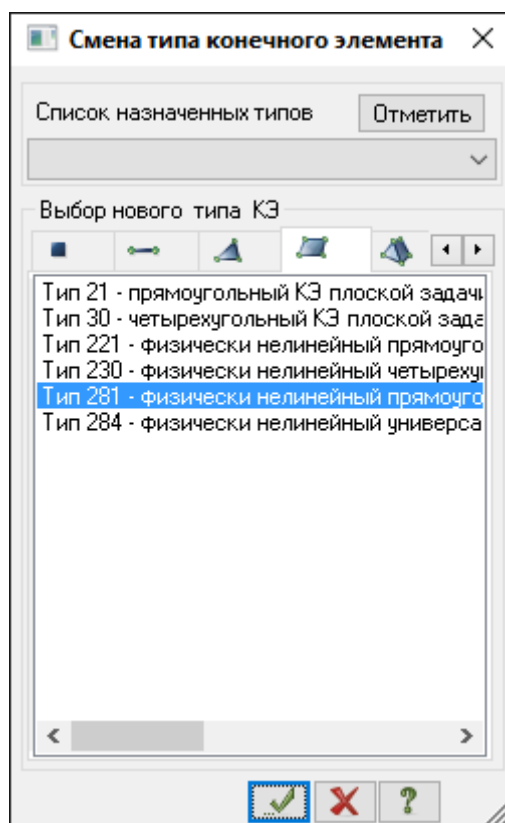




Рис.10.4. Диалоговое окно **Смена типа конечного элемента**

- Снимите выделение с узлов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

[Вывод на экран номеров узлов](#)

- Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора**.
- В диалоговом окне **Показать** (рис.10.5) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

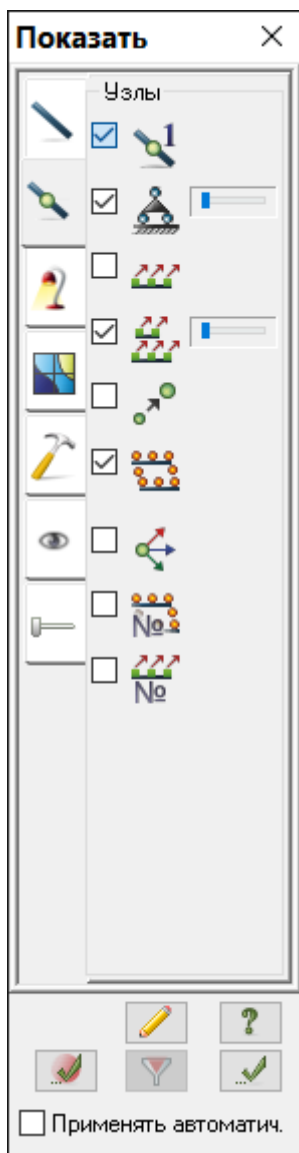



Рис.10.5. Диалоговое окно Показать

[Добавление конструкций ограждения котлована, анкеров и опор анкеров](#)



Для удобства работы можно производить увеличение или уменьшение схемы с помощью колеса мыши.

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.10.6) щелчком по кнопке  – **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом диалоговом окне снимите флажок **Создавать узлы в местах пересечения с другими КЭ**.

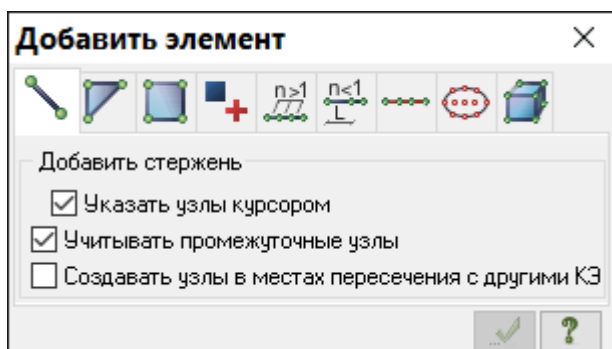



Рис.10.6. Диалоговое окно Добавить элемент

- Для добавления конструкций ограждения котлована между узлами № 387 и 1241, 407 и 1261 (по вертикали), при установленных флажках **Указать узлы курсором** и **Учитывать промежуточные узлы**, укажите последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).
- Для добавления опор анкеров между узлами № 500 и 624, 538 и 658 (по наклонной) укажите последовательно курсором на эти пары узлов.
- Для добавления анкеров между узлами № 624 и 1058, 658 и 1078 (по наклонной) в диалоговом окне **Добавить элемент** снимите флажок **Учитывать промежуточные узлы** и после этого укажите последовательно курсором на эти пары узлов.

Смена типа конечных элементов анкеров и опор анкеров


- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** и  – **Полигональная отметка** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью левой клавиши мыши задайте замкнутый контур вокруг наклонных элементов опор анкеров сначала с левой стороны ограждения котлована между узлами № 500 и 624, а затем щелкнув еще раз кнопку  – **Полигональная отметка** на панели инструментов **Панель выбора** – с правой стороны ограждения котлована между узлами № 538 и 658 (также элементы можно просто указать на схеме с помощью курсора).
- Щелчком по кнопке  – **Смена типа КЭ** (панель **Схема** на вкладке **Расширенное редактирование**) вызовите диалоговое окно **Смена типа конечного элемента**.
- В этом окне в списке типов конечных элементов выделите строку **Тип 1 – КЭ плоской фермы**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выделите на расчетной схеме элементы анкеров находящиеся между узлами № 624 и 1058, 658 и 1078 с помощью полигональной отметки.
- В диалоговом окне **Смена типа конечного элемента** с помощью курсора выделите строку **Тип 208 – физически нелинейный специальный двухузловой КЭ для моделирования предварительного натяжения**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения элементов.

Сохранение информации о расчетной схеме



- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример10**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание граничных условий

Выделение узлов нижней грани основания

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите узлы нижней грани основания № 1 – 61 (узлы окрашиваются в красный цвет).

Задание граничных условий в узлах нижней грани основания

- Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.10.7).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X, Z**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

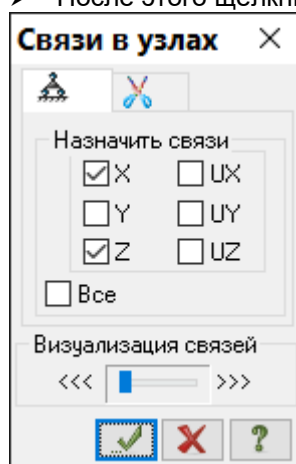





Рис.10.7. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Задание граничных условий в узлах боковых граней основания

- Выделите узлы крайней левой и крайней правой боковых граней основания.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**). Для этого необходимо снять флажок с направления **Z**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам расчетной схемы

Формирование типов жесткости

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы элементов** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.10.8,а).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по третьей закладке численного описания жесткости (рис.10.8,б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **КЭ 281 – 284 численное** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).

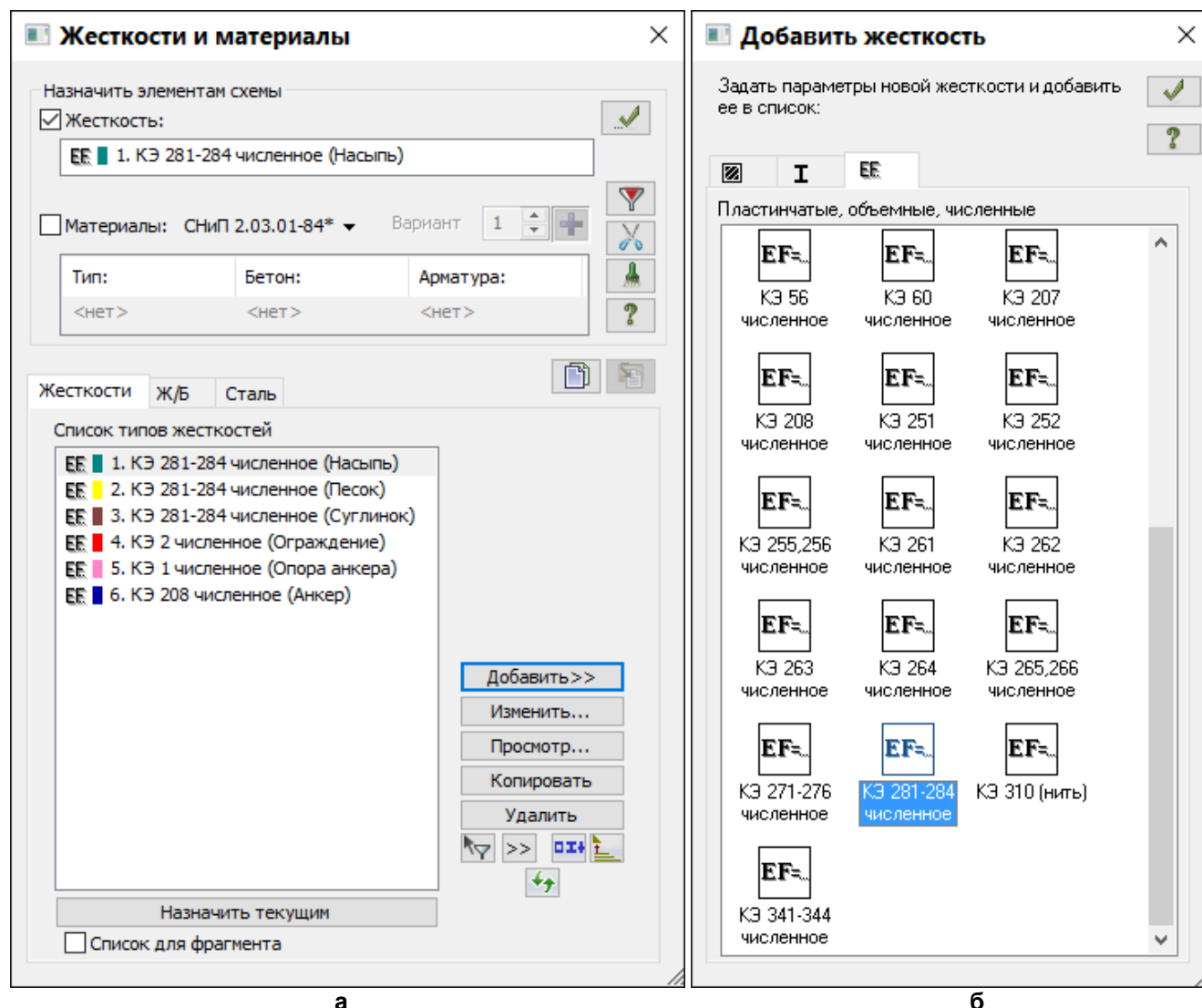



Рис.10.8. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Численное описание для КЭ 281 – 284** (рис.10.9) задайте параметры первого слоя грунта (насыпь):
 - модуль деформации грунта по ветви первичного нагружения – $E = 800 \text{ т/м}^2$;
 - коэф. Пуассона – $\nu = 0.3$;
 - толщина – $H = 100 \text{ см}$;
 - удельный вес грунта – $R_0 = 1.6 \text{ т/м}^3$;
 - сцепление – $C = 0.1 \text{ т/м}^2$;
 - предельное напряжение при растяжении – $R_t = 0.01 \text{ т/м}^2$;

- угол внутреннего трения – $F_i = 30$ град;
- коэффициент перехода к модулю деформации грунта по ветви вторичного нагружения $K_e = 3$;
- в поле **Комментарий** введите **Насыпь** и выберите цвет для данной жесткости (зеленый).

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

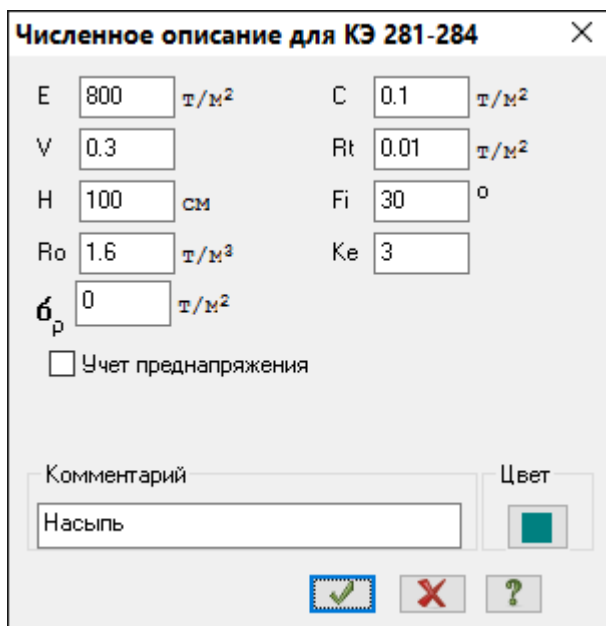





Рис.10.9. Диалоговое окно **Численное описание для КЭ 281 – 284**

- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **1.КЭ 281-284 численное** и дважды щелкните по кнопке **Копирование**.
- После этого в списке типов жесткостей выделите строку **2.КЭ 281-284 численное** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Численное описание для КЭ 281 – 284** измените параметры для второго слоя грунта (песок):

- модуль деформации грунта по ветви первичного нагружения – $E = 3000$ т/м²;
- коэф. Пуассона – $V = 0.3$;
- толщина – $H = 100$ см;
- удельный вес грунта – $R_o = 1.7$ т/м³;
- сцепление – $C = 0.1$ т/м²;
- предельное напряжение при растяжении – $R_t = 0.01$ т/м²;
- угол внутреннего трения – $F_i = 34$ град;
- коэффициент перехода к модулю деформации грунта по ветви вторичного нагружения $K_e = 3$;
- в поле **Комментарий** введите **Песок** и выберите цвет для данной жесткости (желтый).

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите строку **3.КЭ 281-284 численное** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- Далее в диалоговом окне **Численное описание для КЭ 281 – 284** измените параметры для третьего слоя грунта (суглинок):
- модуль деформации грунта по ветви первичного нагружения – $E = 2000$ т/м²;
- коэф. Пуассона – $V = 0.33$;
- толщина – $H = 100$ см;
- удельный вес грунта – $R_o = 1.7$ т/м³;
- сцепление – $C = 0.8$ т/м²;

- предельное напряжение при растяжении – $Rt = 0.08 \text{ т/м}^2$;
 - угол внутреннего трения – $Fi = 29$ град;
 - коэффициент перехода к модулю деформации грунта по ветви вторичного нагружения $Ke = 3$;
 - в поле **Комментарий** введите **Суглинок** и выберите цвет для данной жесткости (коричневый).
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **КЭ 2 численное**.
- В диалоговом окне **КЭ 2 численное** (рис.10.10) задайте параметры сечения конструкций ограждения:
- жесткость элемента на осевое сжатие (растяжение) – $EF = 1.2e6 \text{ т}$ (при английской раскладке клавиатуры);
 - жесткость элемента на изгиб вокруг оси Y1 – $Ely = 12000 \text{ т*м}^2$;
 - погонный вес $q = 0.83 \text{ т/м}$;
 - в поле **Комментарий** введите **Ограждение** и выберите цвет для данной жесткости (красный).
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

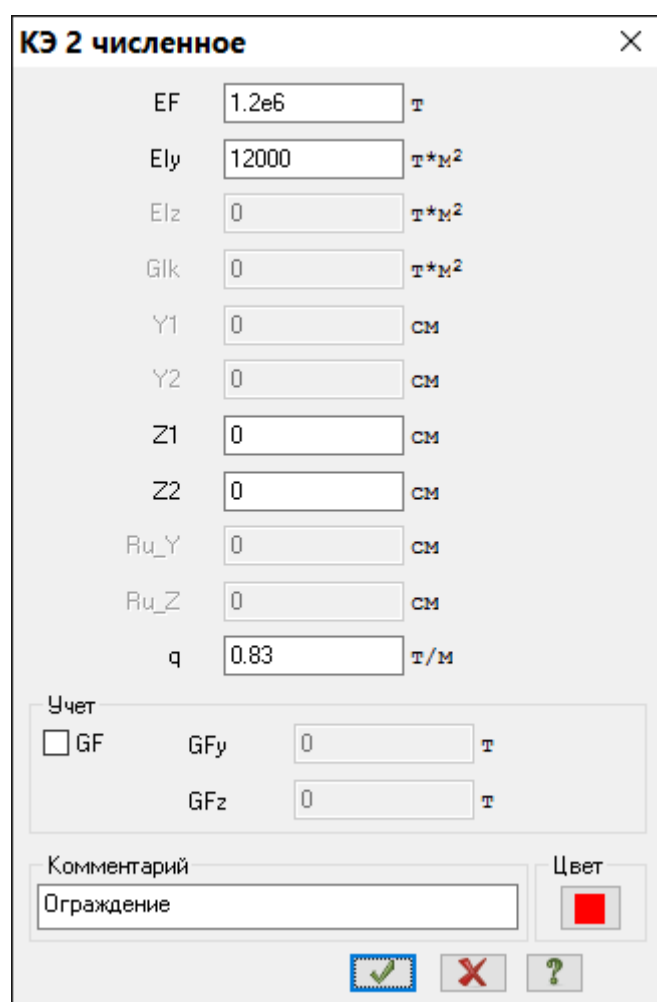



Рис.10.10. Диалоговое окно **КЭ 2 численное**

- После этого в диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **КЭ 1 численное**.
- В диалоговом окне **КЭ 1 численное** (рис.10.11) задайте параметры сечения опор анкеров:
- жесткость элемента на осевое сжатие (растяжение) – $EF = 10000 \text{ т}$;
 - в поле **Комментарий** введите **Опора анкера** и выберите цвет для данной жесткости (малиновый).

- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

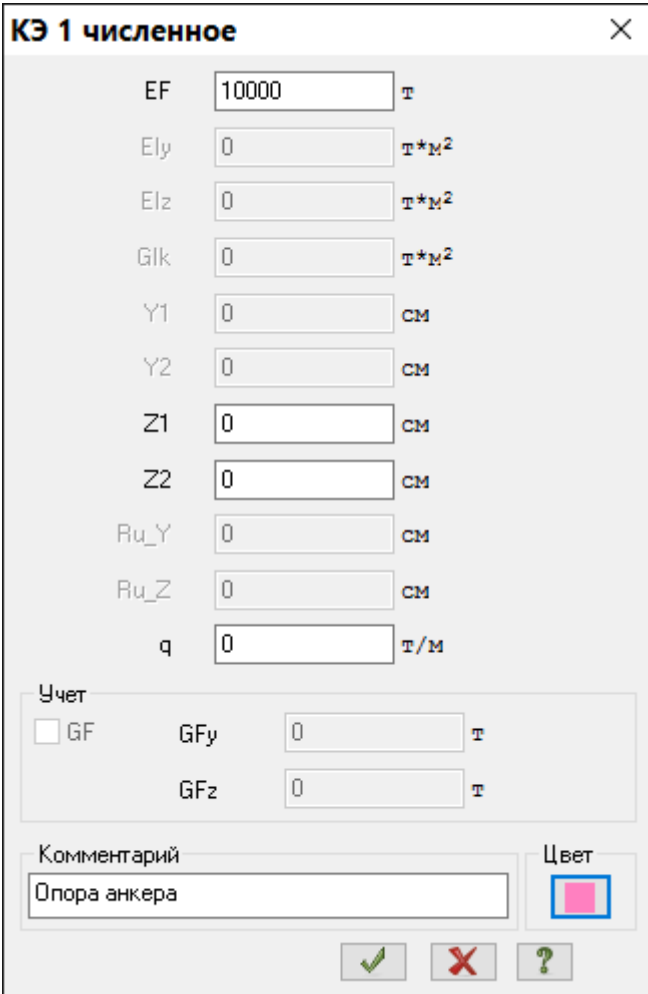



Рис.10.11. Диалоговое окно **КЭ 1 численное**

- После этого в диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **КЭ 208 численное**.
- В диалоговом окне **Численное описание для КЭ 208** (рис.10.12), при включенной радио-кнопке способа задания сечения **Численное**, задайте параметры сечения анкеров:
- жесткость элемента на растяжение – **EF** = 8000 т;
 - максимальное растягивающее усилие – **Nmax** = 1e9 т (при английской раскладке клавиатуры);
 - в поле **Комментарий** введите **Анкер** и выберите цвет для данной жесткости (синий).
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

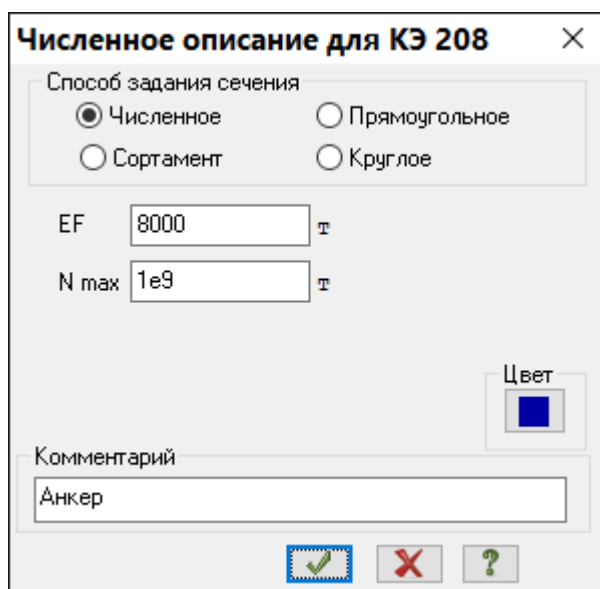



Рис.10.12. Диалоговое окно Численное описание для КЭ 208

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

Назначение жесткостей элементам расчетной схемы

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.КЭ 281-284 численное**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип жесткости записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком на строке списка).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите три верхних ряда конечных элементов основания (толщина слоя 3 м).
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В появившемся диалоговом окне **Предупреждение** (рис.10.13) щелкните по кнопке **ОК** (это сообщение появляется из-за того, что кроме пластинчатых элементов на расчетной схеме выделились ещё и стержневые элементы, которым данный тип жесткости назначить нельзя).

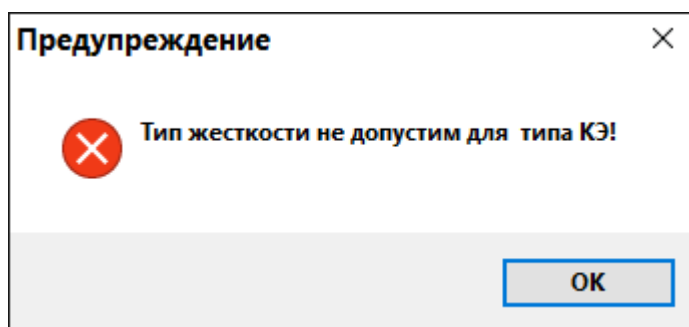









Рис.10.13. Диалоговое окно Предупреждение

- После этого в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.КЭ 281-284 численное**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- С помощью курсора выделите с четвертого по четырнадцатый включительно (от верха анкеров до низа элементов конструкций ограждения) ряды конечных элементов основания (толщина слоя 11 м).
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В появившемся диалоговом окне **Предупреждение** щелкните по кнопке **ОК**.

- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3.КЭ 281-284 численное**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- С помощью курсора выделите оставшиеся шесть рядов конечных элементов основания (толщина слоя 6 м).
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите текущим тип жесткости **4.КЭ 2 численное**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Установите текущим тип жесткости **6.КЭ 208 численное**.
- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**, для того чтобы выделить элементы анкеров.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По типу КЭ** и в раскрывающемся списке с помощью курсора выберите строку **Тип 208 – физически нелинейный специальный двухузловой КЭ предварительного натяжения** (рис.10.14).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

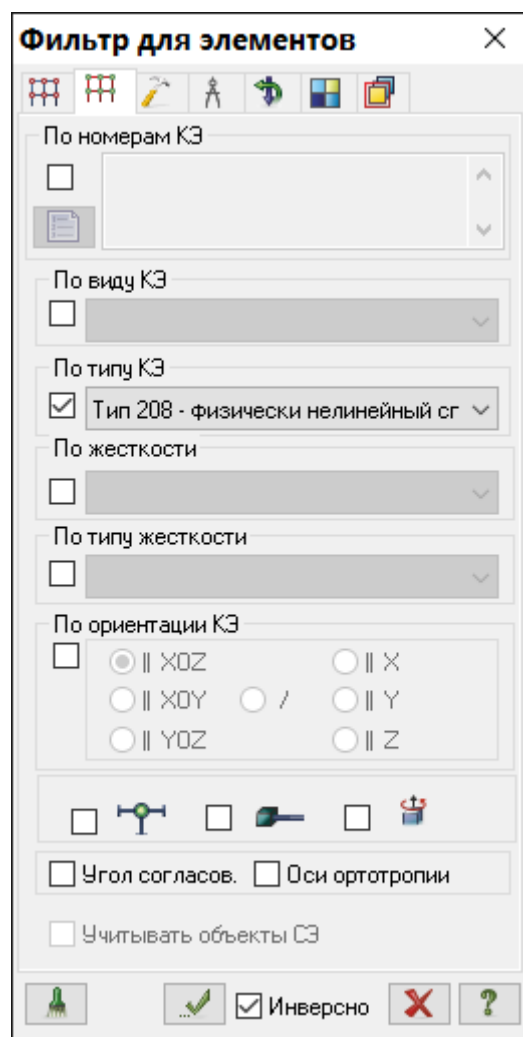








Рис.10.14. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Установите текущим тип жесткости **5.КЭ 1 численное**.
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** при установленном флажке **По типу КЭ** в раскрывающемся списке выберите строку **Тип 1 –КЭ плоской фермы**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Этап 5. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** в раскрывающемся списке **По типу КЭ** выберите строку **Тип 281 – физически нелинейный прямоугольный КЭ плоской задачи (грунт)**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для задания нагрузки от собственного веса элементов основания, щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.10.15).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **выделенные элементы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равному **1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом R_0 элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

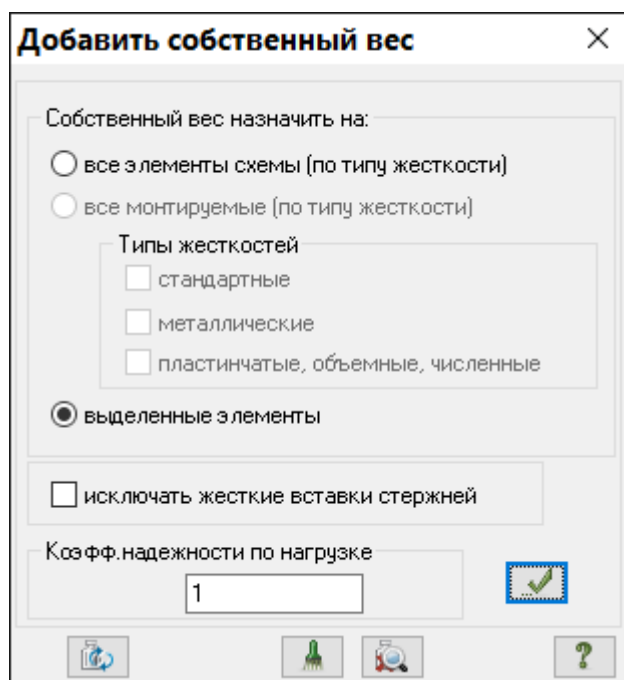







Рис.10.15. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** в раскрывающемся списке **По типу КЭ** выберите строку **Тип 10 – универсальный пространственный стержневой КЭ**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Далее в диалоговом окне **Добавить собственный вес** включите радио-кнопку **выделенные элементы** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите узлы верхней грани основания № 1230 – 1238.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки в узлах** (рис.10.16) выбрав команду  – **Нагрузка на узлы** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

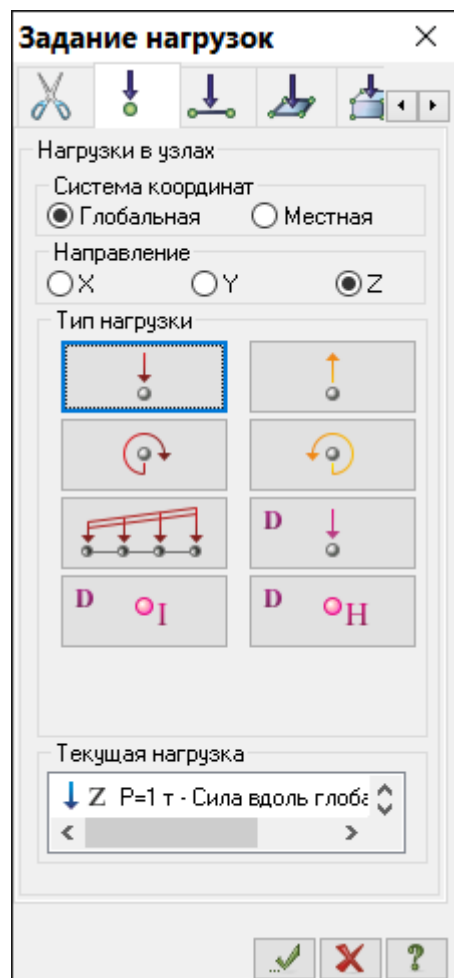



Рис.10.16. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение **P = 1 т** (рис.10.17).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

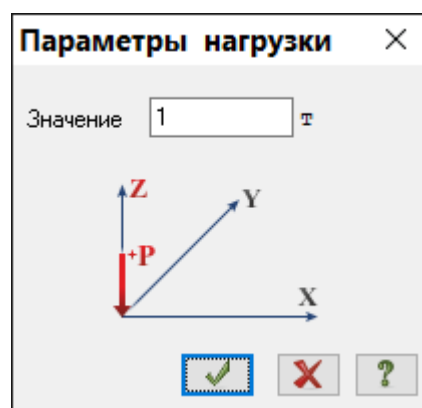






Рис.10.17. Диалоговое окно **Параметры нагрузки**

- С помощью курсора выделите узлы верхней грани основания № 1229 и 1239.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение **P = 0.5 т**.



- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Далее выделите узлы верхней грани основания № 1264 – 1267.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После этого выделите узлы верхней грани основания № 1263 и 1268.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение $P = 0.25$ т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Формирование загрузки № 4

- Смените номер текущего загрузки, дважды щелкнув по кнопке  – **Следующее загрузке** в строке состояния.



В данной задаче будет смоделировано пять стадий монтажа и пять нелинейных загрузок. Чтобы это можно было сделать, нужно третье загрузку оставить "пустыми", в четвертом задать предварительное натяжение анкеров, а в пятом задать фиктивную нагрузку в одном из крайних узлов основания по направлению граничных условий этого узла.

- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** в раскрывающемся списке **По типу КЭ** выберите строку **Тип 208 – физически нелинейный специальный двухузловой КЭ предварительного натяжения**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на третью закладку **Нагрузки на стержни**.
- Щелчком по кнопке нагрузки на спецэлемент вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте силу натяжения $P = 5$ т (рис.10.18).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

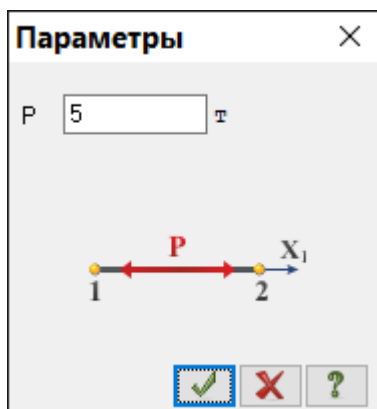




Рис.10.18. Диалоговое окно **Параметры**

Формирование загрузки № 5

- Смените номер текущего загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузке** в строке состояния.
- Выделите узел нижней грани основания № 1.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на вторую закладку **Нагрузки в узлах**.
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.

➤ В появившемся окне введите значение $P = 0.001$ т.


➤ Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

➤ Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

Корректировка флагов рисования

➤ В диалоговом окне **Показать** (рис.10.5) при активной закладке **Узлы** снимите флажок **Номера узлов**.

➤ Далее перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Показать жесткости цветом**.

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
Полученная расчетная схема представлена на рис.10.19.

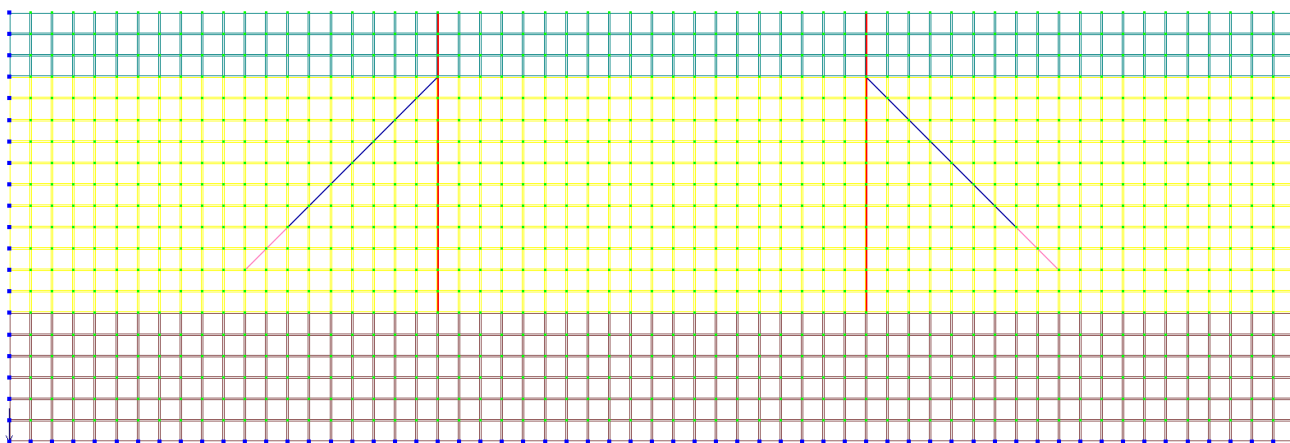



Рис.10.19. Расчетная схема основания

Этап 6. Моделирование стадий возведения и нелинейных нагрузжений

Моделирование стадий возведения

➤ Щелчком по кнопке  – **Монтаж** (панель **Нелинейность** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагрузжений конструкции** (рис.10.20).

➤ В этом окне, для создания первой стадии монтажа, перейдите на третью закладку **Стадии** и после

этого щелкните по кнопке  – **Добавить** (в левой части окна в поле **История** добавляется первая история нагружений и автоматически выделяется строка первой стадии монтажа).

➤ В диалоговом окне **Фильтр для элементов** в раскрывающемся списке **По типу КЭ** выберите строку **Тип 281 – физически нелинейный прямоугольный КЭ плоской задачи (грунт)**.

➤ Щелкните по кнопке  – **Применить**.

➤ После выделения элементов в диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагрузжений конструкции** (рис.10.20) в поле ввода **Монтируемые элементы** щелкните по кнопке **Все отмеченные** (в списке автоматически отображаются номера выделенных на схеме элементов).

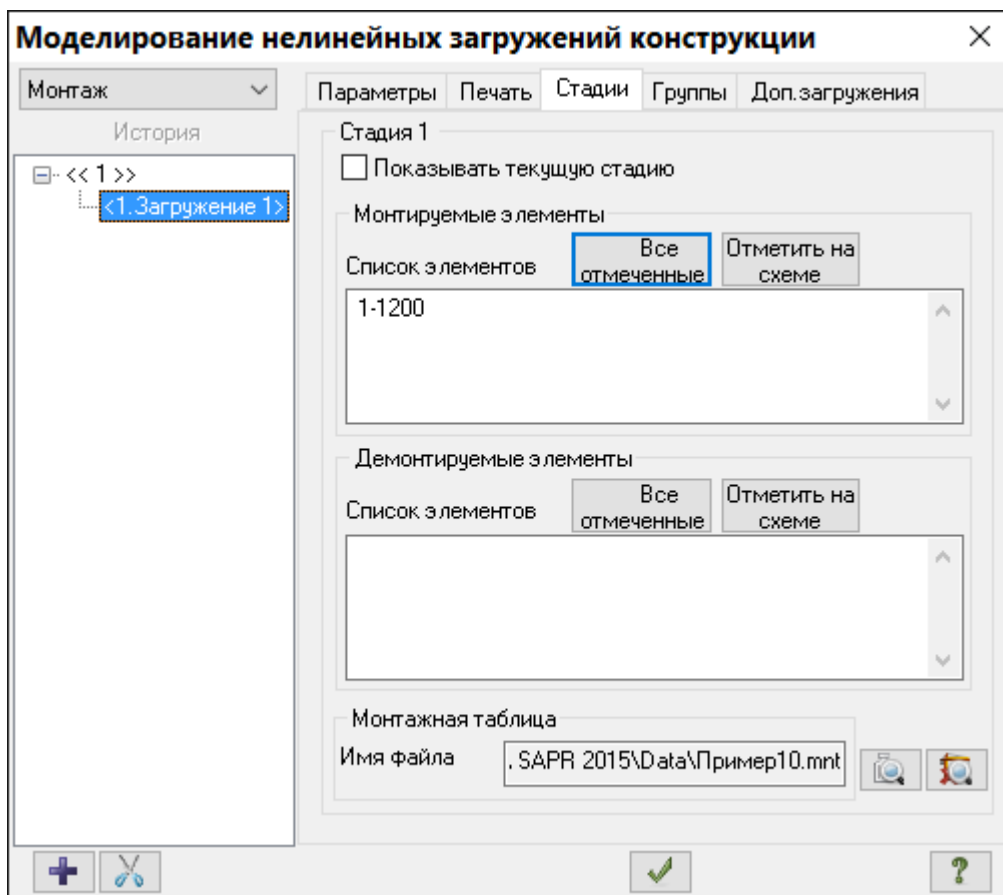









Рис.10.20. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагрузок конструкции** для задания монтажных стадий

- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- В диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагрузок конструкции** для создания второй стадии монтажа щелкните по кнопке  – **Добавить**.
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** снимите флажок **По типу КЭ**, установите флажок **По жесткости** и в раскрывающемся списке с помощью курсора выберите строку **4. КЭ 2 численное**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После выделения элементов в диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагрузок конструкции** в поле ввода **Монтируемые элементы** щелкните по кнопке **Все отмеченные**.
- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- В диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагрузок конструкции** для создания третьей стадии монтажа щелкните по кнопке  – **Добавить**.
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** в раскрывающемся списке **По жесткости** с помощью курсора выберите строку **1. КЭ 281-284 численное**.
- При активной кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**, с помощью курсора выделите элементы 1-го слоя основания внутри элементов ограждения растягиванием резинового окна слева направо, как показано на рис.10.21.
- После выделения элементов в диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагрузок конструкции** в поле ввода **Демонтируемые элементы** щелкните по кнопке **Все отмеченные**.

- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

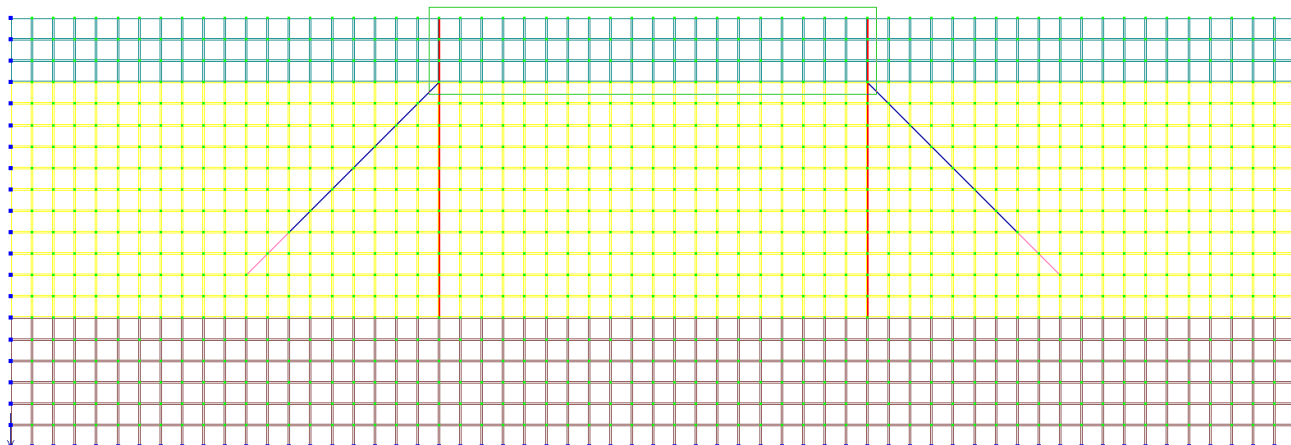








Рис.10.21. Выделение элементов 1-го слоя основания внутри ограждения

- В диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** для создания четвертой стадии монтажа щелкните по кнопке  – **Добавить**.
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** снимите флажок **По жесткости**, установите флажок **По типу КЭ** и в раскрывающемся списке с помощью курсора выберите строку **Тип 1 – КЭ плоской фермы**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Далее в этом же окне в раскрывающемся списке **По типу КЭ** выберите строку **Тип 208 – физически нелинейный специальный двухузловой КЭ предварительного натяжения**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После выделения элементов в диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** в поле ввода **Монтируемые элементы** щелкните по кнопке **Все отмеченные**.
- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- В диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** для создания пятой стадии монтажа щелкните по кнопке  – **Добавить**.
- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** снимите флажок **По типу КЭ**, установите флажок **По жесткости** и в раскрывающемся списке с помощью курсора выберите строку **2. КЭ 281-284 численное**.
- С помощью курсора выделите 5 верхних рядов элементов 2-го слоя основания внутри элементов ограждения растягиванием резинового окна слева направо, как показано на рис.10.22.
- После выделения элементов в диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** в поле ввода **Демонтируемые элементы** щелкните по кнопке **Все отмеченные**.
- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

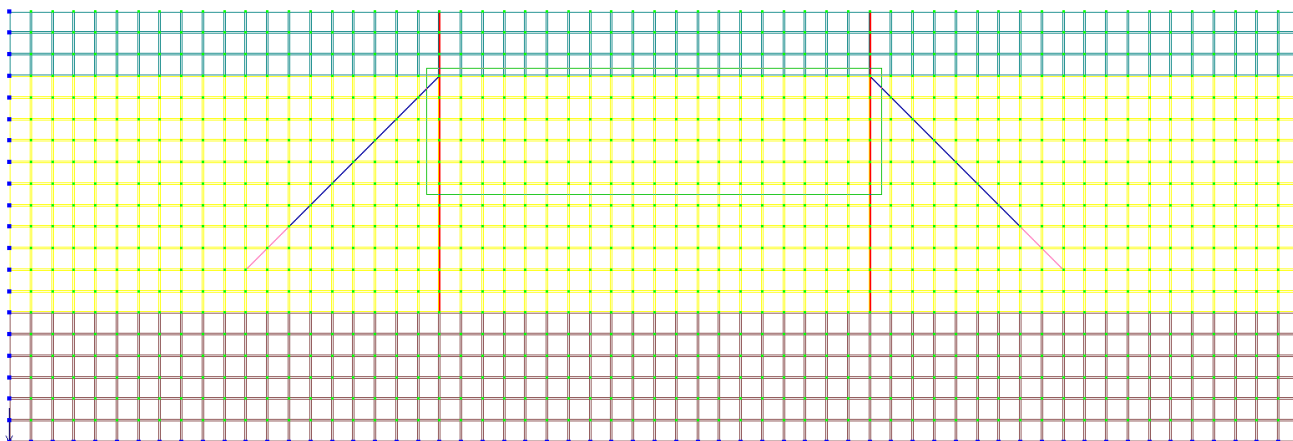



Рис.10.22. Выделение элементов 2-го слоя основания внутри ограждения

Моделирование нелинейных нагружений

- В диалоговом окне **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** перейдите на первую закладку **Параметры** и выделите строку соответствующую второй стадии монтажа.
- После этого установите флажок **Обнулить перемещения** (рис.10.23).
- Остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

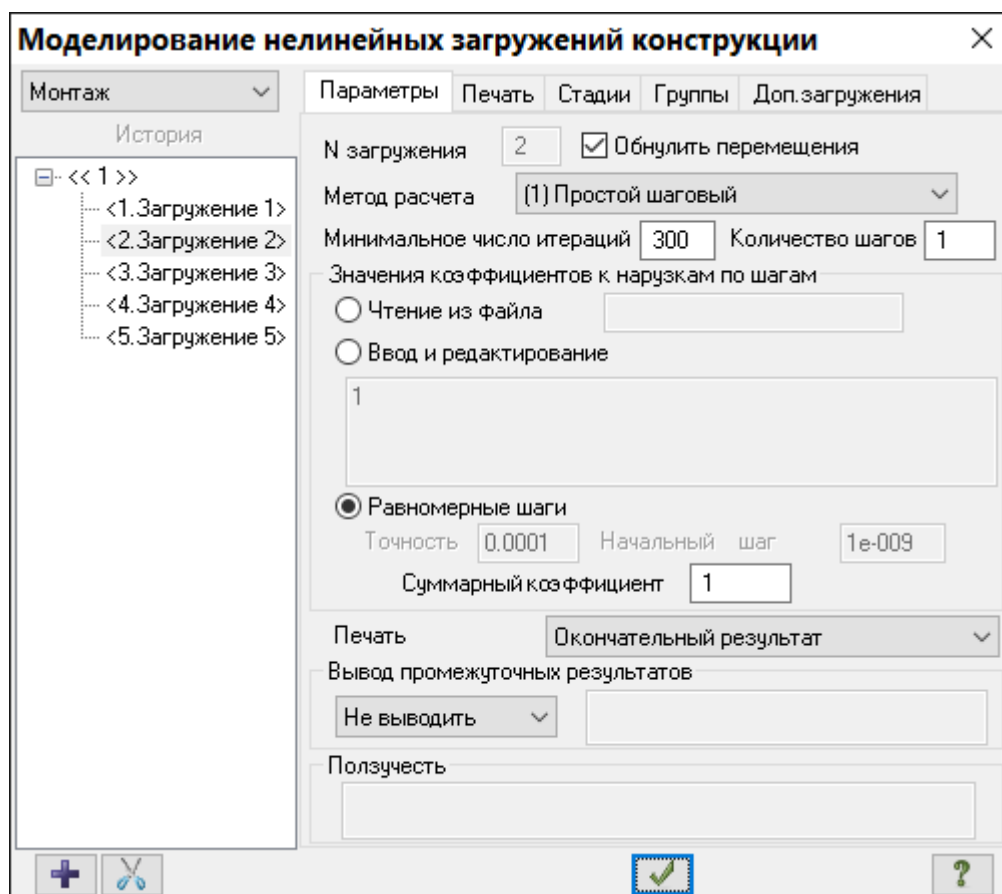



Рис.10.23. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** для задания параметров нелинейных нагружений



Для того чтобы во второй стадии монтажа исключить деформации основания от нагрузки собственного веса, во втором нелинейном нагружении нужно установить флажок **Обнулить перемещения**. Напряжения суммируются автоматически в системе **МОНТАЖ**.


Этап 7. Нелинейный расчет схемы

- Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке  – **Выполнить полный расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**).

Этап 8. Просмотр и анализ результатов расчета



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов расчета осуществляется на вкладке **Анализ**.

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.10.24). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

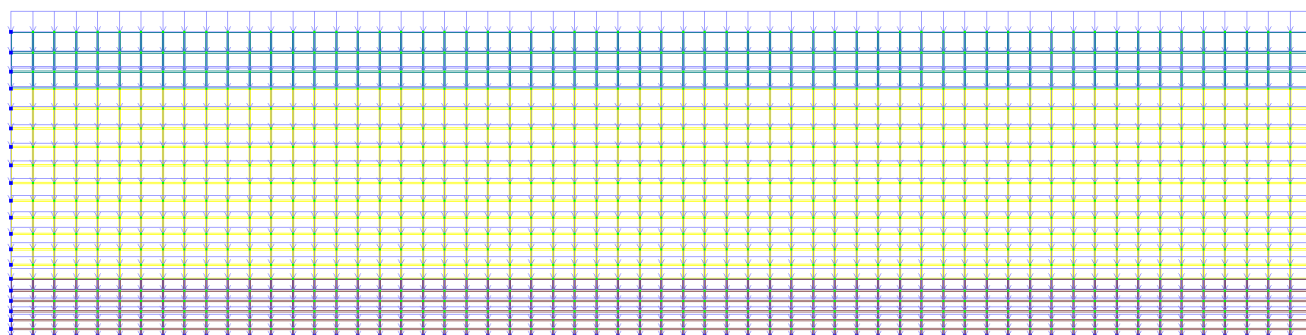




Рис.10.24. Расчетная схема с учетом перемещений узлов




Смена номера текущего нагружения

- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер нагружения** выберите строку соответствующую пятому нагружению (пятой стадии монтажа) и щелкните по кнопке  – **Применить**.


Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.


Вывод на экран изополей перемещений

- Чтобы вывести на экран изополю перемещений по направлению Z, выберите команду  – **Изополю перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополю** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополю перемещений по Z** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).
- Для отображения изополей перемещений по направлению X, щелкните по кнопке  – **Изополю перемещений по X** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).



Вывод на экран мозаик напряжений

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по N_x , выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке N_x – **Мозаика напряжений по N_x** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).
- Для отображения мозаики напряжений по N_z , щелкните по кнопке N_z – **Мозаика напряжений по N_z** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру M_y щелчком по кнопке M_y – **Эпюры M_y** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода эпюры N щелкните по кнопке N – **Эпюры продольных сил N** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Чтобы вывести мозаику усилия N , выберите команду  – **Мозаика усилий в стержнях** в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода мозаики усилия M_y щелкните по кнопке M_y – **Мозаика M_y** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.10.25) выделите строку **Усилия**.
- При активной строке **Все загрузки** в поле **Выбор загрузений**, щелкните по кнопке  – **Применить**.



По умолчанию стандартные таблицы создаются в формате CSV. Информация, которая выводится в данных таблицах, разделена по разным закладкам: исходные данные (например, коэффициенты для РСУ), если такие имеются; результаты для стержневых элементов; результаты для пластинчатых элементов и т. д.

При установке флажка **Создать обновляемую таблицу «Книги отчетов»** таблица будет создана только в формате CSV и вставлена в «Книгу отчетов». Таблицу, которая находится в «Книге отчетов», можно в дальнейшем обновлять в случае необходимости и верстать в отчет средствами «Книги отчетов».

Чтобы изменить формат создаваемой таблицы, нужно в диалоговом окне **Стандартные таблицы** щелкнуть по кнопке **Выбрать формат** и в появившемся окне **Формат таблиц** выбрать нужный формат и подтвердить выбор щелчком по кнопке **ОК** (для создания таблиц в текстовом формате нужно включить радио-кнопку **Текстовые**. 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**).

Выбранный формат таблиц запоминается и будет использован по умолчанию при дальнейшей работе со стандартными таблицами.

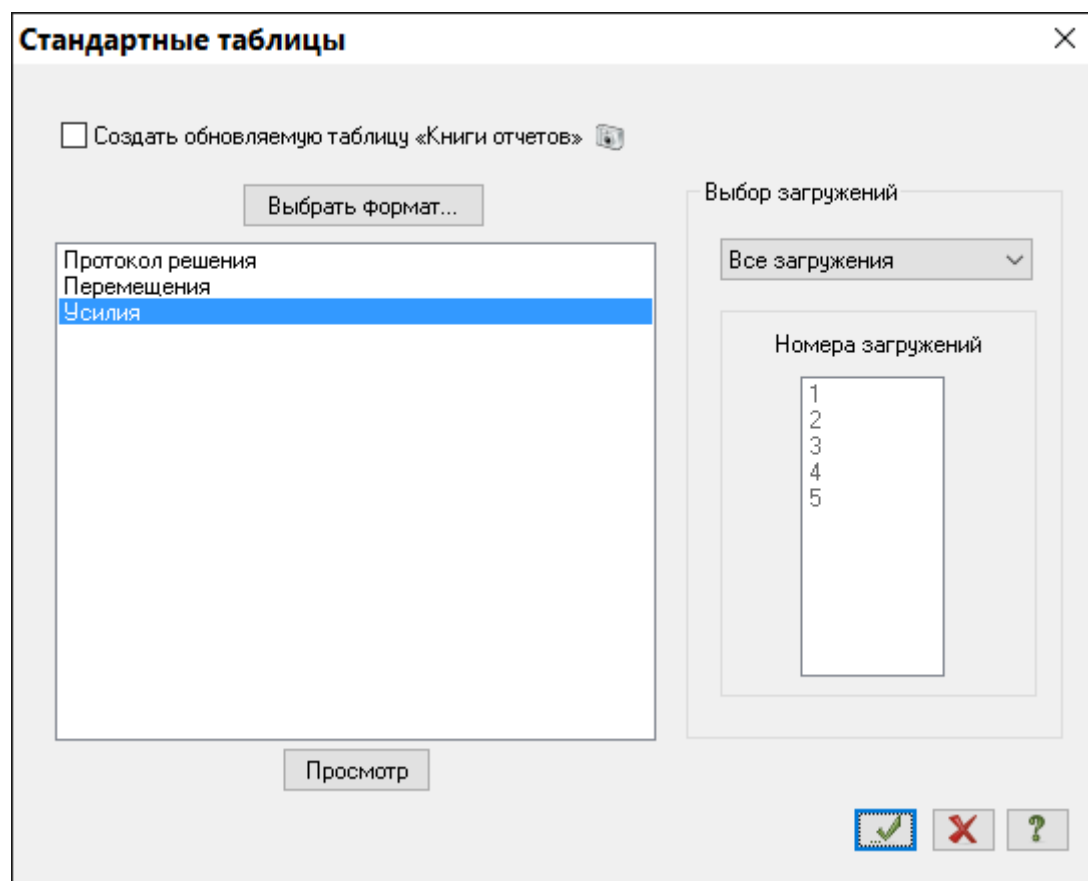



Рис.10.25. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

[Вывод на экран информации о перемещении верха шпунтового ограждения](#)

- Чтобы вывести на экран информацию о перемещении верха шпунтового ограждения, щелкните по

кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на один из верхних узлов шпунтового ограждения (например, с левой стороны котлована).

На экране появится диалоговое окно (рис.10.26) со значениями перемещений в указанном узле.

Узел 1241 [X]

Координаты		Связи	
X	20 м	<input type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
Y	0 м	<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> UY
Z	20 м	<input type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ

№ узла: 1241 Блок N: № ж.т.: Отмеченный

Нагрузки

Загружение № загр.: 5

РСН

Перемещения в глобальной системе

X	4.75147 мм	uX	0
Y	0 мм	uY	0.0631146
Z	-2.83808 мм	uZ	0

Перемещения в локальной системе

X	0 мм	uX	0
Y	0 мм	uY	0
Z	0 мм	uZ	0

[X] [?]

Рис.10.26. Диалоговое окно **Информация об узле №**