

ГЛАВА 5. СИСТЕМА ГРУНТ

5.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Редактор грунта предназначен для автоматизированного создания модели грунта и расчета параметров упругого основания (коэффициентов постели C_1 , C_2).

При разработке **Редактора грунта** учитывались требования следующих нормативных документов:

- СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений;
- СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений;
- СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений;
- ДБН В.2.1-10:2009. Основания и фундаменты сооружений.

Редактор грунта и редактор формирования расчетной модели взаимосвязаны. В редакторе формирования расчетной модели создается конечно-элементная модель фундамента с нагрузкой на уровне подошвы фундамента P_z (см. п. 2.11.9). Приложенная нагрузка на каждый элемент, моделирующий фундаментную плиту, передается в **Редактор грунта**. Типы элементов, на которые может назначаться P_z , могут быть либо стержневыми, либо пластинчатыми. В **Редакторе грунта** задается информация, относящаяся к инженерно-геологическим условиям строительной площадки: свойства грунтов основания, расположение скважин, нагрузки от соседних фундаментов. Задаются параметры и нормативны расчёта. Результаты работы **Редактора грунта** автоматически переносятся в редактор формирования расчетной модели (см. п. 5.2.5).


Средством контроля заданных параметров является геологический **Разрез**, построенный в любом месте площадки строительства (см. п. 5.2.3).

Расчет коэффициентов постели производится на основании модели линейного упругого полупространства, которая применяется при вычислении осадок основания, а также моделей основания, предложенных Винклером-Фуссом и Пастернаком [5.3].

Результаты расчета могут быть представлены как в графическом, так и в табличном виде (см. п. 5.2.5).

5.2 РЕДАКТОР ГРУНТА

Редактор грунта находится в меню **Редакторы**.

Кнопка  на панели инструментов.

Пространство экрана в **Редакторе грунта** разделено на 3 части. В основной части экрана расположен **Двухмерный графический редактор** (п. 2.12, Глава 2). Внизу экрана находится таблица **Характеристики грунтов** либо, в случае выполнения геологического разреза, **Разрез**. Слева отображаются панели создания/редактирования скважин или нагрузок, а также панели визуализации локальных результатов расчета.

В начальном окне загрузки в поле **двухмерного графического редактора** отображается план площадки строительства с перенесенными из режима формирования расчетной схемы нагрузками P_z . В этом поле задаются расположение **Скважин** и дополнительные нагрузки от соседних фундаментов.

5.2.1 Характеристики грунтов

Таблица исходных данных **Характеристики грунтов** относится к инженерно-геологическим условиям. Здесь задаются инженерно-геологические элементы (ИГЭ) грунтового массива, входящие в геологический разрез **Скважин**.

На рисунке 5.1 представлена **Таблица по умолчанию Характеристики**:

№ ИГЭ	Усл. обозн.	Наименование грунта	Насыпной грунт	Цвет	Модуль деформации, тс/м ²	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта, тс/м ³	Коэффициент перехода ко 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель текучести	Вода	Коэффициент пористости
1		Насыпной	<input checked="" type="checkbox"/>		1000	0.30	1.8	5	0.05	0.20	<input type="checkbox"/>	0.70
2		Песок пылеватый	<input type="checkbox"/>		1800	0.30	1.75	5	0.25	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.54
3		Супесь	<input type="checkbox"/>		2000	0.30	1.82	5	0.26	1.10	<input checked="" type="checkbox"/>	0.72
4		Суглинок тугопластичный	<input type="checkbox"/>		1800	0.35	1.87	5	0.17	0.26	<input checked="" type="checkbox"/>	0.68
5		Глина полутвёрдая	<input type="checkbox"/>		2200	0.42	1.92	5	0.02	0.15	<input type="checkbox"/>	0.80
		<...>	<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>	

Рисунок 5.1 Таблица по умолчанию Характеристики грунтов

Таблица по умолчанию Характеристики грунтов содержит пять строк. В них приведены наиболее часто встречающиеся грунты с осредненным значением их характеристик [5.2]. В случае необходимости, к **Таблице по умолчанию** можно вернуться кликом на закладке **Характеристики грунтов** через контекстное меню.

Создание ИГЭ

Для создания нового ИГЭ необходимо перейти на пустую строку в конце таблицы. Правила заполнения граф таблицы:

- номер ИГЭ – присваивается автоматически после ввода полной информации;
- условное обозначение ИГЭ – произвольный текст. Как правило, совпадает с обозначением, предложенным геологами в инженерно-геологическом описании площадки строительства;
- наименование грунта – для каждой строки название грунта уникально. В случае совпадения наименования грунта программа автоматически модифицирует текст;
- насыпной грунт – используется при планировке подсыпкой;
- цвет ИГЭ. Редактируется кликом по ячейке правой клавишей мыши;
- модуль деформации по ветви первичного нагружения E;
- коэффициент Пуассона ν ;
- нормативный удельный вес грунта γ ;
- коэффициент перехода ко второму модулю деформации – коэффициент перехода от модуля деформации по ветви первичного нагружения к модулю деформации по ветви вторичного нагружения. По умолчанию равен 5;
- природная влажность ω ;
- показатель текучести I_L ;
- вода – если задана отметка Вода, программа учитывает взвешивающее действие воды: при степени влажности грунта $S_r \neq 1$:

$$\gamma_{взв} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (5.1)$$

при степени влажности грунта $S_r = 1$:

$$\gamma_{\text{взв}} = \gamma_s - \gamma_\omega; \quad (5.2)$$

где:


$$S_r = \frac{\omega \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_\omega}; \quad (5.3)$$

$$\gamma_s = \frac{\gamma(1+e)}{1+\omega}; \quad (5.4)$$

- коэффициент пористости e .

Редактирование ИГЭ

Удаление ИГЭ выполняется путем выделения строки с его описанием и нажатия «**Del**». Редактирование наименования и характеристик грунта выполняется путем указания курсором на нужную ячейку с последующим вводом данных.


 ПК Лира выполняет автоматический контроль характеристик грунтов по их граничным значениям [5.2].

В случае визуализации в нижней части экрана геологического **Разреза**, переход на таблицу **Характеристики грунтов** осуществляется через закладку, расположенную внизу экрана.

5.2.2 Скважины, нагрузки

Скважины

Перед заданием скважин необходимо задать все необходимые грунты в таблице **Характеристик грунтов**.

Для создания скважины нажмите в левом ряду кнопок кнопку  **Скважина**. Затем укажите мышкой на схеме **Двумерного графического редактора** положение скважины и дважды кликните. В левой части экрана появится панель **Свойства скважины** (рисунок 5.2):

Здесь можно уточнить характеристики скважины:

- **Имя**;
- **X, Y** – координаты X, Y устья скважины на схеме (площадке строительства);
- **Абс. отметку устья** – абсолютную отметку устья.


 Положение скважин на схеме модели грунта можно менять в **Двумерном графическом редакторе** средствами копирования, переноса и т.д. Или на панели **Свойства скважины**, изменяя координаты **X, Y**.

Рисунок 5.2 Панель **Свойства скважины**

Внизу панели расположена таблица геологического **Разреза** скважины, каждая строка которой определяет слой грунта. Таблица состоит из 6 граф:

- **№** – номер ИГЭ скважины, присваивается при создании слоя;
- **Наименование** – название грунта, соответствует наименованию грунта из таблицы **Характеристики грунтов**. Выбирается из выпадающего списка;
- **Цвет** – цвет слоя грунта, соответствует цвету грунта из таблицы **Характеристики грунтов**. Присваивается автоматически после выбора слоя грунта;
- **Абс. отм. подошвы** – абсолютная отметка подошвы слоя. Задается в случае выбора отметки **Задаю автоматическую отметку подошвы**, в противном случае вычисляется автоматически;
- **Мощность слоя** – мощность слоя, вычисляется автоматически;
- **Глубина залегания** – глубина залегания подошвы слоя. Задается в случае выбора отметки **Задаю глубину залегания**, в противном случае вычисляется автоматически.

Для добавления слоя грунта в таблицу, выбираем его в выпадающего списке в колонке **Наименование** с обозначением <...>. Затем указываем глубину или абсолютную отметку подошвы слоя и нажимаем клавишу **Enter**.


Кнопка **Применить** служит для немедленного запоминания и применения характеристик скважины в проекте.

Нагрузки

В модели грунта существуют два вида нагрузок:

- нагрузки на элементы, моделирующие фундаментную плиту (плиты или стержни);
- нагрузки от соседних фундаментов.

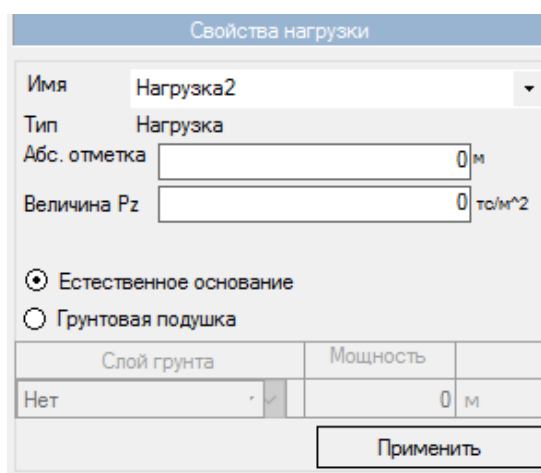
Первый вид нагрузок связан с расчетной схемой и задается в режиме **Упругое основание** в редакторе формирования расчетной модели. Эти нагрузки отображаются на схеме редактора в соответствии с координатами расчетной схемы и автоматически переносятся в **Редактор грунта** в виде проекции на плоскость X0Y.

 *Переносятся только те элементы, нормаль к плоскости которых наклонена к вертикали от 0 до 20 градусов, не более. Кроме того, стержням должно быть назначено сечение.*

В **Редакторе грунта** нагрузки на элементы, моделирующие фундаментную плиту, не могут изменить свои координаты.

Нагрузки от соседних фундаментов создаются и редактируются в **Редакторе грунта**, по правилам редактирования графических объектов в **Двумерном графическом редакторе**. Эти графические объекты в **Редакторе грунта** после создания автоматически становятся нагрузками.


Для редактирования **Свойств нагрузок** выделяем их на схеме редактора. Выделить можно сразу несколько разнотипных нагрузок. В левой части экрана появится панель **Свойства нагрузки** (рисунок 5.3):



Свойства нагрузки	
Имя	Нагрузка2
Тип	Нагрузка
Абс. отметка	0 м
Величина Pz	0 тс/м ²
<input checked="" type="radio"/> Естественное основание <input type="radio"/> Грунтовая подушка	
Слой грунта	Мощность
Нет	0 м
<input type="button" value="Применить"/>	


Рисунок 5.3 Панель **Свойства нагрузки**

Здесь можно выбрать конкретную нагрузку в раскрывающемся списке нагрузок, отмеченных на схеме, задать/изменить для этой нагрузки **Имя**, абсолютную отметку и величину **Pz**.

 *Изменение значения абсолютной отметки одного элемента фундаментной плиты приводит к автоматическому изменению отметок остальных ее элементов. При этом относительные координаты по вертикали между элементами фундаментной плиты сохраняются.*

Для нагрузок на элементы фундаментной плиты можно задать **Грунтовую подушку**. Для этого:


- на схеме редактора выделяем элементы фундаментной плиты, под которой будет грунтовая подушка;
- делаем отметку **Грунтовая подушка** на панели **Свойства нагрузки**;
- в таблице ниже, в открывающемся списке, выбираем **Слой грунта**, являющийся грунтовой подушкой для отмеченных элементов;
- задаем его **Мощность**;
- нажимаем клавишу **Enter**.

 При расчетах $C1$ и $C2$, грунтовая подушка имеет приоритет перед насыпным грунтом и слоями грунта, определенными по информации из геологических разрезов скважин.

Кнопка **Применить** служит для немедленного запоминания и применения характеристик нагрузки в проекте.

5.2.3 Геологические разрезы

Геологический **Разрез** выполняется по заданной пользователем линии на схеме **Двумерного графического редактора**. Разрез может быть выполнен, если на схеме задана хотя бы одна скважина.

Для построения разреза нажмите в левом ряду кнопок **Редактора грунта** кнопку  **Разрез**. Затем укажите мышкой на поле **Двумерного графического редактора** положение первой точки на линии разреза. Зафиксируйте точку кликом левой кнопки мышки. Двигая мышкой в нужном направлении линии разреза, зафиксируйте вторую точку линии левой кнопкой мышки. На схеме появится красная линия, по которой выполняется геологический **Разрез** (рисунок 5.4):

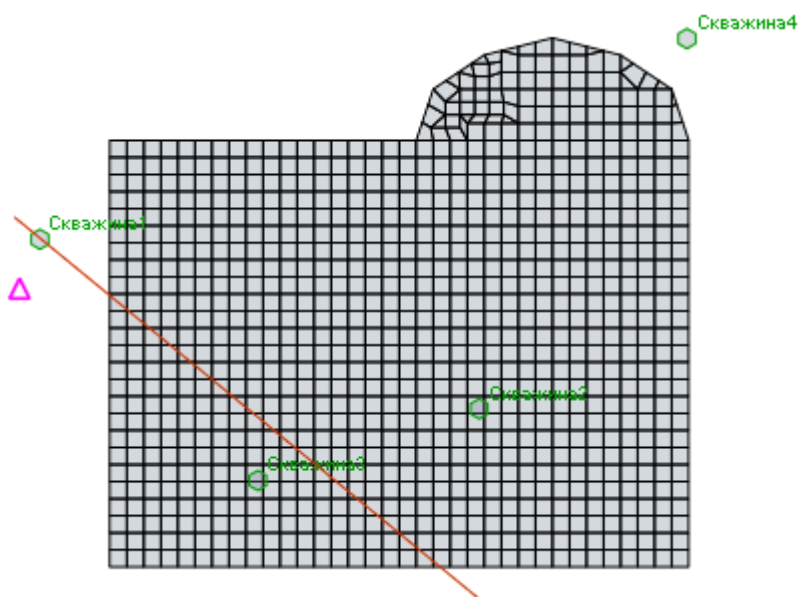


Рисунок 5.4 Построение геологического разреза

Сам разрез отобразится внизу экрана в закладке **Разрез** (рисунок 5.5):

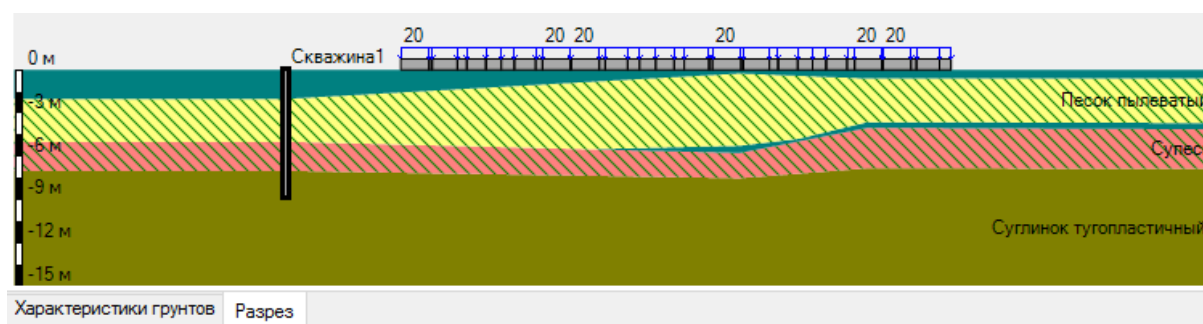


Рисунок 5.5 Отображение геологического разреза в закладке **Разрез**

На **Разрезе** отображаются:

- слои грунта в цветах из таблицы **Характеристики грунтов**;
- **Скважины**, если через них прошёл **Разрез**;
- нагрузки, если через них прошёл **Разрез**;
- шкала глубины, в единицах длины;
- названия некоторых слоев грунта;
- грунтовая подушка, если она есть.

Ширина скважин и толщина нагрузок условна. Остальные размеры соответствуют масштабу схемы. Водонасыщенные слои отмечены штриховкой.

В контекстном меню на закладке **Разрез** доступны следующие пункты:

- **Отметить скважину / Добавить скважину**;
- **Экспортировать текущий разрез в файл *.fer**;
- **Скопировать изображение разреза в файл**;
- **Отменить**.

Пункт меню **Отметить скважину** позволяет начать процесс добавления **Скважины** на основании данных **Разреза**. После выбора этого пункта, двигая мышкой, можно выбрать положение **Скважины** на разрезе (показано красной вертикальной линией). Одновременно, на схеме **Редактора грунта** показывается положение этой же **Скважины** в виде черного шестиугольника. Завершить процесс добавления можно, выбрав в контекстном меню пункт **Добавить скважину** – **Скважина** добавляется на схеме редактора, или выбрать пункт **Отменить** – тогда **Скважина** не будет добавлена.

Пункт меню **Экспортировать текущий разрез в файл *.fer** экспортирует **Разрез** в файл проекта ПК ЛИРА.

Пункт меню **Скопировать изображение разреза в файл** позволяет сохранить изображение разреза, как оно есть, в файл, для последующего использования его в **Отчетах**.

Планировка на **Разрезе** не показывается.

5.2.4 Расчет

Исходными данными для **Расчета** упругого основания являются:

- перенесенная из **Исходных данных** схема элементов, моделирующих фундаментные плиты с нагрузками **Pz**;
- в случае необходимости, дополнительные **Нагрузки** на грунт, их расположение, величины и отметки плоскости приложения;
- модель грунта, содержащая описание **Характеристик грунтов (ИГЭ)** и сведения о **Скважинах** – их расположение и геология.

Вычисление коэффициентов постели C1, C2

Существует множество моделей грунтового основания. На сегодняшний день, к сожалению, нет единого мнения об их применении в каждом конкретном случае. В программе реализованы 3 основных модели основания – модель Пастернака (расчет по **Методу 1**), модель Винклера-Фусса (расчет по **Методу 2**) и модифицированная модель Пастернака (расчет по **Методу 3**).

Метод 1. Модель основания Пастернака

Вычисление коэффициента постели C1

По физическому смыслу коэффициент постели C1 означает величину усилия в тонна-силах, которое необходимо приложить к 1 м² поверхности основания, чтобы последнее осело на 1 м. Размерность C1 – тс/м³.

Значение коэффициента постели C1 в расчетной точке с координатами (x, y) определяется по формуле:

$$C1 = \frac{E_0}{H_c(1 - 2\nu_0^2)}, \quad (5.5)$$

где:

E₀ – усредненный модуль деформации;

H_c – глубина сжимаемой толщи;

ν₀ – усредненный коэффициент Пуассона.

Вычисление глубины сжимаемой толщи Hc


В соответствии с нормативными документами [5.1, 5.4-5.7], для расчета H_c используется расчетная схема в виде линейно деформируемого полупространства.

В расчетной точке с координатами (x, y) на глубине z_j от каждой k-ой внешней нагрузки на грунт вычисляются суммарные дополнительные вертикальные напряжения $\sigma_{zp_j} = \sum \sigma_{zp_{jk}}$ и вертикальные напряжения от собственного веса грунта σ_{zg_j} .

Если, начиная с глубины z_j и ниже, выполняется условие

$$\sigma_{zp_j} < \lambda \sigma_{zg_j}, \quad (5.6)$$

то фиксируется глубина сжимаемой толщи H_c = z_j.

Важным параметром для проверки соотношения дополнительного вертикального напряжения σ_{zp_j} и напряжения от собственного веса σ_{zB_j} является коэффициент глубины сжимаемой толщи λ , который задается в окне **Установить нормы и характеристики расчета** (рисунок 5.6). Кнопка  в верхнем левом ряду кнопок **Редактора грунта**.

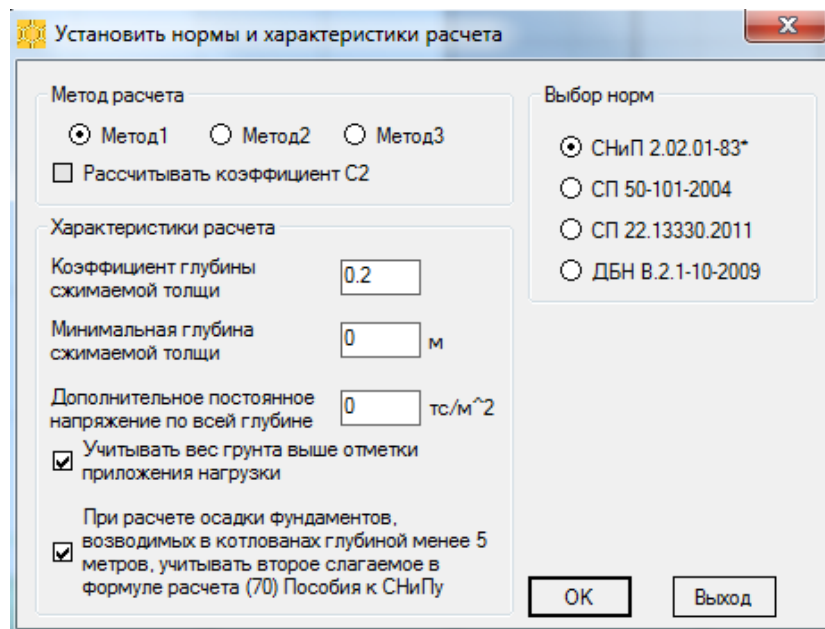


Рисунок 5.6 Окно **Установить нормы и характеристики расчета**

В зависимости от выбранных норм, значение λ принимается по умолчанию:

- 0,2 по нормам [5.7, п. 6, Приложение 2).

Если нижняя граница сжимаемой толщи H_c находится в слое грунта с $E < 5$ МПа или такой грунт залегает непосредственно ниже H_c , то внутрипрограммно происходит пересчет H_c на значение $\lambda = 0,1$. В этом случае после выполнения расчета появится сообщение (рисунок 5.7):

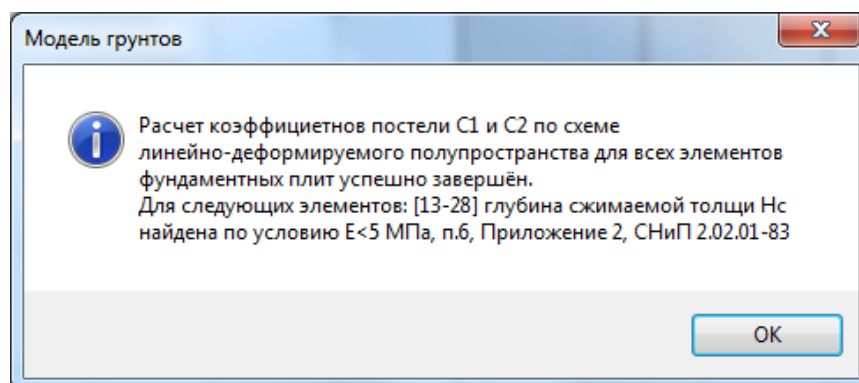


Рисунок 5.7

- 0,5 по нормам [5.5, п. 5.5.41].

Если нижняя граница сжимаемой толщи H_c находится в слое грунта с $E < 5$ МПа или такой грунт залегает непосредственно ниже H_c , то этот слой включается в сжимаемую толщу, а

за H_c принимается минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp_j} < 0.1\sigma_{zg_j} \quad (5.7)$$

На экране появится сообщение (рисунок 5.8):

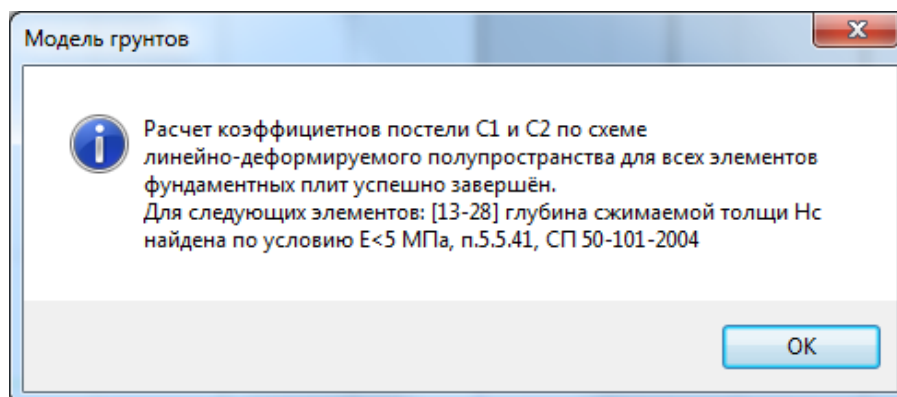


Рисунок 5.8

- 0,5 по нормам [5.6, п. 5.6.41].

Если нижняя граница сжимаемой толщи H_c находится в слое грунта с $E \leq 7$ МПа или такой грунт залегает непосредственно ниже H_c , то этот слой включается в сжимаемую толщу, а за H_c принимается минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp_j} < 0.2\sigma_{zg_j} \quad (5.8)$$

На экране появится сообщение (рисунок 5.9):

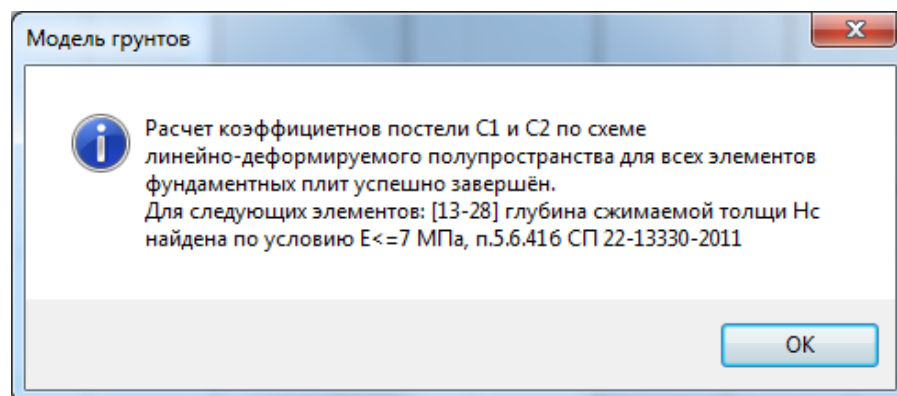


Рисунок 5.9

- 0,5 по нормам [5.1].

Расчет аналогичен нормам [5.5]. На экране появится сообщение (рисунок 5.10):

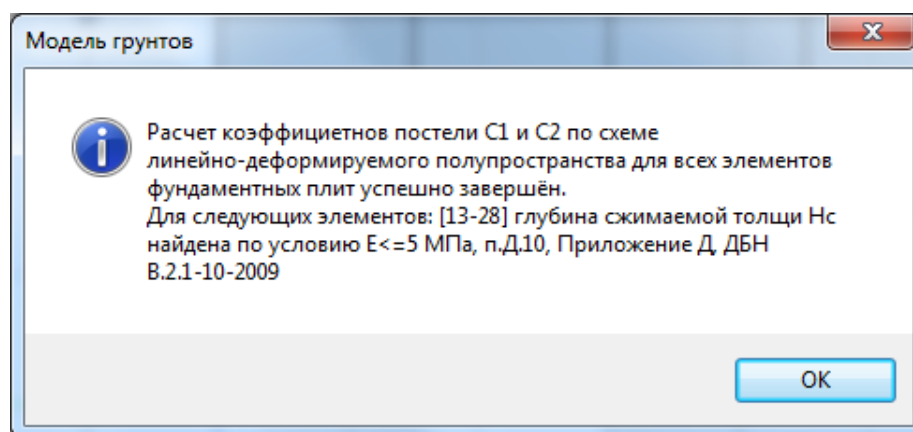


Рисунок 5.10

Так как расчет производится по схеме линейно-деформируемого полупространства (ЛПП), то по всем нормам для каждого ИГЭ контролируется модуль деформации E . В случае, если $E \geq 100$ МПа:

- по нормам [5.7, п. 2.40а] после нахождения H_c производится проверка на схему линейно-деформируемого слоя:

$$h_{zj} \geq H_c \left(1 - \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}\right), \quad (5.9)$$

где: E_2 – модуль деформации грунта, подстилающего слой с $E \geq 100$ МПа. В случае выполнения проверки по формуле (5.9), расчет будет произведен, однако следует самостоятельно проверить условия п. 2.40б на допустимость расчета по схеме ЛПП. После завершения расчета на экране появится сообщение (рисунок 5.11):

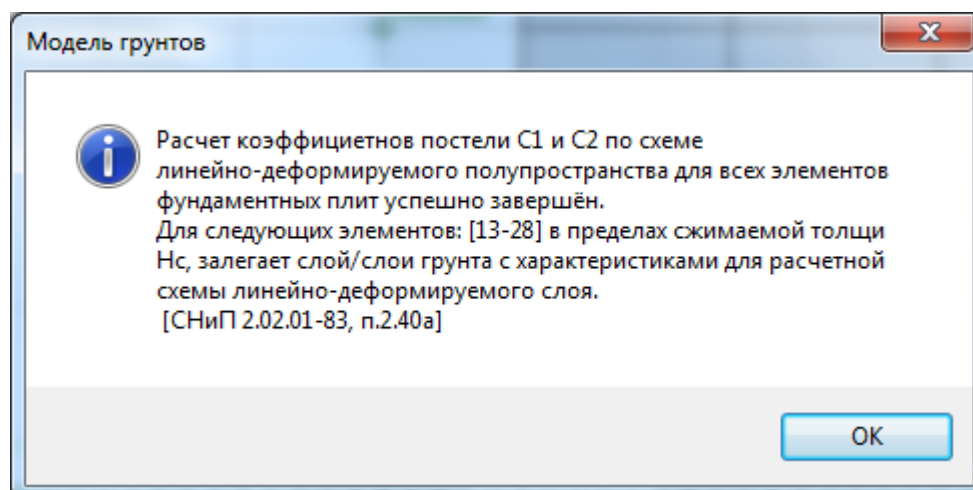


Рисунок 5.11

Если проверка по формуле (5.9) не выполняется расчет завершается стандартным сообщением (рисунок 5.14).

- по нормам [5.5, п. 5.5.41], [5.6, п. 5.6.41] H_c допускается принимать до кровли грунта с $E \geq 100$ МПа. Расчет продолжится после выбора: «Да» – H_c принимается до кровли этого грунта, «Нет» – H_c принимается из условия формулы (5.6) (рисунок 5.12):

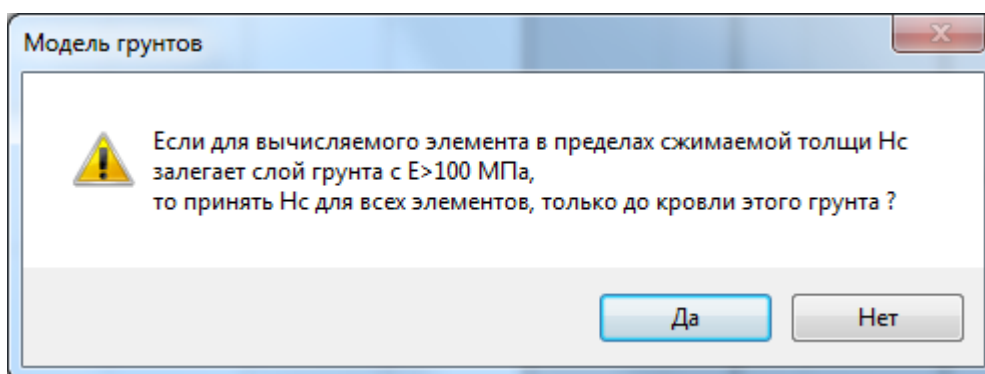


Рисунок 5.12

- по нормам [5.1, п. Д10, Приложение 10] расчет производится аналогично [5.5, п. 5.5.41], [5.6, п. 5.6.41] (рисунок 5.13):

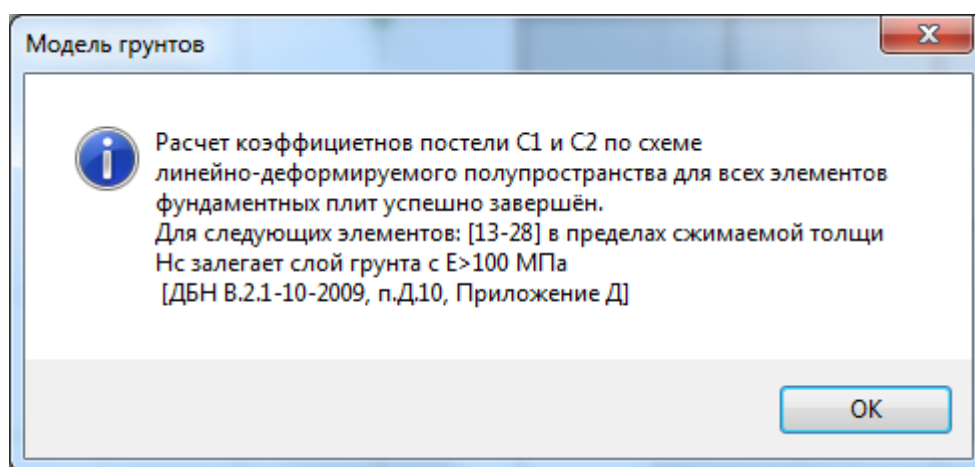


Рисунок 5.13

Вычисление усредненного модуля деформации E_0


Усредненный модуль деформации E_0 в расчетной точке с координатами (x,y) в пределах сжимаемой толщи H_c определяется, в соответствии с [5.7, п.11, Приложение 2], [5.5, п. 5.5.45], [5.6, п. 5.6.49, примечание 2], [5.1, п. Д13, Приложение Д,], по формуле:

$$E_0 = \frac{\sum \sigma_{zp_{jk}} h_j}{\sum \frac{\sigma_{zp_{jk}} h_j}{E_j}} \quad (5.10)$$

Вычисление усредненного коэффициента Пуассона ν_0

Усредненный коэффициент Пуассона ν_0 определяется, в соответствии с [5.7, п.11, Приложение 2], [5.5, п. 5.5.45], [5.1, п. Д13, Приложение Д,], по формуле:

$$\nu_0 = \frac{\sum \nu_j h_j}{H_c} \quad (5.11)$$

 Можно учесть **Дополнительное постоянное напряжение** по всей глубине от сплошной распределенной нагрузки q (см. [5.4, п. 2.216], [5.5, п. 5.5.39], [5.6, п. 5.6.39], [5.1, п. Д, Приложение Д]) и **Минимальную глубину сжимаемой толщи** (см. [5.5, 5.5.41], [5.6, п. 5.6.41], [5.1, п. Д10]), (рисунок 5.6).

Вычисление коэффициента постели C_2

Значение коэффициента постели C_2 в расчетной точке с координатами (x, y) определяется по формуле:

$$C_2 = \frac{E_0 H_c}{6(1 + \nu_0)} \quad (5.12)$$

При успешном завершении расчета (кроме описанных выше случаев), на экране появится сообщение (рисунок 5.14):

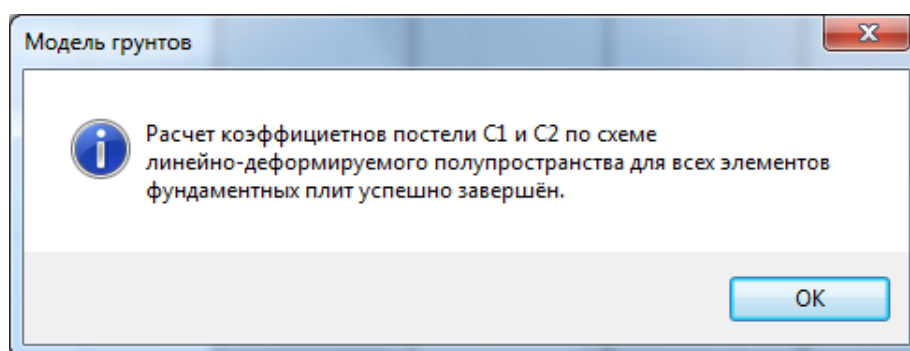


Рисунок 5.14

Метод 2. Модель основания Винклера-Фусса

Вычисление коэффициента постели C_1

Согласно гипотезе Винклера коэффициент постели C_1 в расчетной точке с координатами (x, y) равен отношению равномерно распределенной нагрузки в этой точке P_z к ее осадке s :

$$C_1 = \frac{P_z}{s} \quad (5.13)$$


Вычисление осадки s


Осадку основания фундамента s , в соответствии с [5.4, п. 2.227], [5.5, п. 5.5.31], [5.6, п. 5.6.31], [5.1, п. Д1, Приложение Д], определяется методом послойного суммирования по формуле:

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad (5.14)$$

где: β – безразмерный коэффициент, равный 0,8; $\sigma_{zy,i}$ – среднее значение вертикального напряжения в i -ом слое грунта от собственного веса выбранного при отрывке котлована

грунта, $E_{e,i}$ – модуль деформации i -го слоя грунта по ветви вторичного нагружения; n – число слоев грунта, с учетом их дробления на подслои в пределах сжимаемой толщи H_c .

 Так как при расчете осадки s фундаментов, возводимых в котлованах глубиной менее 5 м, допускается в формуле (5.14) не учитывать второе слагаемое (см. [5.4, п. 2.227.], [5.5, п. 5.5.34], [5.6, п. 5.6.34], [5.1, п. Д4, Приложение Д]), то можно сделать соответствующую пометку в окне **Установить нормы и характеристики расчета** (см. рисунок 5.6) и произвести расчет без учета второго слагаемого.

 Для норм [5.7, п. 2, Приложение 2] допускается для фундаментов шириной $b \geq 10$ м не учитывать собственный вес грунта на уровне подошвы фундамента. Сделать соответствующую пометку можно на панели **Установить нормы и характеристики расчета** **Учета веса грунта выше отметки приложения нагрузки** (см. рисунок 5.6).

Вычисление коэффициента постели C_2

Значение коэффициента постели C_2 в расчетной точке с координатами (x, y) определяется по формуле:

$$C_2 = C_1 \cdot \frac{H_c^2 (1 - 2\nu_0^2)}{6(1 + \nu_0)} \quad (5.15)$$

Метод 3. Модифицированная модель Пастернака

Вычисление коэффициента постели C_1

Для определения коэффициента постели C_1 так же, как и для **Метода 1**, используется формула (5.5). Отличие состоит в том, что для определения среднего модуля деформации E_0 вводится поправочный коэффициент k_i к величине модуля деформации E_i i -го подслоя. Этот коэффициент изменяется от $k_1=1$ на уровне подошвы фундамента до $k_n=12$ на уровне уже вычисленной границы сжимаемой толщи H_c . Принято, что коэффициент k изменяется по закону квадратной параболы:

$$k_i(z) = \frac{11z^2}{H_c^2} + 1 \quad (5.16)$$

Кроме того, принимается, что дополнительное вертикальное напряжение по глубине распределено равномерно. Тогда:

$$E_0 = \frac{H_c}{\sum \frac{h_j}{k_i E_i}} \quad (5.17)$$

Коэффициент k вводится и при определении осадки:


$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) h_i}{k_i E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} h_i}{k_i E_{e,i}} \quad (5.18)$$

Вычисление коэффициента постели C_2

Значение коэффициента постели C_2 определяется аналогично Методу 2 по формуле (5.15).

5.2.5 Результаты расчёта

После выполнения расчета для каждого элемента фундаментной плиты можно посмотреть результаты. Для этого выберите на схеме нужные элементы. Слева появится панель **Свойства нагрузки** с исходными и расчетными данными, а также эпюрами напряжений (рисунок 5.15).

 Если выбраны несколько элементов фундаментной плиты, то их имена заносятся в раскрывающийся список вверху панели, в котором можно выбрать конкретный элемент.

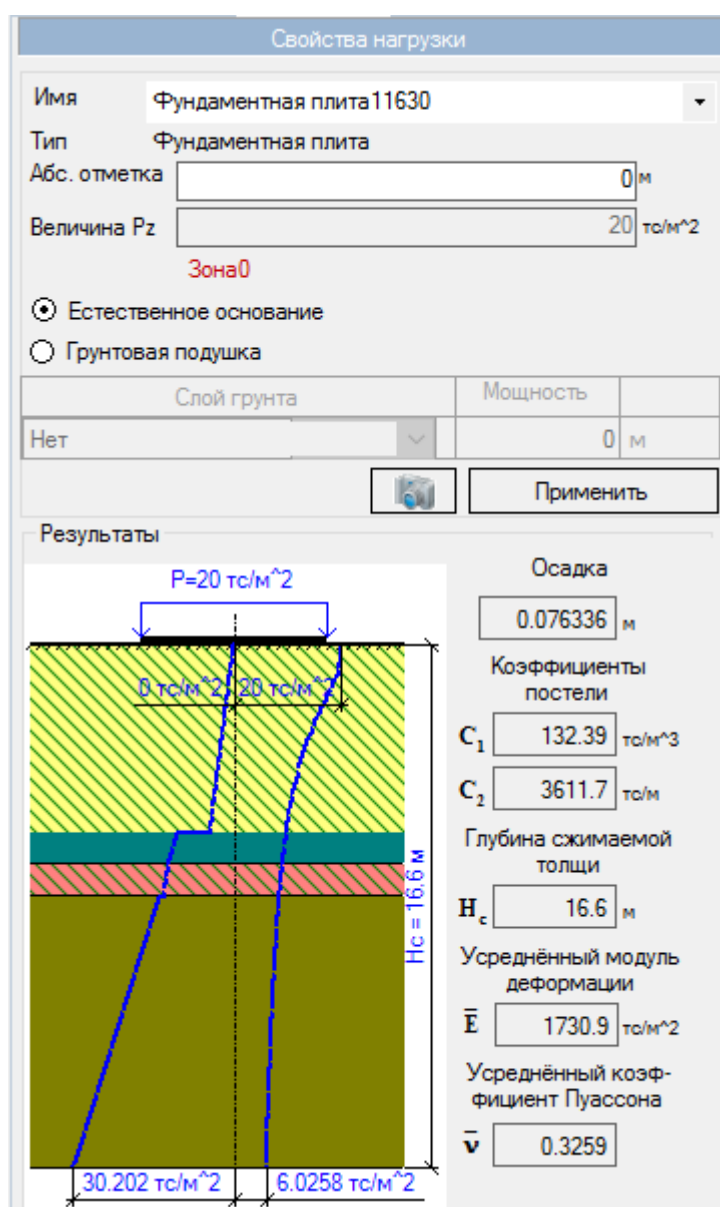



Рисунок 5.15

На рисунке 5.15 показан пример панели Свойств нагрузки для элемента фундаментной плиты. В нижней части панели показаны Результаты расчета. Ширина и высота элемента условны, остальные размеры соответствуют масштабу рисунка. Цвета слоев грунта соответствуют их цветам в таблице **Характеристики грунтов**. Водонасыщенные слои штрихуются.

На рисунке 5.15 кнопка  позволяет скопировать изображение эпюр напряжений в файл для последующего использования его в документировании.


5.2.6 Импорт модели грунта

Импорт модели грунта можно осуществлять из двух типов файлов:

- файлы *.dxf с замкнутыми полигонами;
- файлы модели Леры (*.fer), в которых сохранена модель грунта.

Импорт файла *.dxf с замкнутыми полигонами

Способ 1

Нажав кнопку , **Свойства**, затем выбрав закладку **Импорт**, задайте масштабный коэффициент для изменения размеров импортируемых полигонов из файлов *.dxf (рисунок 5.16):

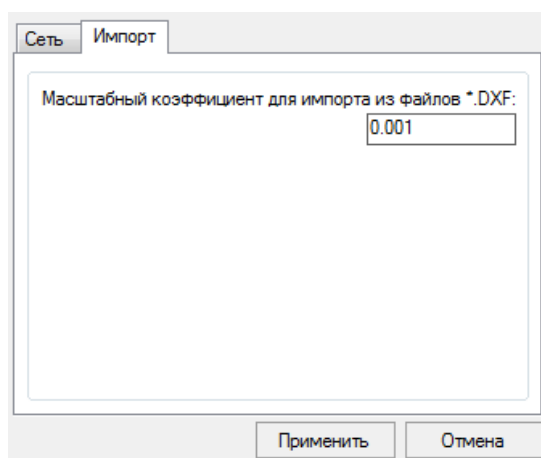



Рисунок 5.16


При нажатии «**Применить**» импорт начнется немедленно.

Способ 2

Нажмите в верхнем ряду кнопок **Редактора грунта** кнопку , **Импортировать модель грунта из файла**. Появится стандартное окно открытия файла. Выберите файл *.dxf для импорта.

Замкнутые полигоны из файла *.dxf импортируются отдельно по принципу: один полигон – одна нагрузка от соседнего фундамента. Если необходимо, их можно, в дальнейшем, объединить в одну нагрузку с помощью средств **двумерного графического редактора**.

Импорт файла модели Лиры (*.fer), в котором сохранена модель грунта

Нажмите в верхнем ряду кнопок **Редактора грунта** кнопку . Выберите файл для импорта *.fer. Если в файле нет данных для импорта, на этом операция закончится. В противном случае появится окно (рисунок 5.17):

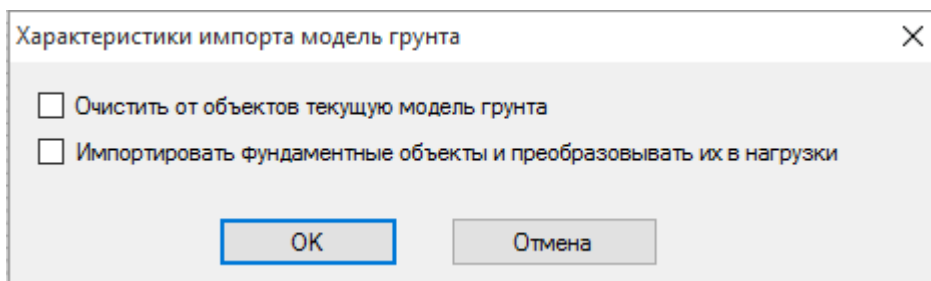


Рисунок 5.17

Здесь:

- **Очистить от объектов текущую модель грунта** – выбор означает, что перед импортом все объекты текущей модели грунта (**Нагрузки** и **Скважины**, но не таблица **Характеристики грунтов**) удаляются. То есть объекты из импортируемой модели замещают существующие.

- **Импортировать фундаментные объекты и преобразовывать их в нагрузки** – выбор означает, что все найденные в импортируемом файле нагрузки на элементы фундаментной плиты преобразуются в нагрузки от соседних фундаментов по контурам исходных объектов. В противном случае, нагрузки на фундаментные объекты не импортируются.



По окончании импорта на экране редактора появляются, выделенные красным цветом, контуры импортируемых объектов. В случае необходимости местоположение импортируемых объектов можно отредактировать средствами **двумерного графического редактора** или отменить импорт, нажав клавишу «Esc».

Из файлов *.fer импортируется:

- таблица **Характеристики грунтов** – ИГЭ из импортируемой таблицы добавляются в конец существующей таблицы;
- **Скважины**;
- **Нагрузки** от соседних фундаментов;
- нагрузки на элементы фундаментной плиты **Pz** – только если в окне (рисунок 5.17) отмечено **Импортировать фундаментные объекты и преобразовывать их в нагрузки**.


5.3 Визуализация результатов расчёта

Визуализация/просмотр результатов расчета возможна после выполнения **Расчета** в **Редакторе грунта**. В режиме формирования расчетной модели можно визуализировать результаты в трех вариантах:


- **Информация об элементе или узле**, кнопка ;
- **Упругое основание**, кнопка .

- Анализ модели, кнопка .

Просмотр результатов в режиме Информация об элементе или узле

Нажмите кнопку  и выберите на схеме элемент для просмотра результата. Слева появится панель **Информация об элементе или узле** с исходными и рассчитанными данными выбранного элемента (рисунок 5.18). На этой панели откройте пункт **Упругое основание**, затем откройте свойство **Тип** и если расчет коэффициентов постели был ранее выполнен, то будет показано значения $C1$ и $C2$ для этого элемента. Для стержней визуализируется значение коэффициентов постели, действующих в двух направлениях: вдоль оси $Z1$ местной системы координат – $C1$ и $C2$ (вертикальный отпор грунта), и вдоль оси $Y1$ местной системы координат – $yC1$ и $yC2$ (горизонтальный отпор грунта). $yC1$ и $yC2$ задается пользователем и визуализируется только в этом случае. Кроме этого для стержней дается информация о ширине и глубине осадочной лунки и политика назначения размеров стержня – из **Сечений** либо задана пользователем (рисунок 5.19).

Визуализация результатов в режиме Упругое основание

Нажмите кнопку , слева появится панель **Задать упругое основание** (рисунок 5.20). Откройте выпадающую вкладку **Визуализация**.

На этой вкладке можно:

- выбрать, какие конечные элементы будут визуализироваться;
- нажимая одну из кнопок $C1$, $C2$, $C1y$, $C2y$ или Pz можно увидеть в режиме формирования расчетной модели распределение по элементам значений коэффициентов постели $C1$ и $C2$ или значение нагрузки Pz (рисунок 5.21).

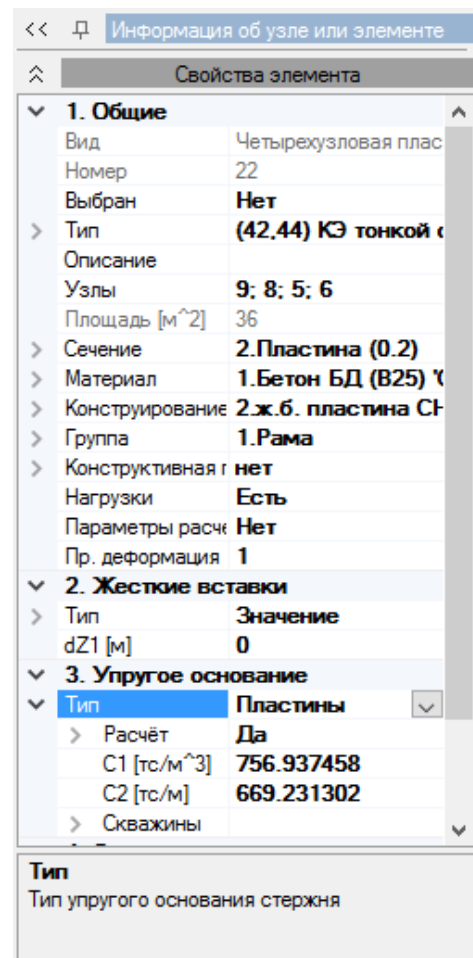


Рисунок 5.18

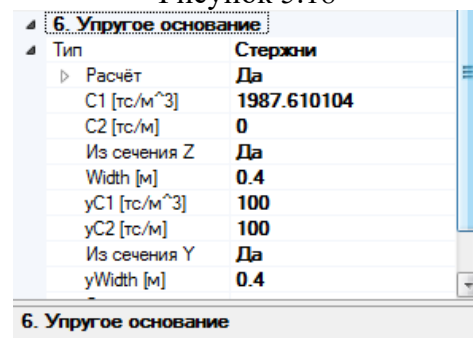


Рисунок 5.19

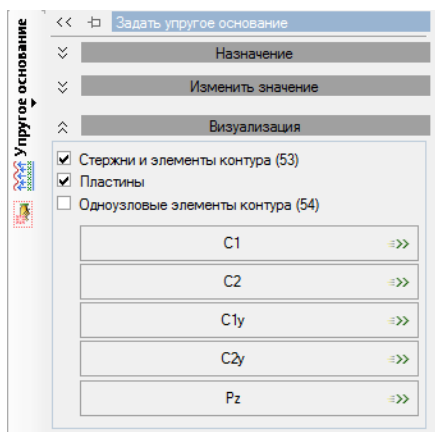


Рисунок 5.20

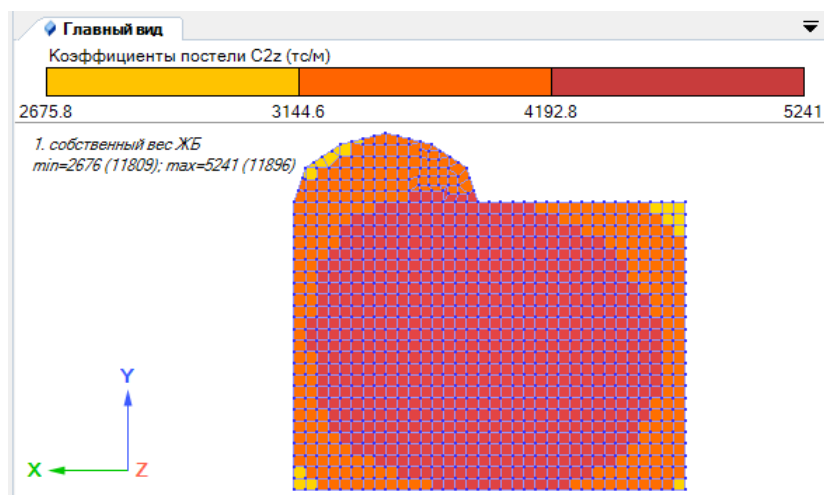



Рисунок 5.21

Визуализация результатов в режиме *Анализ модели*

Нажмите кнопку , слева появится панель **Анализ модели** (рисунок 5.22).

Откройте выпадающую вкладку **Упругое основание**. Здесь в дополнение к таким же кнопкам как в режиме **Упругое основание** добавлены кнопки, позволяющие визуализировать дополнительную информацию, полученную при расчете, а именно:

- **усредненный модуль деформации;**
- **усредненный коэффициент Пуассона;**
- **глубина сжимаемой толщи;**
- **осадка;**
- **относительная разность осадок.**

Все эти данные показываются в виде распределения значений по элементам. Чтобы показать относительную разность осадок для начала нужно выбрать на схеме реперный элемент, относительно которого эта разность рассчитается. Для этого:

1. Установите курсор мышки на нужном элементе.
2. Правой кнопкой мышки вызовите контекстное меню.
3. Выберите пункт меню **Реперный элемент относительной разности осадок**.
4. Кнопка **Относительная разность осадок** активизируется. В окне под кнопкой будет указан номер этого элемента (рисунок 5.22).

5. Нажмите кнопку **Относительная разность осадок** и получите на схеме распределение относительных разностей осадок по элементам (рисунок 5.23). Реперный элемент на схеме показан белым цветом.

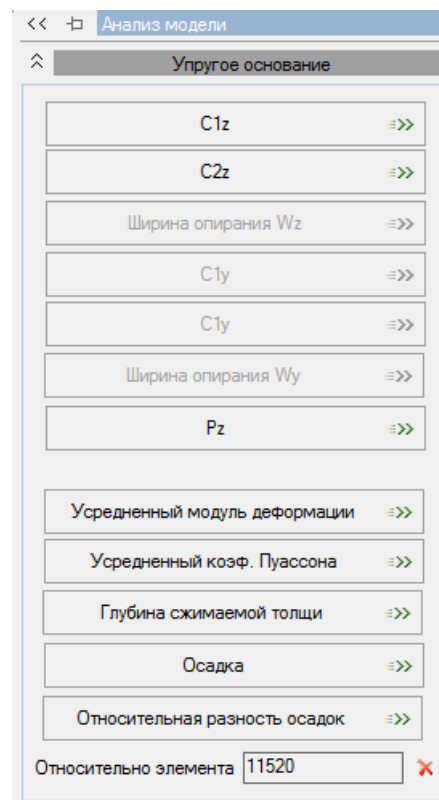




Рисунок 5.22

 Изменить реперный элемент можно с помощью того же пункта меню **Реперный элемент относительной разности осадок**. Если этот пункт меню не активирован или при выборе этого пункта меню ничего не происходит, значит у этого элемента либо нет данных об осадке, либо он не принадлежит к упругому основанию, либо выбран узел, а не элемент фундаментной плиты.

Убрать реперный элемент можно нажав кнопку  (рисунок 5.22)

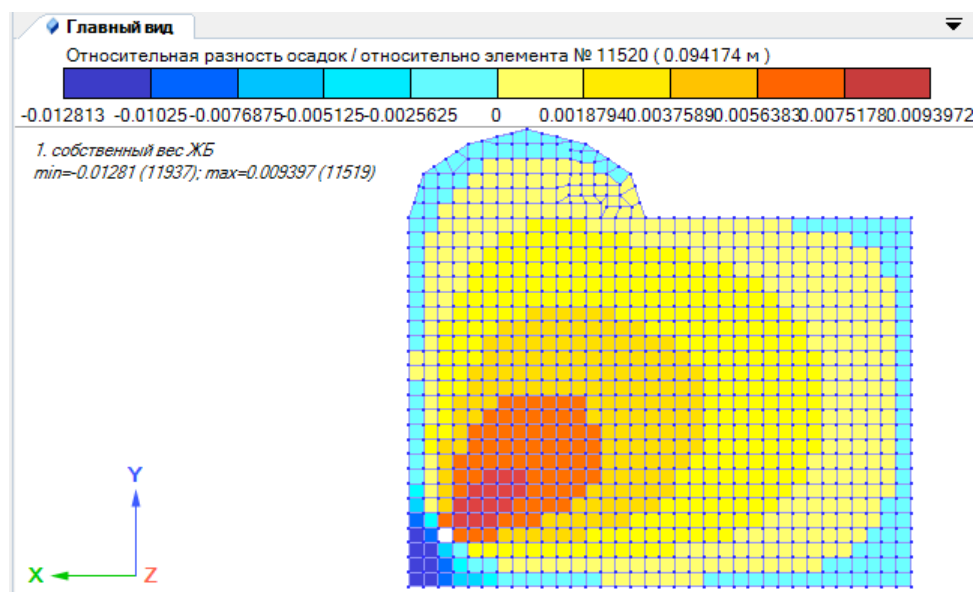





Рисунок 5.23

5.4 ПЕРЕСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОСТЕЛИ НА НОВУЮ НАГРУЗКУ

Уточнять коэффициенты постели C_1 и C_2 на приложенную фактическую нагрузку можно только после получения результатов расчета расчетной схемы.

Приложить отпор грунта

Преобразование отпора грунта R_z в нагрузку P_z выполняется в следующей последовательности:

1. Перейти в **Результаты расчета**.
2. Поставить текущим нужное загрузение или РСН.
3. Вывести на экран **Результаты по пластинам**, кнопка , либо **Результаты по стержням**, кнопка .
4. Отобразить на экране отпор грунта, нажав на кнопку **Усилие R_z** , либо усилие R_y для стержней (рисунок 5.24).
5. Перейти на **Преобразование результатов в исходные данные**, кнопка .

6. На панели **Преобразовать результаты в исходные данные** открыть вкладку **Преобразование в Rz**.

7. При преобразовании РСН сделать выбор в выпадающем списке окна **Тип сочетаний** (рисунок 5.25).

8. При необходимости откорректировать **Коэффициент преобразования**.

9. На вкладке **Политика преобразования** при помощи соответствующих радио-кнопок указать элементы (выбранные или все), для которых предполагается выполнить перерасчет.

10. Выполнить преобразование, нажав на кнопку **Преобразовать**.

На экран выводится сообщение о количестве измененных элементов, суммарной площади измененных элементов, суммарной нагрузке до и после изменения, а также процент изменения нагрузки и изменение положения центра сил (рисунок 5.26).

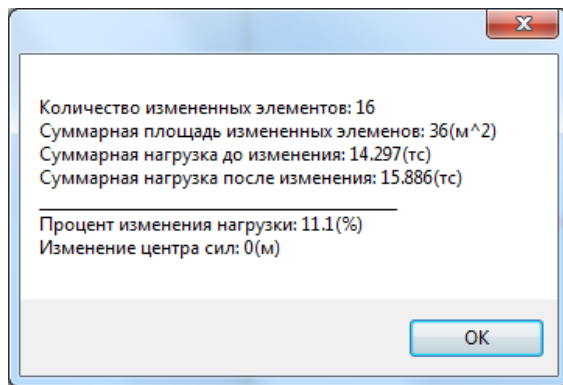


Рисунок 5.26

После нажатия кнопки ОК значения нагрузки P_z (заданные для работы в Редакторе грунта) будут заменены на значения отпора R_z . Для элементов, где присутствует отрыв от грунтового основания (положительное значение R_z), R_z при переносе обнуляется.

Для выполнения перерасчета необходимо вернуться в Исходные данные и выполнить: Расчет → Запустить расчет. На экране появится сообщение (рисунок 5.27):

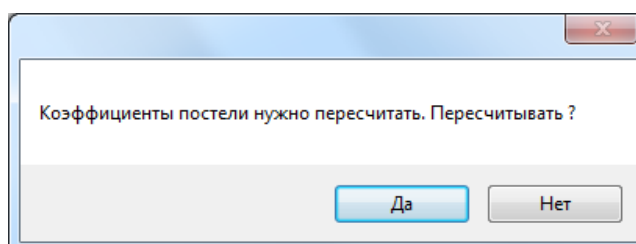


Рисунок 5.27

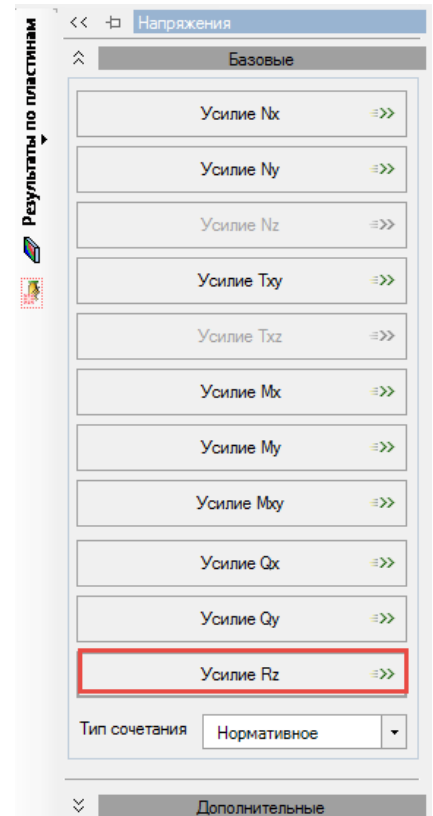


Рисунок 5.24

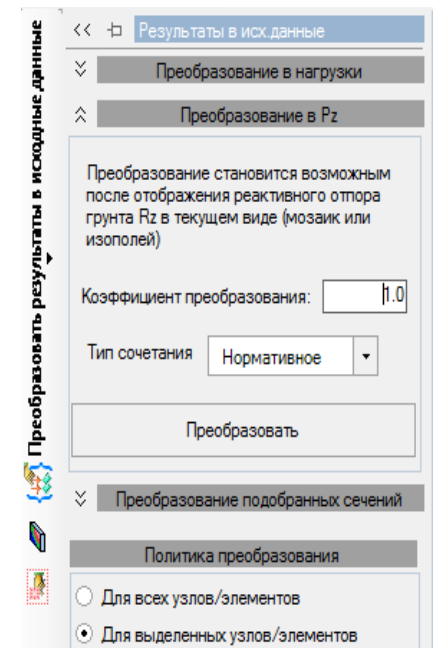


Рисунок 5.25

После нажатия кнопки «Да» коэффициенты постели C_1 , C_2 будут пересчитаны, а расчёт продолжен на измененное упругое основание.

После выполнения повторного расчета и анализа сообщения о преобразовании отпора грунта в нагрузки, расчет коэффициентов постели можно продолжить до получения желаемой точности.