

Руководство пользователя



GeoPlate Pro 4.0.2

Расчет осадок фундаментов

Дата редакции: 08.05.2019

ООО "ИнжПроектСтрой" оставляет за собой право на внесение изменений в данном документе без предварительного уведомления.

Никакая часть данного документа не может быть воспроизведена или передана в любой форме и любыми способами в каких-либо целях без письменного соглашения ООО "ИнжПроектСтрой"

© 2008 - 2019 ООО "ИнжПроектСтрой".
С сохранением всех прав

Содержание

1 Введение	6
2 Теория	8
2.1 Напряжения в грунте	10
2.2 Осадка грунта	11
2.2.1 СП 22.13330.2016	11
2.3 Влияние грунтовых вод	13
2.4 Учёт усиления грунта	14
2.4.1 Среда с эффективными характеристиками	15
2.4.2 Условный фундамент (СП 24.13330.2011)	17
2.4.3 Свайный фундамент (СП 24.13330.2011)	19
2.5 Абсолютно гибкая плита	20
2.6 Абсолютно жёсткая плита	20
2.6.1 Общие положения	20
2.6.2 Алгоритм	22
2.6.3 Учёт свайного фундамента	23
2.7 Плита конечной жесткости	24
2.7.1 Алгоритм	24
2.7.2 Учёт свайного фундамента	25
2.8 Библиографический список	25
3 Обзор программы	27
3.1 Главное меню	27
3.2 Панель инструментов	28
3.3 Ленточное меню	28
3.3.1 Расчетная схема	29
3.3.1.1 Геология	29
3.3.1.2 Плита	29
3.3.1.3 Нагрузки	30
3.3.1.4 Укрепление	30
3.3.1.5 Редактирование	30
3.3.1.6 Сечение	31
3.3.1.7 Измерение	31
3.3.2 Анализ	31
3.3.2.1 Расчет	31
3.3.2.2 Результаты	32
3.3.2.3 Отображение результатов	32
3.3.2.4 Отчет	33
3.4 Дерево структуры проекта	33
3.5 Панель редактора свойств	34
3.6 Строка состояния	35
4 Базовые операции	36
4.1 Управление проектами	36
4.1.1 Начать новый проект	36
4.1.2 Сохранить проект	36

4.1.3 Загрузить существующий проект	36
4.2 Управление изображением	37
4.3 Грунты	37
4.3.1 Определение состава и свойств грунтов.....	37
4.3.2 Использование справочника грунтов.....	39
4.4 Скважины	40
4.4.1 Создание	40
4.4.2 Редактирование свойств	41
4.5 Плиты	42
4.5.1 Создание	42
4.5.2 Редактирование свойств	43
4.6 Нагрузки	44
4.6.1 Точечные нагрузки.....	44
4.6.1.1 Создание	44
4.6.1.2 Редактирование свойств	45
4.6.2 Нагрузки на линию.....	45
4.6.2.1 Создание	45
4.6.2.2 Редактирование свойств	46
4.6.3 Нагрузки на область	46
4.6.3.1 Создание	46
4.6.3.2 Редактирование свойств	47
4.7 Укрепление	47
4.7.1 Регулярное поле. Создание и редактирование свойств.....	48
4.7.2 Нерегулярное поле. Создание и редактирование свойств.....	49
4.8 Работа с объектами в графическом поле	50
4.8.1 Привязка и режим ортогонального черчения	51
4.8.2 Полигональные объекты.....	52
4.8.2.1 Создание	52
4.8.2.2 Добавление контурных точек	53
4.8.2.3 Удаление контурных точек	53
4.8.2.4 Перемещение контурных точек	54
4.8.3 Выделение объектов.....	54
4.8.4 Перетаскивание объектов.....	56
4.8.5 Удаление объектов	56
4.9 Трансформация объектов.....	56
4.9.1 Масштабирование объектов.....	56
4.9.2 Поворот объектов.....	57
4.9.3 Перенос объектов.....	58
4.10 Построение сечения грунтового массива.....	58
4.11 Выполнение измерений	59
4.12 Выполнение расчетов	60
4.12.1 Настройка параметров расчета	61
4.13 Анализ результатов	62
4.13.1 Поля расчетных величин.....	62
4.13.2 Диаграммы расчетных величин по глубине.....	63
5 Пример расчёта 1	65
5.1 Новый проект.....	66
5.2 Исходные данные	66

5.3 Результаты.....	69
6 Пример расчёта 2	73
6.1 Новый проект.....	74
6.2 Исходные данные	74
6.3 Результаты.....	77
7 Пример расчёта 3	81
7.1 Новый проект.....	82
7.2 Исходные данные	82
7.3 Результаты.....	85
8 Пример расчета 4	89
8.1 Новый проект.....	90
8.2 Исходные данные	91
8.3 Результаты.....	93

Введение

Программа GeoPlate Pro предназначена для расчета плитных фундаментов на естественном основании и на укрепленном основании, а также для расчета осадок насыпи.

Методика базируется на обобщении решения задачи Буссинеска на случай учета нагрузки, распределенной на части границы полубесконечной области. Это позволяет производить расчет осадки для плит и насыпей произвольной формы в отличие от СП 22.13330.2016, где в качестве возможных рассматриваются только прямоугольные и круглые области. В частном случае решение программы совпадает с результатами СП.

Расчет осадки ведётся методом послойного суммирования, но в отличие от рассматриваемого в СП случая предполагается неравномерность давления на границе плита - грунт. Распределение давления определяется из решения контактной задачи, при этом учитывается неоднородность строения грунтового массива. Это позволяет получить распределение осадок по всей площади плиты и определить относительную разность осадок.

Программа сертифицирована на соответствие нормативным документам.

Программа наглядно отображает результаты расчета осадок, давлений, коэффициентов постели по всей площади плиты в виде цветовых полей.

Программа позволяет выполнять следующие виды расчетов:

- расчет осадки грунтового основания под действием системы нагрузок;
- расчет осадки фундаментной плиты произвольной формы под действием произвольной системы нагрузок; расчеты можно выполнить для плит как для абсолютно жестких, так и конечной жесткости;
- расчет осадки фундаментной плиты под действием нагрузок, действующих на поверхность грунта вне области плиты;
- определение осадок группы фундаментных плит с учетом их взаимного влияния;
- расчет относительной разности осадок фундаментной плиты;
- расчет осадки укрепленного основания с эффективными характеристиками;
- расчет осадки укрепленного основания по СП 24.13330.2011;
- определение распределения коэффициента постели по площади плиты.

Программа позволяет выполнять расчет с учетом произвольного геологического напластования грунтов, а также влияния грунтовых вод.

Теория

Рассматривается задача о нахождении осадок фундаментной плиты, лежащей на кусочно-однородном грунтовом основании. На плиту действует система внешних нагрузок. В общем случае осадка плиты будет неравномерной, что обусловлено как неоднородностью грунта, так и особенностями нагружения. Для простоты изложения далее будем рассматривать случай осадки абсолютно жесткой плиты, хотя подход распространяется и на случай, когда плита имеет конечную жесткость.

Данная задача может рассматриваться как задача о *контактном взаимодействии* абсолютно жесткого тела (плиты) и бесконечного полупространства (грунта). К сложностям рассматриваемой проблемы стоит отнести отсутствие информации о характере распределения контактного давления на границе взаимодействия плита - грунт, нелинейный характер зависимости осадок от поверхностного давления, а также необходимость учета влияния на осадку соседних фундаментов и нагрузок, приложенных вне области плиты.

Величина контактного давления определяется совокупностью внешних нагрузок, отпором грунта и ограничениями, связанными с перемещениями точек поверхности в зоне контакта. При этом для рассматриваемой плиты должно быть обеспечено выполнение условий статического равновесия, т.е. равенство нулю главного вектора сил и главного момента.

При определении отпора грунта удобно использовать понятие *коэффициента постели*, связывающего напряжение на поверхности с осадкой. С учетом особенностей задачи стоит полагать, что коэффициент постели является величиной, зависящей от координат.

Таким образом, для получения решения рассматриваемой задачи следует определить функцию распределения контактного давления, для которой обеспечена совместность перемещений плиты как абсолютно жесткого тела и точек поверхности грунта.

Очевидно, что рассматривается совокупность двух связанных задач:

- определение функции распределения контактного давления под плитой;
- определение осадок грунта под действием давления, приложенного на поверхности, и корректировка поля коэффициента постели.

Задача является нелинейной, и для получения ее решения требуется использовать итерационные уточняющие подходы.

Определение функции распределения контактного давления под плитой

Рассматривая смещение плиты как абсолютно жесткого тела, можно полагать, что его положение в пространстве описывается тремя параметрами: вертикальным перемещением точки центра тяжести плиты и углами поворота относительно двух осей. Данные величины

определяются из решения системы линейных алгебраических уравнений, образованной тремя уравнениями статики:

- уравнение равновесия сил в проекции на вертикальную ось;
- уравнение равновесия моментов относительно оси X;
- уравнение равновесия моментов относительно оси Y.

Данные параметры однозначно определяют перемещения точек поверхности грунта, что при известном распределении поля коэффициента постели позволяет однозначно вычислить параметры поля контактного давления.

Определение осадок грунта под действием давления, приложенного на поверхности

Рассматривается задача об определении осадок грунта под действием неравномерного поверхностного давления, действующего в произвольной области.

Определение осадок производится на основании информации о напряженно-деформированном состоянии грунта.

Задача о действии на упругое полупространство сосредоточенной силы была рассмотрена Буссинеском [1]. В результате построено аналитическое решение, определяющее напряженно-деформируемое состояние в любой точке упругого полупространства (грунта).

Обобщение решения Буссинеска применительно к задачам о действии распределенной нагрузки произведено при анализе задач о действии *равномерного* давления на круглую и прямоугольную области [2]. При этом в силу линейности задачи используется подход, основанный на суммировании множества решений, соответствующих случаям действия нагрузки в малых областях. С учетом предельного перехода получены интегральные соотношения, аналитическое вычисление которых возможно лишь в простейших случаях. Стоит отметить, что для областей сложной формы и неравномерного нагружения широко известных решений не получено.

Используя описанный подход, возможно построение численных методик, позволяющих выполнять определение напряженно - деформированного состояния грунтового массива для неравномерных нагрузок, действующих в областях произвольной формы.

Так как в общем случае характер распределения функции давления неизвестен, то необходимо использовать некоторые приемы аппроксимации. Наиболее общим является подход, основанный на триангуляции области с использованием линейной интерполяции функции давления в пределах треугольного элемента. Таким образом функция однозначно определяется совокупностью своих значений в узлах сетки, а качество аппроксимации зависит от густоты сетки.

Вычисление определенных интегралов по области нагружения может быть выполнено численно с использованием квадратурных формул.

Основываясь на данных о распределении напряжений, можно определить величину осадки с использованием инженерных методик, например, методом послойного суммирования.

Информация о распределении полей давления и осадок позволяет скорректировать поле коэффициента постели, аппроксимируемое на той же сетке.

1. Напряжения в грунте

Определение напряжений по глубине грунтового массива необходимо для дальнейшего вычисления осадок.

Все нагрузки, действующие на поверхность грунта, условно можно разделить на сосредоточенные (силы), распределенные по области (поверхностное давление) и распределенные по линии (полосовые нагрузки.)

В силу линейности постановки рассматриваемой задачи вертикальные напряжения в любой точке грунтового массива можно определить как суперпозицию напряжений от нагрузок различных видов:

$$\sigma(x_0, y_0, z_0) = \sum \sigma_{P,i}(x_0, y_0, z_0) + \sum \sigma_{L,i}(x_0, y_0, z_0) + \sum \sigma_{A,i}(x_0, y_0, z_0), \quad (1)$$

где

x_0, y_0, z_0 - координаты точки, в которой определяется напряжение;

$\sigma_{P,i}(x_0, y_0, z_0)$ - вертикальное напряжение от действия i -й сосредоточенной силы;

$\sigma_{L,i}(x_0, y_0, z_0)$ - вертикальное напряжение от действия i -й полосовой распределённой нагрузки;

$\sigma_{A,i}(x_0, y_0, z_0)$ - вертикальное напряжение от действия i -й распределённой нагрузки на область.

Для определения напряжений от действия сосредоточенной силы на упругое грунтовое полупространство используется известное классическое решение Буссинеска [1]. При определении влияния от действия распределенных нагрузок используется обобщение классического решения.

Таким образом, влияние *сосредоточенной силы* вычисляется в виде:

$$\sigma_P(x_0, y_0, z_0) = \frac{3}{2\pi} \frac{F(z - z_0)^3}{((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2)^{5/2}}, \quad (4)$$

где

F - величина сосредоточенной силы, действующей на грунт;
 x, y, z - координаты точки приложения сосредоточенной силы;
 влияние *полосовой нагрузки*:

$$\sigma_L(x_0, y_0, z_0) = \frac{3}{2\pi} \int_0^L \frac{p_L(z - z_0)^3}{((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2)^{5/2}} ds, \quad (3)$$

где интегрирование предполагается по линии действия нагрузки;
 p_L - интенсивность полосовой нагрузки на грунт;

влияние *давления на область*:

$$\sigma_A(x_0, y_0, z_0) = \frac{3}{2\pi} \iint_A \frac{p(z - z_0)^3}{((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2)^{5/2}} dx dy, \quad (2)$$

где интегрирование предполагается по области действия нагрузки;
 p - интенсивность нагрузки (давление), действующей на грунт.

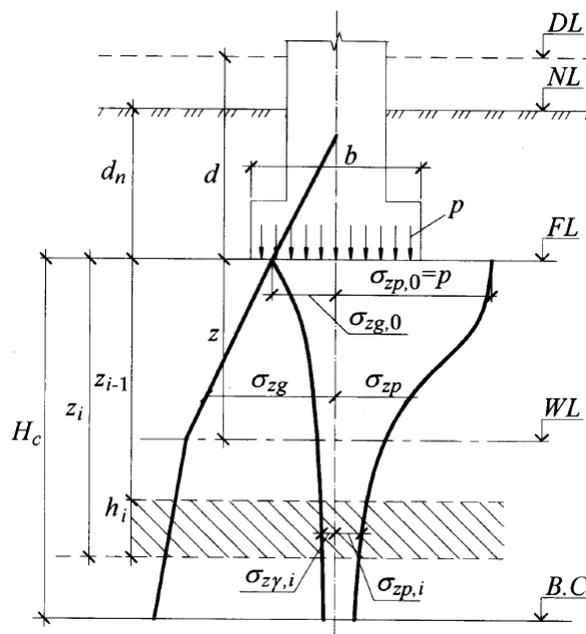
2. Осадка грунта

При расчете используется метод, изложенный в [СП 22.13330.2016](#) и модифицированный для учёта сложного распределения нагрузок, действующих на поверхность грунта.

СП 22.13330.2016

Метод, взятый за основу, описан в пп. 5.6.31-5.6.41 нормативного документа [3] и является вариантом метода *послойного суммирования*.

Осадка вычисляется по следующей схеме:



где

DL - отметка планировки;

NL - отметка поверхности природного рельефа;

FL - отметка полошвы фундамента;

WL - уровень подземных вод;

B, C - нижняя граница сжимаемой толщи;

d - глубина заложения от уровня планировки;

d_n - глубина заложения от поверхности природного рельефа;

b - ширина фундамента;

p - среднее давление под подошвой фундамента;

σ_{zg} - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине *z* от подошвы фундамента;

$\sigma_{zg,0}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы;

σ_{zp} - вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине *z* от подошвы фундамента;

$\sigma_{zp,i}$ - вертикальное напряжение от внешней нагрузки в середине *i*-го слоя;

$\sigma_{zp,0}$ - вертикальное напряжение от внешней нагрузки на уровне подошвы;

$\sigma_{zy,i}$ - вертикальное напряжение от собственного веса вынутаго в котловане грунта в середине *i*-го слоя;

H_c - глубина сжимаемой толщи.

Осадка вычисляется по следующей формуле:

$$\begin{cases} s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i}h_i}{E_{e,i}}, & p > \sigma_{zg,0}, \\ s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i}h_i}{E_{e,i}}, & p \leq \sigma_{zg,0}. \end{cases}$$

где

s - осадка фундамента;

β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

n - число слоёв, на которое разбита сжимаемая толщина;

h_i - толщина *i*-го слоя грунта, принимаемая не более 0,4 ширины фундамента;

E_i - модуль деформации *i*-го слоя грунта по ветви первичного нагружения;

E_{e,i} - модуль деформации *i*-го слоя грунта по ветви вторичного нагружения;

Глубина сжимаемой толщи *H_c* определяется из условия:

$$\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$$

Кроме того есть ряд дополнительных условий:

1. Глубина сжимаемой толщи не может быть меньше H_{min} , которая равна

$$H_{min} = \begin{cases} \frac{b}{2}, b \leq 10\text{м}, \\ 4 + 0,1b, 10\text{м} < b \leq 60\text{м}, \\ 10\text{м}, b > 60\text{м}. \end{cases}$$

Для плит прямоугольной формы b вычисляется как "приведённая ширина фундамента". Это происходит следующим образом: проводится наименьший прямоугольник вокруг фундамента; далее он уменьшается таким образом, чтобы его площадь была равна площади фундамента; длина наименьшей из сторон такого прямоугольника и есть "приведённая ширина фундамента".

2. Если в пределах H_c располагается грунт с $E > 100$ МПа, то допускается принимать глубину сжимаемой толщи, до этого грунта.

3. Если нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с $E \leq 7$ МПа, то глубина сжимаемой толщи определяется по одному из условий, дающего наименьшую сжимаемую толщину:

3.1. Подошва слоя с $E \leq 7$ МПа.

3.2. Глубина, на которой выполняется условие: $\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$.

Вертикальное напряжение от внешней нагрузки σ_{zp} - это $\sigma(x_0, y_0, z_0)$ из раздела о [напряжениях](#), учитывающее внешнюю нагрузку.

Вертикальное напряжение от собственного веса вынутого в котловане грунта σ_{zy} - это $\sigma(x_0, y_0, z_0)$ из раздела о [напряжениях](#), учитывающее вес вышележащего грунта.

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта σ_{zg} :

$$\sigma_{zg} = \gamma' d_n + \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i$$

где

γ' - средний удельный вес грунта, расположенного выше подошвы фундамента,

γ_i - удельный вес i -го слоя грунта.

3. Влияние грунтовых вод

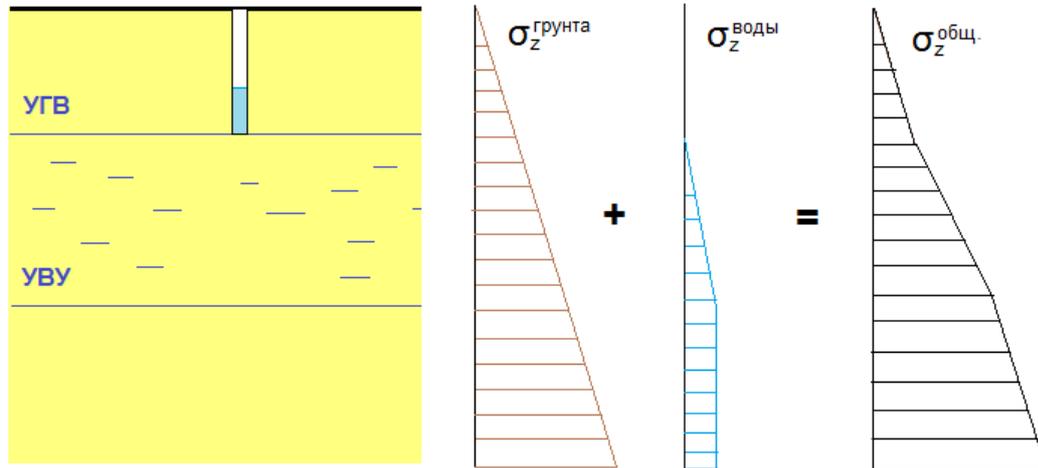
В общем случае количество водоносных слоев может быть произвольным.

Каждый водоносный слой определяется уровнями грунтовых вод (УГВ) и водоупора (УВУ), а также напорным давлением.

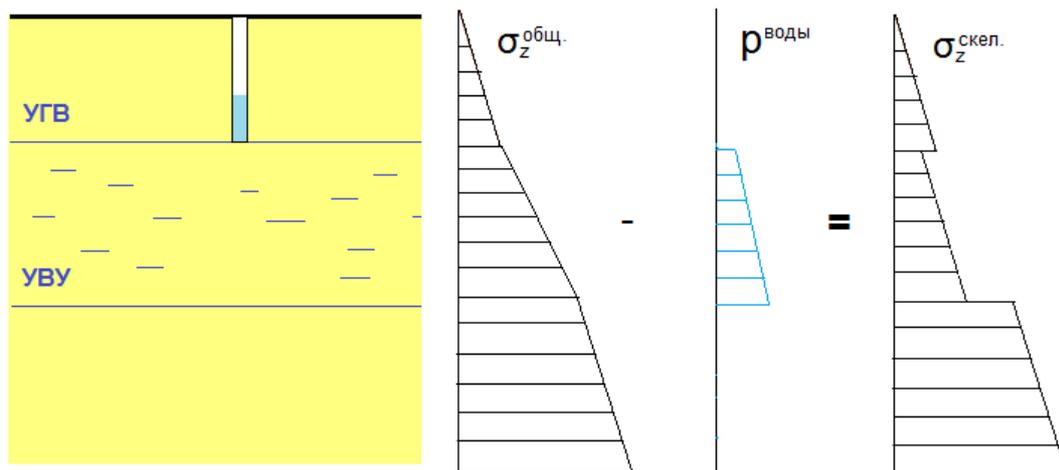
Влияние грунтовых вод сказывается на:

1. величине вертикального напряжения от вышележащих слоев грунта;
2. разгрузке скелета грунта в пределах водоносного слоя.

При вычислении давления от вышележащих слоев грунта учитывается изменение веса грунта вследствие его обводненности.



При вычислении деформаций, возникающих в грунте в пределах водоносного слоя, используются напряжения, действующие на скелет грунта, определяемые как разность общих вертикальных напряжений и порового давления воды.



4. Учёт усиления грунта

Поле Jet характеризуется положением колонн Jet, свойствами грунтоцемента и диаметром колонны в каждом ИГЭ, глубиной заложения верха и длиной колонн.

Поля Jet могут быть двух видов:

1. Регулярные.

Пользователь задаёт многоугольник, определяющий границу поля, а также свойства, характеризующие периодичность колонн - схему установки и шаг. Местоположение каждой отдельной колонны вычисляется автоматически.

2. Нерегулярные.

Пользователь задаёт положения отдельных колонн, при этом граница поля определяется автоматически.

При выполнении расчетов используется одна из следующих моделей учёта Jet:

1. Эффективный модуль:

В пределах армированного объема, определенного границами поля Jet и длиной колонн, грунт заменяется средой с эффективными характеристиками.

2. Условный фундамент:

В пределах многоугольника, определяющего границы поля Jet, осадка грунта будет определяться по методике для осадки условного фундамента по СП 24.13330.2011.

3. Свайный фундамент (с учетом влияния грунта).

В местах расположения свай к плите прикладываются дополнительные упругие связи. Жесткости свайного поля определяются по СП 24.13330.2011 с учетом взаимного влияния колонн. Также учитывается отпор грунта в зоне армирования. Характеристики армированного грунта считаются ослабленными пропорционально объемному содержанию материала колонн.

4. Свайный фундамент (без учета влияния грунта).

В местах расположения свай к плите прикладываются дополнительные упругие связи. Жесткости свайного поля определяются по СП 24.13330.2011 с учетом взаимного влияния колонн. При этом реакция грунта не учитывается.

Среда с эффективными характеристиками

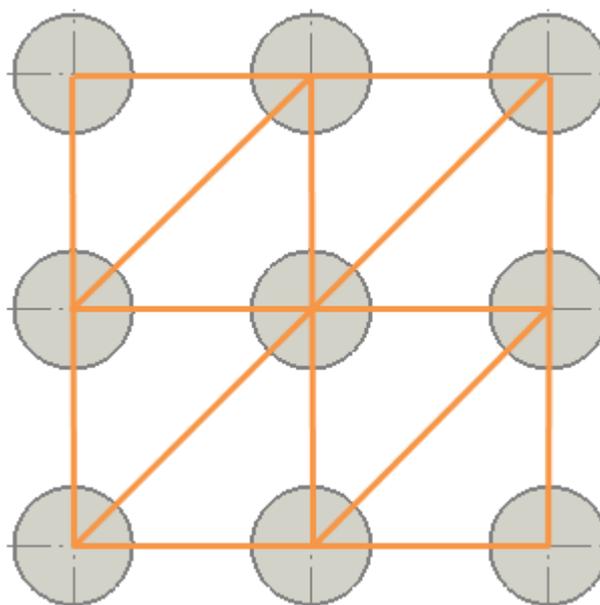
Регулярное поле Jet.

Регулярность поля Jet предполагает реализацию некоторой схемы установки колонн с постоянным шагом.

Грунт, армированный колоннами Jet, рассматривается как среда с эффективными характеристиками, определяемыми из условия совместности деформирования компонент (естественного грунта и армирующих элементов).

Ячейкой периодичности среды считается элемент треугольной сетки, узлами которой

выступают точки осей колонн (определяются автоматически).



В пределах элемента сетки на рассматриваемой глубине вертикальный модуль деформации армированного грунта считается постоянным и рассчитывается по формуле (для более общего случая нескольких пересекающихся полей Jet):

$$E_{eff} = E_0\alpha_0 + \sum_i E_i\alpha_i$$

где

E_0 - модуль деформации грунта (до установки поля Jet);

E_i - модуль деформации грунтоцемента в i -м поле Jet;

α_0 - объемная доля естественного грунта в представительном объеме;

α_i - объемная доля грунтоцемента i -го поля Jet в представительном объеме.

α_i вычисляется по формуле:

$$\alpha_i = \frac{A_{pile,i}}{A_{cell,i}}$$

где

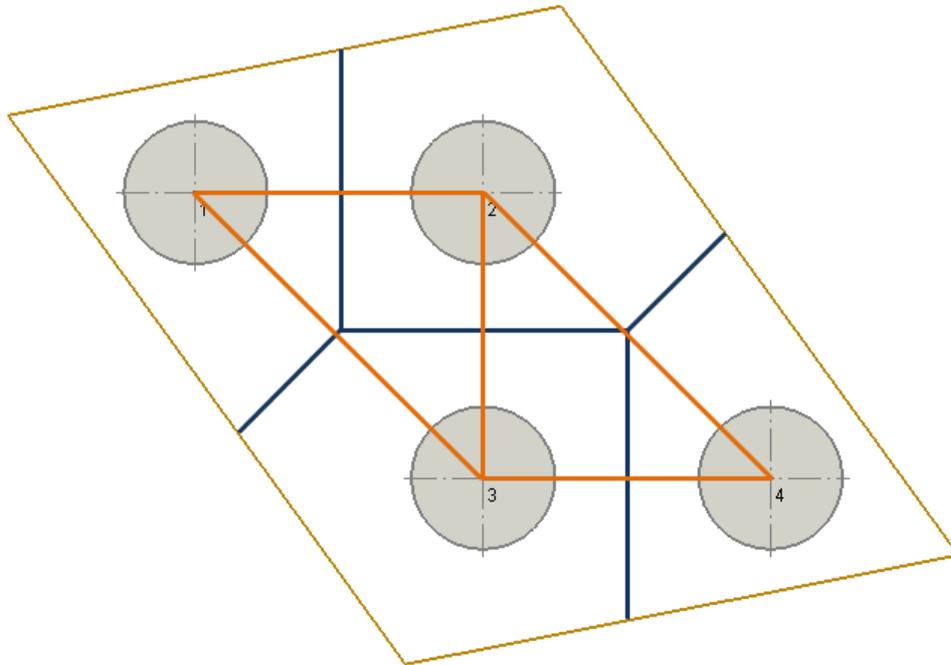
$A_{pile,i}$ - площадь сечения колонн i -го поля, попавших в элемент;

$A_{cell,i}$ - площадь ячейки периодичности i -го поля.

Примечание

Объемная доля грунтоцемента в ячейке периодичности может меняться по глубине в силу зависимости диаметров колонн от вида грунта.

Нерегулярное поле Jet.



В общем случае для нерегулярного поля Jet характерна произвольность расположения колонн, что приводит к неоднородности свойств армированной среды даже в однородном грунте.

При выполнении расчетов эффективный модуль деформации аппроксимируется на дополнительной треугольной сетке, узлами которой выступают центры колонн поля Jet.

На заданной глубине в пределах треугольного элемента свойства армированной среды считаются постоянными и вычисляются с учетом объемного содержания грунтоцемента в элементе.

Условный фундамент (СП 24.13330.2011)

Метод, взятый за основу, описан в пп. 7.4.6-7.4.9 нормативного документа [5].

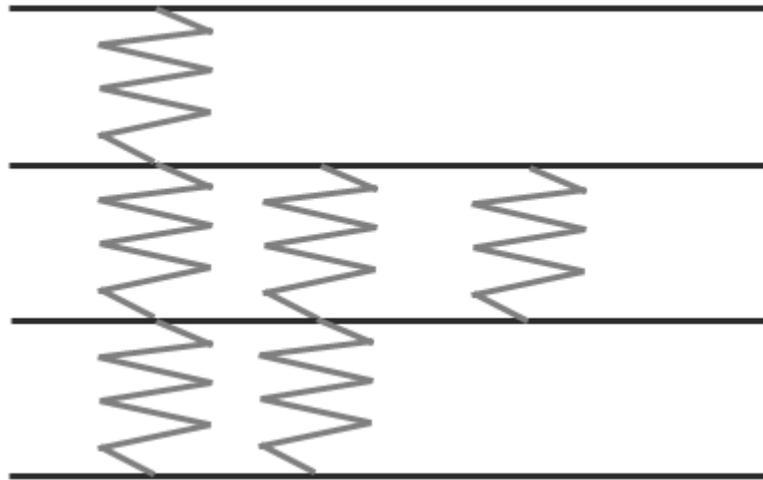
При расчёте осадки грунта в отдельно взятом узле используется следующая формула.

$$s = s_{ef} + \Delta s_p + \Delta s_c$$

s_{ef} - осадка условного фундамента, величиной заглубления которого считается отметка подошвы колонн (подробнее о расчёте осадки описано в [соответствующем разделе](#));

Δs_p - дополнительная осадка за счёт продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента;

Δs_c - дополнительная осадка за счёт сжатия ствола свай.



Δs_p находится следующим образом

$$\Delta s_p = \frac{\Delta s_{p1}}{\frac{\Delta s_{p1}}{\Delta s_{p0}} \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) + \frac{E_1}{E_2}}$$

где

E_1 - средний модуль деформации в пределах длины сваи;

E_2 - средний модуль деформации в пределах сжимаемой толщи под подошвой сваи;

ν_2 - средний коэффициент Пуассона в пределах сжимаемой толщи под подошвой сваи;

Δs_{p1} - осадка продавливания в случае однородного основания;

Δs_{p0} - осадка продавливания в случае идеальной сваи;

$$\Delta s_{p1} = L \sum_i \frac{1}{L_i} \frac{p}{K_{p1,i}}$$

$$\Delta s_{p0} = L \sum_i \frac{1}{L_i} \frac{p}{K_{p0,i}}$$

где

$$K_{p1,i} = \sum_j \frac{4E_2}{\pi(1 - \nu_2^2)(a_j - 1,5d_{ij})}$$

$$K_{p0,i} = \sum_j \frac{d_{ij}E_2}{(1 - \nu_2^2)(1 - \sqrt{A_{pile,ij}/A_{cell,j}})A_{cell,j}}$$

i - индекс слоя Jet (разбиение на слои по всем полям), j - индекс поля Jet.

Δs_c находится по формуле:

$$\Delta s_c = \sum_i \frac{1}{L_i} \frac{p}{K_{c,i}}$$

где

$$K_{c,i} = \sum_j \frac{E_{ij} A_{pile,ij}}{A_{cell,j}}$$

Свайный фундамент (СП 24.13330.2011)

Метод, взятый за основу, описан в пп. 7.4.2-7.4.5 нормативного документа [5]. Предполагается, что отдельные сваи испытывают взаимное влияние за счет деформируемости грунтовой среды.

Осадка *i*-й сваи с учётом взаимного влияния равна:

$$s_i = \sum_j a_{ij} N_j$$

где N_j - усилие в *j*-й свае, a_{ij} - элементы матрицы податливости свайного поля. Эти

соотношения можно переписать в обратной форме $N_i = \sum_j c_{ij} s_j$, где c_{ij} - жесткости свайного поля, получаемые обращением матрицы податливостей.

Коэффициенты a_{ij} определяются по формуле:

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{\beta_j}{G_{1,j} l_j}, & i = j; \\ \frac{\delta_{ij}}{G_{1,j} l_j}, & i \neq j. \end{cases}$$

где β - коэффициент, вычисляемый для каждой сваи по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\beta'}{\lambda_1} + 0,5 \frac{1 - \frac{\beta'}{\alpha'}}{\chi} \\ \beta' &= 0,17 \ln \left(\frac{k_v G_1 l}{G_2 d} \right) \\ \alpha' &= 0,17 \ln \left(\frac{k_{v1} l}{d} \right) \\ \chi &= \frac{EA}{G_1 l^2} \\ \lambda_1 &= \frac{2,12 \chi^{3/4}}{1 + 2,12 \chi^{3/4}} \\ k_v &= 2,82 - 3,78 v + 2,18 v^2 \\ k_v &= k_v \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \\ k_{v1} &= k_v(v_1) \end{aligned}$$

δ_{ij} - коэффициент влияния *j*-й сваи на *i*-ю сваю

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0,17 \ln \left(\frac{k_v G_1 l}{2 G_2 a} \right), & \frac{k_v G_1 l}{2 G_2 a} > 1; \\ 0, & \frac{k_v G_1 l}{2 G_2 a} \leq 0. \end{cases}$$

При решении задачи реакции от свай, зависящие от вертикальных осадок, включаются в общую систему уравнений статики для плиты.

В программе имеется возможность в случае использования рассматриваемого подхода

управлять учетом реакции грунта.

В случае учета влияния грунта в уравнения статики включаются как реакции свай, так и реакция грунта. При этом реакция грунта вычисляется с учетом ослабления его жесткости пропорционально объему установленных Jet.

5. Абсолютно гибкая плита

При расчёте абсолютно гибкой плиты считается, что плита изгибной жесткостью не обладает, и нагрузка прикладывается непосредственно на грунт.

Данный подход используется в ряде инженерных методик, например, СП 22.13330.2016.

Давление на грунт полагается известным. Решение задачи сводится к определению распределения вертикальных напряжений в грунте с последующим вычислением осадок.

6. Абсолютно жёсткая плита

В данном разделе описывается расчёт осадки грунта под абсолютно жёсткой плитой, испытывающей действие системы нагрузок. Положение плиты в пространстве описывается тремя степенями свободы, которые определяются из трех уравнений статики. В качестве степеней свободы используются: вертикальное перемещение геометрического центра, угол поворота плиты относительно оси X , угол поворота плиты относительно оси Y .

Общие положения

Рассмотрение ведется в локальной системе координат, центр которой находится в точке геометрического центра плиты.

С учетом малости перемещений вертикальные перемещения точек абсолютно жесткой плиты $s_{p,j}(x, y)$ определяются следующим образом:

$$s_{p,j}(x, y) = U_{z0,j} - y\varphi_{x,j} + x\varphi_{y,j}$$

где

$U_{z0,j}$ - вертикальное перемещение геометрического центра j -й плиты;

$\varphi_{x,j}$ - угол поворота j -й плиты относительно оси X ;

$\varphi_{y,j}$ - угол поворота j -й плиты относительно оси Y .

Система внешних нагрузок, действующих на плиту, может быть сведена к равнодействующим силе $F_{z,j}$ и моменту, имеющему в рассматриваемой системе координат проекции $M_{x,j}$ и $M_{y,j}$.

Для каждой j -й плиты должны выполняться уравнения статики, учитывающие внешние

воздействия и усилия реакции грунта. Система включает уравнение равновесия в проекции на вертикальную ось и два уравнения равновесия моментов в проекции на оси X и Y:

$$\begin{cases} \int_{A_j} C_j(x, y) s_{p,j}(x, y) dA = F_{z,j}; \\ \int_{A_j} C_j(x, y) s_{p,j}(x, y) y dA = M_{x,j}; \\ \int_{A_j} C_j(x, y) s_{p,j}(x, y) x dA = M_{y,j}. \end{cases}$$

$C_j(x, y)$ - поле коэффициента постели j -й плиты;

$s_{p,j}(x, y)$ - поле осадок j -й плиты;

A_j - область интегрирования - j -й плиты.

Если подставить выражение для осадок плиты в систему уравнений, то получится

$$\begin{cases} U_{z0,j} \int_{A_j} C_j(x, y) dA - \varphi_{x,j} \int_{A_j} C_j(x, y) y dA + \varphi_{y,j} \int_{A_j} C_j(x, y) x dA = F_{z,j}; \\ U_{z0,j} \int_{A_j} C_j(x, y) y dA - \varphi_{x,j} \int_{A_j} C_j(x, y) y^2 dA + \varphi_{y,j} \int_{A_j} C_j(x, y) x y dA = M_{x,j}; \\ U_{z0,j} \int_{A_j} C_j(x, y) x dA - \varphi_{x,j} \int_{A_j} C_j(x, y) x y dA + \varphi_{y,j} \int_{A_j} C_j(x, y) x^2 dA = M_{y,j}. \end{cases}$$

В матричной форме для j -й плиты можно записать данную систему уравнений следующим образом:

$$[K_j] \cdot \{U_j\} = \{F_j\}$$

где

$$[K_j] = \begin{bmatrix} A_j^c & -S_{x,j}^c & S_{y,j}^c \\ -S_{x,j}^c & J_{xx,j}^c & -J_{xy,j}^c \\ S_{y,j}^c & -J_{xy,j}^c & J_{yy,j}^c \end{bmatrix}$$

$$\{U_j\} = \begin{Bmatrix} U_{z0,j} \\ \varphi_{x,j} \\ \varphi_{y,j} \end{Bmatrix}$$

$$\{F_j\} = \begin{Bmatrix} F_{z,j} \\ -M_{x,j} \\ M_{y,j} \end{Bmatrix}$$

Коэффициенты матрицы жёсткости $[K_j]$:

$$\begin{array}{l}
 A_j^C = \int_{A_j} C_j(x, y) dA, \\
 S_{x,j}^C = \int_{A_j} C_j(x, y) y dA, \\
 S_{y,j}^C = \int_{A_j} C_j(x, y) x dA,
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 J_{xx,j}^C = \int_{A_j} C_j(x, y) y^2 dA, \\
 J_{xy,j}^C = \int_{A_j} C_j(x, y) xy dA, \\
 J_{yy,j}^C = \int_{A_j} C_j(x, y) x^2 dA.
 \end{array}
 \right.$$

Функция коэффициента постели C_j находится из следующего соотношения:

$$C_j(x, y) = \frac{p_j(x, y)}{S_{g,j}(x, y)}$$

$p_j(x, y)$ - давление под j -й плитой;

$S_{g,j}(x, y)$ - осадка грунта под j -й плитой, определяемая с учетом контактного давления $p_j(x, y)$, а также всех нагрузок вне области плиты (включая воздействия от остальных плит).

Алгоритм

Решение задачи определения осадки абсолютно жёсткой плиты находится из решения системы уравнений, отражающей условия статического равновесия:

$$[K] \cdot \{U\} = \{F\}. \tag{5}$$

Поскольку $[K]$ зависит от $\{U\}$, т.е. рассматриваемая задача нелинейна, для решения уравнения используется итерационный подход.

n - я итерация алгоритма включает:

1. Вычисление осадок точек плиты $\{S_p^{(n)}\}$ в соответствии с перемещениями плиты $\{U^{(n-1)}\}$, найденными на предыдущем этапе.

2. Вычисление давления под плитой $\{P^{(n)}\}$, равного упругому отпору грунта, с учетом текущих осадок и коэффициента постели:

$$P_i^{(n)} = C_i^{(n-1)} S_{p,i}^{(n)}, \tag{6}$$

3. Вычисление поля осадки грунта $\{S_g^{(n)}\}$ под действием приложенного давления $\{P^{(n)}\}$.

4. Вычисление поля коэффициента постели $\{C^{(n)}\}$:

$$C_i^{(n)} = \frac{P_i^{(n)}}{S_{g,i}^{(n)}}, \tag{7}$$

5. Перевычисление коэффициентов матрицы жёсткости $[K^{(n)}]$.

6. Нахождение перемещений плиты $\{U^{(n)}\}$:

$$[K^{(n)}] \cdot \{U^{(n)}\} = \{F^{(n)}\}, \quad (8)$$

7. Проверка условия сходимости:

$$\Delta^{(n)} \leq \varepsilon, \quad (9)$$

где $\Delta^{(n)}$ - максимальная разность осадок; ε - предельно допустимая величина разности осадок.

При достижении условия сходимости алгоритм завершает работу, в противном случае происходит переход к шагу 1.

В качестве начального приближения используется вектор перемещений плиты, соответствующий действию на грунт равномерной нагрузки, уравнивающей суммарное внешнее воздействие.

Учёт свайного фундамента

В данном случае влияние свайного поля на осадку плиты обусловлено наличием упругих реакций колонн. В [соответствующем разделе](#) описано нахождение жесткостей колонн.

С учетом реакции колонн уравнения статики принимают вид:

$$\begin{cases} \int_{A_j} C_j(x, y) s_{p,j}(x, y) dA + \sum_k R_{j,k} = F_{z,j}; \\ \int_{A_j} C_j(x, y) s_{p,j}(x, y) y dA + \sum_k R_{j,k} y_k = M_{x,j}; \\ \int_{A_j} C_j(x, y) s_{p,j}(x, y) x dA + \sum_k R_{j,k} x_k = M_{y,j}. \end{cases}$$

где $R_{j,k}$ - силы реакций свай, которые находятся по формуле

$$R_{j,k} = \sum_l K_{P,kl} s_{p,j}(x_l, y_l)$$

где $K_{P,kl} = c_{kl}$ - жесткости свай, описанные в [соответствующем разделе](#).

Если подставить выражение для осадок плиты в систему уравнений, то получится

$$\begin{cases} U_{z0,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} \right] - \varphi_{x,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) y dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} y_l \right] + \varphi_{y,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) x dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} x_l \right] = F_{z,j}; \\ U_{z0,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) y dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} y_k \right] - \varphi_{x,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) y^2 dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} y_l y_k \right] + \varphi_{y,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) x y dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} x_l y_k \right] = M_{x,j}; \\ U_{z0,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) x dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} x_k \right] - \varphi_{x,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) x y dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} y_l x_k \right] + \varphi_{y,j} \left[\int_{A_j} C_j(x, y) x^2 dA + \sum_{k,l} K_{P,kl} x_l x_k \right] = M_{y,j}. \end{cases}$$

В векторной форме для j -й плиты можно записать данную систему уравнений следующим образом:

$$([K_j] + [K_{p,j}]) \cdot \{U_j\} = \{F_j\}$$

где

$$[K_{p,j}] = \begin{bmatrix} A^P & -S_{x,j}^P & S_{y,j}^P \\ -S_{x,j}^P & J_{xx,j}^P & -J_{xy,j}^P \\ S_{y,j}^P & -J_{xy,j}^P & J_{yy,j}^P \end{bmatrix}$$

Коэффициенты матрицы жёсткости $[K_{p,j}]$:

$$\begin{array}{l} A_j^P = \sum_{k,l} K_{p,kl} , \\ S_{x,j}^P = \sum_{k,l} K_{p,kl} y_k , \\ S_{y,j}^P = \sum_{k,l} K_{p,kl} x_k , \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} J_{xx,j}^P = \sum_{k,l} K_{p,kl} y_l y_k , \\ J_{xy,j}^P = \sum_{k,l} K_{p,kl} y_l x_k , \\ J_{yy,j}^P = \sum_{k,l} K_{p,kl} x_l x_k . \end{array} \right.$$

7. Плита конечной жесткости

В данном разделе описывается расчёт осадки грунта под деформируемой плитой, испытывающей действие системы нагрузок.

Предполагается, что толщина плиты постоянна, а также известны жесткостные характеристики материала плиты: модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Алгоритм

Рассматривается осадка деформируемой плиты на нелинейно упругом основании.

Для описания механизма деформирования плиты применяется конечно-элементная модель.

Для дискретизации плиты используется треугольный трехузловой конечный элемент с Эрмитовой аппроксимацией неизвестных [4]. В качестве узловых неизвестных выступают прогиб и два угла поворота относительно координатных осей в плоскости плиты. Используются кубические функции формы.

В силу нелинейности задачи для поиска решения используется итерационный подход.

n -я итерация алгоритма включает:

1. Вычисление осадок точек плиты $\{S_p^{(n)}\}$ в соответствии с узловыми неизвестными $\{U^{(n-1)}\}$, найденными на предыдущем этапе.

2. Вычисление давления под плитой $\{P^{(n)}\}$, равного упругому отпору грунта, с учетом текущих осадок и коэффициента постели:

$$P_i^{(n)} = C_i^{(n-1)} S_{p,i}^{(n)}, \quad (10)$$

3. Вычисление поля осадки грунта $\{S_g^{(n)}\}$ под действием приложенного давления $\{P^{(n)}\}$.

4. Вычисление поля коэффициента постели $\{C^{(n)}\}$:

$$C_i^{(n)} = \frac{P_i^{(n)}}{S_{g,i}^{(n)}}, \quad (11)$$

5. Перевычисление коэффициентов матрицы жёсткости $[K^{(n)}]$ по коэффициентам постели грунта и по жесткости плиты.

6. Нахождение узловых неизвестных $\{U^{(n)}\}$ из решения задачи о деформировании плиты на линейно упругом основании при известном поле коэффициента постели $\{C^{(n)}\}$ с использованием конечно-элементного подхода.

$$[K^{(n)}] \cdot \{U^{(n)}\} = \{F^{(n)}\}, \quad (12)$$

7. Проверка условия сходимости:

$$\Delta^{(n)} \leq \varepsilon, \quad (13)$$

где $\Delta^{(n)}$ - максимальная разность осадок; ε - предельно допустимая величина разности осадок.

При достижении условия сходимости алгоритм завершает работу, в противном случае происходит переход к шагу 1.

Учёт свайного фундамента

В данном случае влияние свайного поля на осадку плиты обусловлено введением дополнительных упругих связей в точках установки свай. При необходимости конечно-элементная сетка модифицируется с целью совмещения узлов сетки плиты и точек установки свай.

В [соответствующем разделе](#) описано нахождение жесткостей колонн.

При формировании разрешающей системы уравнений учитываются не только коэффициенты постели грунта и жесткости плиты, но и жесткости свай.

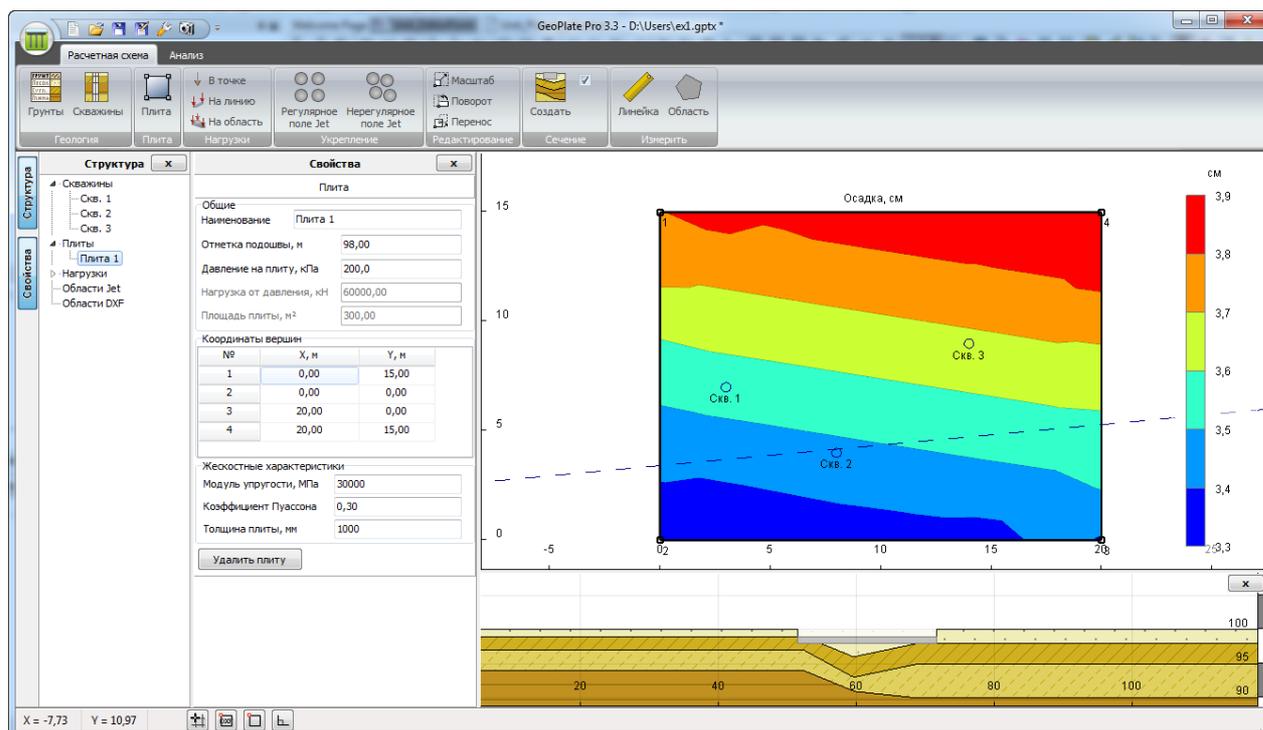
8. Библиографический список

1. Теоретические основы механики деформирования и разрушения : монография / В.В. Леденев, В.Г. Однолько, З.Х. Нгуен. –Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. –312 с.

2. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ./Под ред. Г. С. Шапиро.— 2-е изд.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979, 560 с.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике - М.: Мир, 1975. — 543 с.
5. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

Обзор программы

Окно программы выглядит следующим образом:

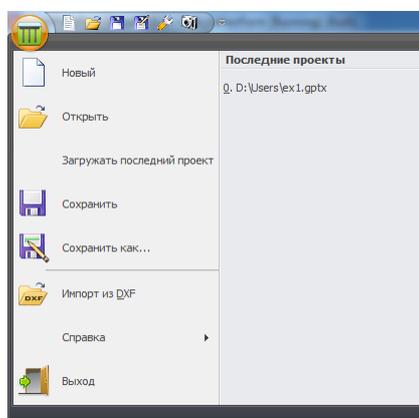


Окно программы состоит из следующих элементов:

- Главное меню,
- Панель инструментов,
- Лента,
- Дерево структуры проекта,
- Панель редактора свойств,
- Строка состояния,
- Графическое поле - используется для отображения расчётной схемы,
- Панель сечения грунтового массива.

1. Главное меню

Главное меню выглядит следующим образом:



 <i>Новый проект</i>	создаёт новый пустой проект (сочетание клавиш Ctrl + N).
 <i>Открыть...</i>	открывает диалоговое окно выбора ранее созданного проекта, для продолжения работы над ним (сочетание клавиш Ctrl + O).
 <i>Загрузить последний проект</i>	активация данного пункта приводит к автоматической загрузке последнего открытого проекта при старте программы.
 <i>Сохранить</i>	сохраняет текущий проект (сочетание клавиш Ctrl + S).
 <i>Сохранить как...</i>	открывает диалоговое окно сохранения текущего проекта под новым именем.
<i>Справка</i>	
<i>Справка</i>	показывает справку по программе (быстрый вызов - F1).
<i>О программе...</i>	показывает пользователю информацию о версии программы и контактные данные разработчика.
 <i>Выход</i>	Закрывает окно программы.

2. Панель инструментов

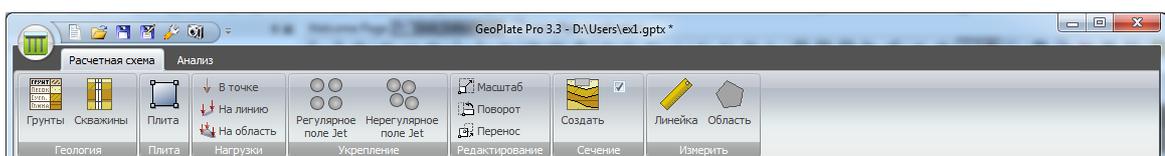


Панель инструментов содержит наиболее часто употребляемые команды:

 <i>Новый проект</i>	создать новый пустой проект (сочетание клавиш Ctrl + N).
 <i>Открыть...</i>	открывает диалоговое окно выбора ранее созданного проекта, для продолжения работы над ним (сочетание клавиш Ctrl + O).
 <i>Сохранить</i>	сохраняет текущий проект (сочетание клавиш Ctrl + S)
 <i>Сохранить как...</i>	открывает диалоговое окно сохранения текущего проекта под новым именем
 <i>Скриншот</i>	копирует изображение графической области в буфер обмена Windows

3. Ленточное меню

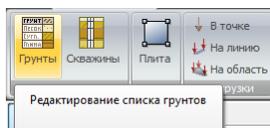
Интерфейс программы основан на "ленточном" представлении команд.



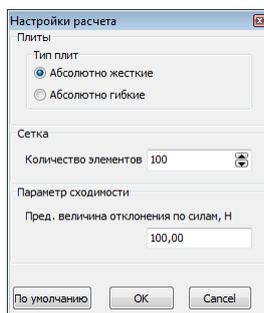
ЛЕНТА содержит в себе несколько ВКЛАДОК, элементы которых тематически разбиваются на несколько ГРУПП. К большинству команд при наведении курсора мыши появляется

всплывающая контекстная справка.

Например, на ВКЛАДКЕ [Расчетная_схема](#) первая ГРУППА называется [Геология](#) и при удерживании курсора мыши над командой создания области появляется следующая подсказка:

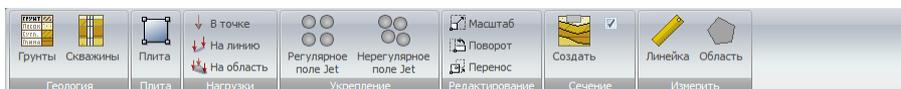


Дополнительные функции, относящиеся к ГРУППЕ доступны из диалоговых окон, которые появляются при нажатии на кнопку . Например, для группы Расчет после нажатия на эту кнопку появляется диалоговое окно "Настройки расчета":

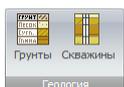


Расчетная схема

Вкладка РАСЧЕТНАЯ СХЕМА содержит набор инструментов, необходимых для создания и редактирования характеристик объектов, включаемых в исследуемую модель.



Геология



- **Геология**: позволяет определять состав и характеристики грунтов и задавать расположение и характеристики скважин.

Группа включает в себя следующие инструменты:



- позволяет открыть окно редактирования свойств грунтов,



- позволяет перейти в режим создания редактирования скважин.

Подробнее о редактировании геологии можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Плита



- **Плита**: позволяет создавать и редактировать характеристики плит.

Группа включает в себя следующие инструменты:



- позволяет перейти в режим создания и редактирования характеристик плит.

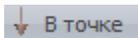
Подробнее о редактировании плит можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Нагрузки



- **Нагрузки:** позволяет создавать и редактировать характеристики силовых воздействий.

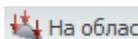
Группа включает в себя следующие инструменты:



- перейти в режим создания точечных усилий;



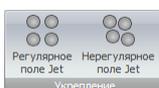
- перейти в режим создания усилий на линию;



- перейти в режим создания усилий на область.

Подробнее о редактировании нагрузок можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Укрепление



- **Укрепление:** позволяет создавать и редактировать характеристики областей с грунтоцементным укреплением.

Группа включает в себя следующие инструменты:



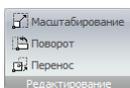
- перейти в режим создания и редактирования характеристики областей с грунтоцементным укреплением с **регулярным** расположением колонн.



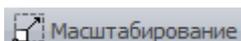
- перейти в режим создания и редактирования характеристики областей с грунтоцементным укреплением с **нерегулярным** расположением колонн.

Подробнее о редактировании областей с грунтоцементным укреплением можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

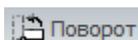
Редактирование



- **Редактирование:** позволяет управлять геометрическими параметрами существующих объектов.



- перейти в режим масштабирования объектов;



- перейти в режим поворота объектов;



- перейти в режим переноса объектов.

Подробнее о возможностях редактирования можно прочитать в [соответствующем разделе](#)

Сечение



- **Сечение**: позволяет создавать и управлять отображением сечения грунта.

Группа включает в себя следующие инструменты:



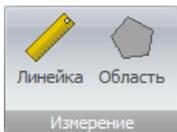
- перейти в режим задания параметров сечения;



- показать / скрыть панель отображения сечения.

Подробнее о возможностях управления сечением можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Измерение



- **Измерение**: позволяет определять геометрические характеристики модели.

Группа включает в себя следующие инструменты:



- перейти в режим Линейка с целью определения расстояния между произвольными точками;



- перейти в режим Область с целью определения периметров и площадей произвольных фигур.

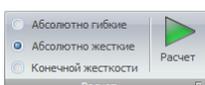
Подробнее о возможностях управления сечением можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Анализ

Вкладка АНАЛИЗ содержит набор инструментов, необходимых запуска вычислительного процесса и анализа полученных результатов.



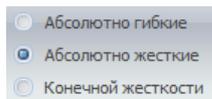
Расчет



- **Расчет**: позволяет выбирать тип плиты, запускать процесс вычислений и

активизировать средства настроек расчета.

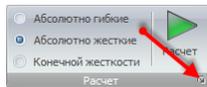
Группа включает в себя следующие инструменты:



- выбор типа плит,

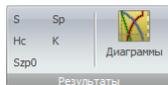


- запуск вычислительного процесса,



- отображение окна настроек расчета.

Результаты



- *Результаты*, позволяет выбрать тип данных, отображаемых в виде поля, а

также активизировать режим построения диаграмм рассчитанных величин по глубине.

Примечание

Отображение данных в форме изополей возможно только для областей плит.

Возможно отображение следующих результатов:

S	поле осадок грунта
Hc	поле глубины сжимаемой толщи
Szp0	поле давления на грунт под плитами
Sp	поле осадок плит
K	поле коэффициента постели



- позволяет перейти в режим выбора точки, в которой будут определяться и отображаться в виде диаграмм распределения рассчитанных величин по глубине.

Отображение результатов



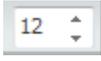
- *Отображение результатов*, позволяет управлять параметрами полей

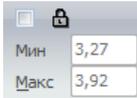
отображаемых результатов.

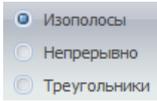


- увеличение количества значащих цифр элементов цветовой шкалы;

 - уменьшение количества значащих цифр элементов цветовой шкалы;

 - изменение количества интервалов цветовой шкалы;

 - включение пользовательского режима отображения и определение границ цветовой шкалы для текущего поля результатов в пользовательском режиме;

 - выбор режима отображения поля результатов.

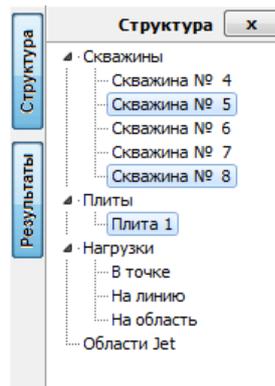
Отчет



Отчет - *Отчет*, позволяет запускать процесс генерации отчета.

4. Дерево структуры проекта

Панель дерева структуры проекта расположена в левой части главного окна приложения.



Управление видимостью данной панели осуществляется с помощью расположенной рядом кнопки.

Данный элемент управления отображает структуру данных проекта в древовидной форме с группировкой всех объектов по категориям и предоставляет возможности по выделению как единичных объектов, так и групп.

Примечание

Доступность узлов дерева зависит от текущего режима. Например, активизировав режим "Скважины", пользователь имеет возможность работать только с объектами типа "скважина".

Выделение объектов обеспечивает:

- возможность редактирования свойств объекта (в случае единичного выделения);
- возможность выполнения с выделенными объектами операций трансформации:

перенос, масштабирование, поворот;

- возможность непосредственного редактирования геометрических параметров объекта в графическом поле;
- возможность удаления объектов.

Выделение объектов в дереве выполняется с помощью левой кнопки мыши. При необходимости выделить несколько объектов требуется одновременно удерживать нажатой клавишу *Cntrl* клавиатуры.

Примечание

При выделении объектов появляются соответствующие подсветки объектов в графическом поле.

Снятие выделения с объекта осуществляется щелчком левой кнопки мыши при нажатой клавише *Cntrl* на соответствующий узел дерева.

Сброс всех выделений осуществляется нажатием клавиши *Esc* клавиатуры.

Удаление выделенных объектов осуществляется нажатием клавиши *Delete* клавиатуры.

5. Панель редактора свойств

Редактор свойств позволяет редактировать свойства выделенного объекта. Набор инструментов панели редактора зависит от типа редактируемого объекта. Например, в случае выделения объекта "Плита", редактор свойств имеет следующий вид:

№	X, м	Y, м
1	0,00	15,00
2	0,00	0,00
3	20,00	0,00
4	20,00	15,00

Редактор позволяет работать со следующими типами объектов:

- скважины;
- плиты;

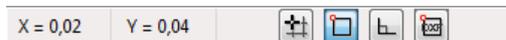
- точечные нагрузки;
- нагрузки на линию;
- нагрузки на область;
- области грунтоцементного укрепления.

В режим редактирования можно перейти:

- при добавлении нового объекта;
- при выделении объекта в дереве структуры проекта или непосредственно в графическом поле.

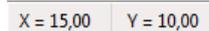
6. Строка состояния

Строка состояния выглядит следующим образом:



Строка состояния содержит:

1. Текущие координаты (координаты, соответствующие положению курсора мыши).



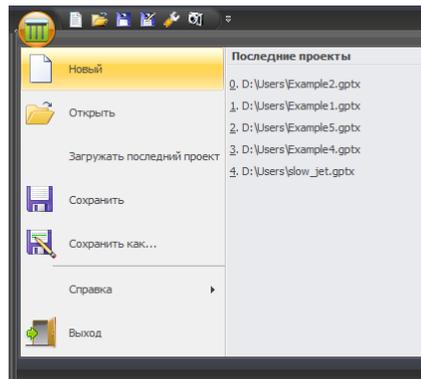
2. Кнопку  для включения [привязки к сетке](#).
3. Кнопку  для включения [привязки к объектам модели](#).
4. Кнопку  для включения режима [ортогонального черчения](#).
5. Кнопку  для включения [привязки к объектам подложки DXF](#).

Базовые операции

1. Управление проектами

Начать новый проект

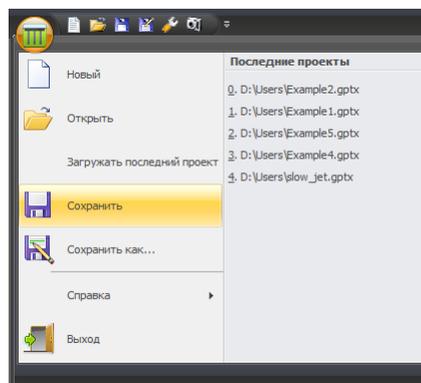
Новый проект можно создать нажатием кнопки  панели инструментов, или аналогичной командой из верхнего меню:



Также можно использовать сочетание клавиш Ctrl + N.

Сохранить проект

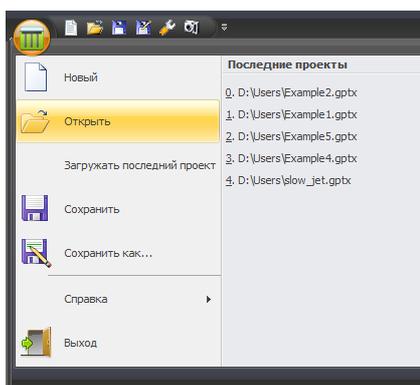
Для сохранения проекта можно воспользоваться кнопкой  панели инструментов, либо одной из команд главного меню:



1. Выбор пункта "Сохранить" обеспечивает сохранение проекта в старый файл.
2. Выбор пункта "Сохранить как" обеспечивает сохранение проекта в новый файл. После активизации этой команды появляется стандартное окно диалога операционной системы.

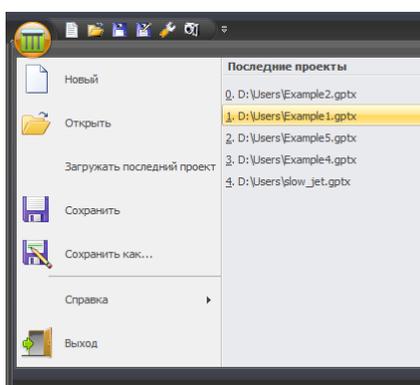
Загрузить существующий проект

Для загрузки ранее созданного проекта следует воспользоваться кнопкой  панели инструментов, либо командой главного меню:



Открыть ранее созданный проект можно нажатием сочетания клавиш *Ctrl + O*. После активизации этой команды появляется стандартное окно диалога операционной системы.

В программе доступна возможность открытия одного из последних проектов, выбором его имени из списка:



2. Управление изображением

Масштабирование изображения осуществляется с помощью *колеса* мыши. При этом точка графического поля, находящаяся под указателем мыши, остается неподвижной.

Автоматический подбор параметров отображения достигается двойным щелчком *средней кнопки* мыши в области графического поля.

Перетаскивание отображаемой области графического поля выполняется при нажатой *средней кнопке* мыши.

3. Грунты

Редактирование грунтов позволяет определить инженерно-геологические элементы, формирующие рассматриваемый грунтовый массив.

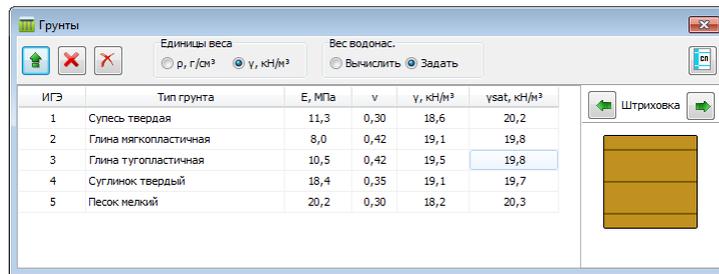
Определение состава и свойств грунтов.

Свойства инженерно-геологических элементов (ИГЭ) задаются в таблице грунтов (кнопка



в группе "Геология" на вкладке Ленты "Расчетная схема").

При активизации данного режима открывается окно редактирования свойств грунтов:



Для редактирования таблицы используются следующие кнопки:

	добавить новый грунт в конец таблицы
	удалить ВЫБРАННЫЙ грунт из таблицы
	удалить ВСЕ грунты из таблицы
	открыть справочник грунтов, основанный на СП 22.13330.2011
	выбрать предыдущую в наборе штриховку для выбранного грунта
	выбрать следующую в наборе штриховку для выбранного грунта

В таблице используются следующие обозначения:

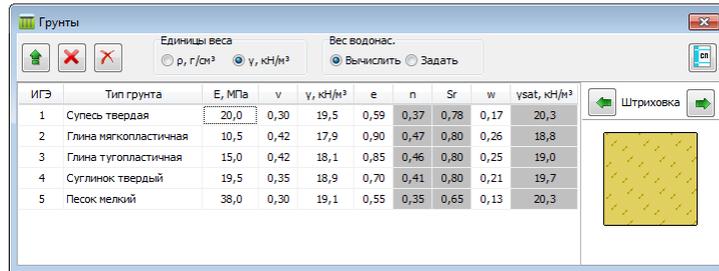
<i>ИГЭ</i>	название ИГЭ
<i>Тип грунта</i>	наименование грунта
<i>γ</i>	удельный вес грунта при природной влажности, [кН/м ³]
<i>γsat</i>	удельный вес водонасыщенного грунта, [кН/м ³]
<i>E</i>	модуль деформации грунта, [МПа]
<i>ν</i>	коэффициент Пуассона грунта

Переключатель "Единицы веса" позволяет выбирать используемые весовые характеристики грунтов:

<i>ρ</i>	плотность, [г/см ³]
<i>γ</i>	удельный вес, [кН/м ³]

Переключатель "Вес водонас." позволяет выбирать режим определения удельного веса

водонасыщенного грунта. В режиме "Вычислить" окно принимает вид:



В таблице дополнительно используются следующие обозначения:

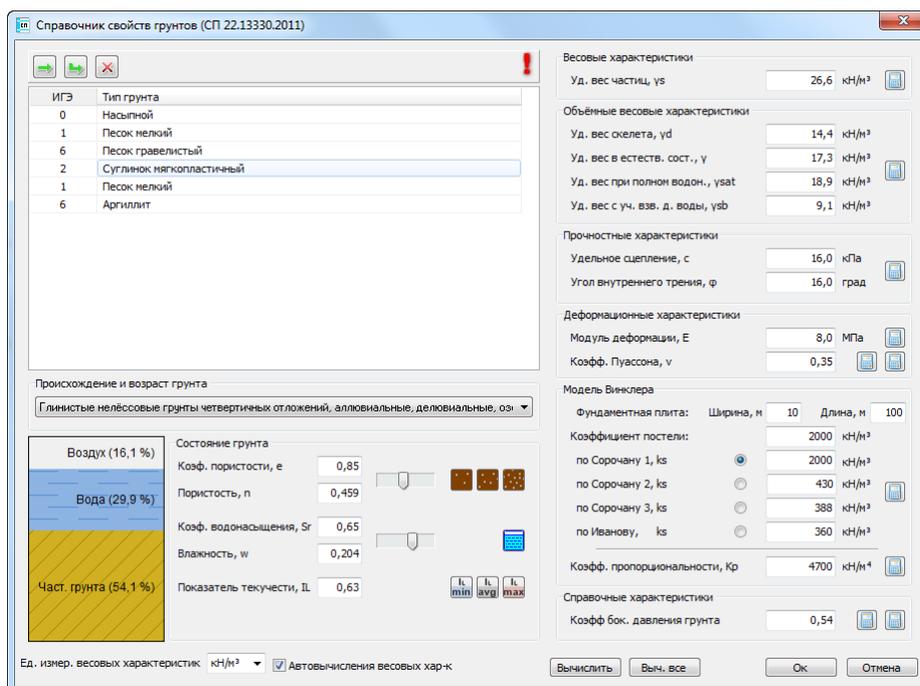
<i>e</i>	коэффициент пористости
<i>n</i>	пористость
<i>Sr</i>	коэффициент водонасыщения
<i>w</i>	влажность

Примечание: в связи с тем, что часть характеристик связаны между собой, задание некоторых величин будет приводить к изменению зависимых от них.

Использование справочника грунтов

В случае, когда данные о геологических изысканиях не полные или отсутствуют, можно воспользоваться справочником характеристик грунта, основанным на приложениях к СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

Справочник позволяет задавать названия грунтов, по которым программа автоматически определяет тип штриховки.



В окне Справочника грунтов необходимо сначала выбрать тип грунта путем нажатия

мышкой на соответствующее поле таблицы и из выпадающего меню выбрать необходимый тип грунта.

Далее надо выбрать происхождение грунта.

Затем следует задать в соответствующих полях коэффициент пористости и степень влажности, либо воспользоваться кнопками расположенными рядом с этими полями.

После этого можно нажать на кнопки с изображениями калькулятора и программа автоматически рассчитает и заполнит оставшиеся данные.

При необходимости некоторые данные можно заполнить вручную, а последующие данные вычислить автоматически.

Кроме того, в случае полного отсутствия данных, включая коэффициент пористости и коэффициент водонасыщения, имеется возможность принять усредненные значения характеристик путем нажатия кнопки Вычислить.

Примечание: коэффициент пористости и пористость взаимосвязаны, коэффициент водонасыщения и влажность - тоже (перевычисление требует величину удельного веса частиц).

4. Скважины

Объект "Скважина" является точечным и предназначен для задания напластования грунтов в определенной точке рассматриваемой области, а также высотной отметки, что позволяет описывать профиль свободной поверхности.

Создание

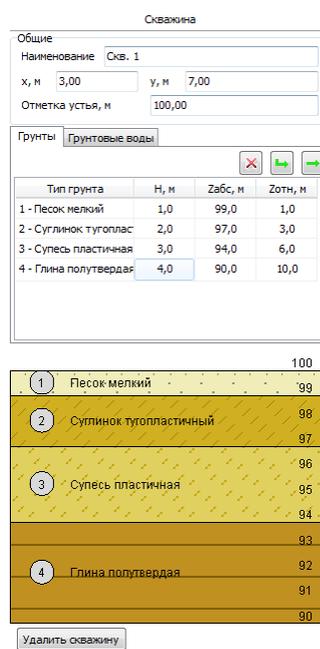
Для создания скважин необходимо

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Геология".
2. Переместить указатель мыши в точку, где должен находиться создаваемый объект. При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).
3. Нажать левую кнопку мыши.

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

Редактирование свойств

Панель свойств редактора для объекта "Скважина" имеет следующий вид:



Редактируются следующие параметры:

- 1. Наименование** скважины. Предназначено для идентификации объектов в графическом поле и в дереве структуры проекта.
- 2. Координаты** скважины в плане.
3. Абсолютная **отметка устья**.
- 4. Напластование грунтов** в скважине. Предназначено для задания последовательности грунтов и мощности каждого слоя.

Таблица "Грунты " содержит:

<i>Тип грунта</i>	Тип грунта выбирается из списка грунтов, зарегистрированных в таблице "Грунты"
<i>H, м</i>	Мощность слоя
<i>Забс, м</i>	Абсолютная отметка подошвы слоя
<i>Зотн, м</i>	Относительная отметка подошвы слоя

Примечание

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ГРУНТОВ ПОЛАГАЕТСЯ ОДИНАКОВОЙ ДЛЯ ВСЕХ СКВАЖИН. Выполнение данного требования обеспечивает однозначность определения строения грунтового массива в произвольной точке.

Примечание

При задании напластования один грунт может использоваться многократно. Мощность пласта может быть нулевой.

Таблица "Грунтовые воды" содержит:

<i>УГВ, м</i>	Абсолютная отметка уровня грунтовых вод
<i>УВУ, м</i>	Абсолютная отметка уровня водоупора
<i>Напор, м</i>	Величина напора

Примечание

Количество водоносных слоев неограничено.

На локальной панели расположены кнопки управления записями таблиц:

	удаление элемента
	добавление нового элемента в конец списка
	вставка нового элемента в текущую позицию списка

Кнопка "Удалить скважину" позволяет **удалить** редактируемый объект.

5. Плиты

Объект "Плита" предназначен для моделирования плитного фундамента и относится к полигональным объектам. Плита может иметь произвольную форму и определяется координатами своих вершин.

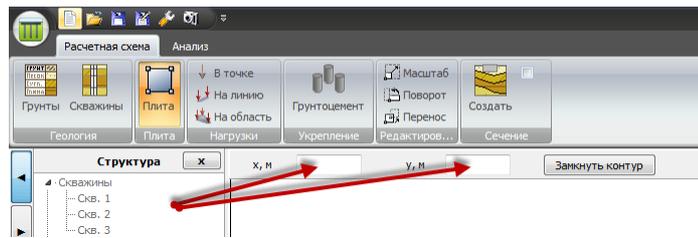
Создание

Для создания плиты необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Плита".

2. Определить последовательно точки контура создаваемой плиты. Создавать точки контура можно:

- щелчком левой кнопки мыши;
- вводом координат создаваемой точки в поля ввода (для подтверждения создания точки необходимо нажать клавишу ENTER):



При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).

3. Замкнуть контур. Выполнить данную операцию можно одним из способов:

- щелчком левой кнопки мыши, предварительно переместив указатель в стартовую точку контура;
- щелчком правой кнопки мыши;
- нажатием кнопки "Замкнуть контур".

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

Редактирование свойств

Панель свойств редактора для объекта "Плита" имеет следующий вид:

Свойства		
Плита		
Общие		
Наименование	Плита 1	
Отметка подошвы, м	98,00	
Давление на плиту, кПа	200,0	
Нагрузка от давления, кН	60000,00	
Площадь плиты, м ²	300,00	
Координаты вершин		
№	X, м	Y, м
1	0,00	15,00
2	0,00	0,00
3	20,00	0,00
4	20,00	15,00
Жесткостные характеристики		
Модуль упругости, МПа	30000	
Коэффициент Пуассона	0,20	
Толщина плиты, мм	800	
Удалить плиту		

Редактируются следующие параметры:

1. **Наименование** плиты. Предназначено для идентификации объектов в графическом поле и в дереве структуры проекта.
2. Абсолютная **отметка подошвы**.
3. **Давление на плиту** - величина равномерного давления на поверхность плиты.
4. **Координаты вершин** контура плиты. Пользователь имеет возможность добавлять и удалять вершины у ранее созданного объекта. Подробнее о редактировании полигональных объектов можно прочитать в [соответствующем разделе](#).
5. **Модуль упругости** материала плиты (материал плиты считается изотропным).
6. **Коэффициент Пуассона** материала плиты (материал плиты считается изотропным).

7. Толщина плиты.

В качестве дополнительной информации автоматически определяются суммарная нагрузка от давления и общая площадь плиты.

Кнопка "Удалить плиту" позволяет **удалить** редактируемый объект.

6. Нагрузки

В программе доступно использование трех видов нагрузок:

- [в точке](#);
- [на линию](#);
- [на область](#).

Точечные нагрузки

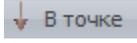
Объект "Усилие в точке" позволяет определить в произвольной точке поверхности силовое воздействие, включающее вертикальную силу и момент. Усилие может прилагаться как на плиту, так и на поверхность грунта.

Примечание

При расчете величина момента учитывается только в случае, когда усилие действует на плиту.

Создание

Для создания точечных нагрузок необходимо

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Нагрузки".

2. Переместить указатель мыши в точку, где должен находиться создаваемый объект. При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).

3. Нажать левую кнопку мыши.

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

Редактирование свойств

Панель свойств редактора для объекта "Усилие в точке" имеет следующий вид:

Усилие в точке	
Координаты	
Х, м	2,01
У, м	6,24
Параметры	
Сила Fz, кН	0,00
Момент Mx, кН м	0,00
Момент My, кН м	0,00
<input type="button" value="Удалить усилие"/>	

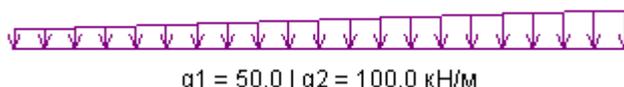
Редактируются следующие параметры:

1. **Координаты** объекта в плане;
2. **Модуль** вертикальной составляющей **силы Fz**. Предполагается, что сила направлена вертикально вниз;
3. **Величины моментов** относительно осей системы координат.

Кнопка "Удалить усилие" позволяет **удалить** редактируемый объект.

Нагрузки на линию

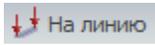
Нагрузка на линию или полосовая нагрузка - это давление, распределенное по длине прямолинейного отрезка. С помощью данного воздействия, например, можно учитывать влияние на плиту давления от несущих стен здания. Нагрузка на линию может прикладываться как на плиты, так и на поверхность грунта.



Предполагается, что величина нагрузки линейно меняется по длине отрезка.

Создание

Для создания нагрузки на линию необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  "На линию" группы "Нагрузки".
2. Переместить указатель мыши к позиции первой точки объекта. Создать точку щелчком левой кнопки мыши.
3. Переместить указатель мыши к позиции второй точки объекта. Завершить создание объекта щелчком левой кнопки мыши.

При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

Редактирование свойств

Панель свойств редактора для объекта "Усилие на линию" имеет следующий вид:

Усилие на линию			
Координаты			
x1, м	<input type="text" value="-0,16"/>	y1, м	<input type="text" value="8,22"/>
x2, м	<input type="text" value="8,30"/>	y2, м	<input type="text" value="7,54"/>
Параметры			
q1, кН/м	<input type="text" value="0,00"/>		
q2, кН/м	<input type="text" value="0,00"/>		
<input type="button" value="Удалить усилие"/>			

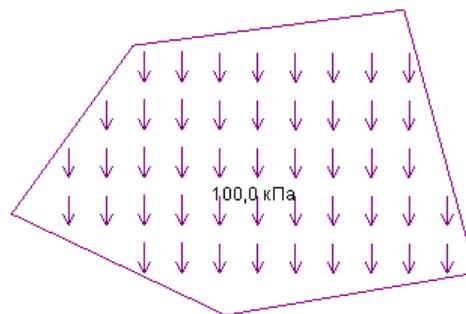
Редактируются следующие параметры:

1. **Координаты** опорных точек объекта в плане;
2. **Величины** распределенного **усилия** в опорных точках объекта. Предполагается, что усилие направлено вниз.

Кнопка "Удалить усилие" позволяет **удалить** редактируемый объект.

Нагрузки на область

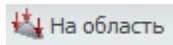
Нагрузка на область - это давление, распределенное по площади полигональной области. Нагрузка на область может прикладываться как на плиты, так и на поверхность грунта.



Предполагается, что величина нагрузки постоянна.

Создание

Для создания усилия на область необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Нагрузки".
2. Определить последовательно точки контура создаваемой области. Создавать точки контура можно:

- щелчком левой кнопки мыши;
- вводом координат создаваемой точки в поля ввода (для подтверждения создания точки необходимо нажать клавишу ENTER).

При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).

3. Замкнуть контур. Выполнить данную операцию можно одним из способов:

- щелчком левой кнопки мыши, предварительно переместив указатель в стартовую точку контура;
- щелчком правой кнопки мыши;
- нажатием кнопки "Замкнуть контур".

Подробнее о редактировании полигональных объектов можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

Редактирование свойств

Панель свойств редактора для объекта "Усилие на область" имеет следующий вид:

№	X, м	Y, м
1	4,80	5,71
2	5,98	7,35
3	8,60	7,70
4	9,30	5,13
5	6,87	4,72

Редактируются следующие параметры:

1. **Величина** давления;

2. **Координаты** вершин контура. Пользователь имеет возможность добавлять и удалять вершины у ранее созданного объекта. Подробнее о редактировании полигональных объектов можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

Кнопка "Удалить нагрузку" позволяет **удалить** редактируемый объект.

7. Укрепление

Поддерживается возможность использования двух типов полей Jet:

- регулярное поле Jet;
- нерегулярное поле Jet.

Объект **"Регулярное поле Jet"** предназначен для моделирования области грунтоцементного укрепления с регулярным расположением колонн и относится к полигональным объектам. Область может иметь произвольную форму и определяется координатами своих вершин.

Количество и положение колонн определяется условно, исходя из задаваемых пользователем геометрических параметров колонн и схемы установки.

Объект **"Нерегулярное поле Jet"** предназначен для моделирования области грунтоцементного укрепления с произвольным расположением колонн. Контур области укрепления определяется программой автоматически по координатам точек расположения задаваемых пользователем колонн.

Примечание

При выполнении расчета в области укрепления используются эффективные характеристики грунтов.

Регулярное поле. Создание и редактирование свойств

Создание

Для создания регулярного поля укрепления необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Укрепление".

2. Определить последовательно точки контура создаваемой области. Создавать точки контура можно:

- щелчком левой кнопки мыши;
- вводом координат создаваемой точки в поля ввода (для подтверждения создания точки необходимо нажать клавишу *ENTER*).

При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).

3. Замкнуть контур. Выполнить данную операцию можно одним из способов:

- щелчком левой кнопки мыши, предварительно переместив указатель в стартовую точку контура;
- щелчком правой кнопки мыши;
- нажатием кнопки "Замкнуть контур".

Редактирование свойств

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

Панель свойств редактора для объекта "Регулярного поля Jet" имеет следующий вид:

Грунтоцементные сваи

Параметры

Отметка верха, м	0,00
Длина, м	5,00
Шаг, м	1,00
Схема установки	Треугольник
Количество колонн	64

Координаты вершин

№	X, м	Y, м
1	-15,25	14,58
2	-2,69	15,61
3	-1,42	11,04
4	-15,39	10,85

Характеристики в слоях

Грунт	E, МПа	D, мм
Песок мелкий	50	400
Суглинок тугопластичный	50	400
Глина полутвердая	50	400
Супесь пластичная	50	400

Удалить Единые параметры

Редактируются следующие параметры:

1. Абсолютная **отметка верха** колонн.
2. **Длина** колонны.
3. **Шаг** установки.
4. **Схема установки** колонн в плане: треугольник или прямоугольник.

5. **Координаты вершин** контура области. Пользователь имеет возможность добавлять и удалять вершины у ранее созданного объекта. Подробнее о редактировании полигональных объектов можно прочитать в [соответствующем разделе](#).

6. Характеристики колонн в различных грунтах:

- модуль деформации грунтобетона E [МПа];
- диаметр D [мм].

Кнопка "Единые параметры" позволяет свойства, заданные для редактируемого слоя, применить ко всем.

Кнопка "Удалить" позволяет **удалить** редактируемый объект.

Нерегулярное поле. Создание и редактирование свойств

Создание

Для создания нерегулярного поля Jet необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Укрепление".
2. Определить щелчком левой кнопки мыши точки расположения колонн.

При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования можно включить [привязку к сетке](#).

Редактирование свойств

Панель свойств редактора для объекта "Укрепление" имеет следующий вид:

Грунтоцементные сваи (нерегулярное поле)

Параметры

Отметка верха, м

Длина, м

Количество колонн

Координаты колонн

№	X, м	Y, м
1	-5,43	14,75
2	-1,92	17,01
3	6,37	18,46
4	6,81	16,57
5	2,85	13,94

Характеристики в слоях

Грунт	E, МПа	D, мм
Песок мелкий	50	400
Суглинок тугопластичный	50	400
Супесь пластичная	50	400
Глина полутвердая	50	400

Редактируются следующие параметры:

1. Абсолютная **отметка верха** колонн.
2. **Длина** колонн.
3. **Координаты точек центра колонн**. Пользователь имеет возможность добавлять и удалять колонны у ранее созданного объекта.

Для перехода в режим редактирования состава и расположения колонн нерегулярного поля Jet с помощью мыши необходимо активировать кнопку . В режиме редактирования применительно к колоннам можно выполнять операции, доступные для прочих объектов, а именно: перенос, поворот, удаление, групповая обработка. Координаты колонн могут быть скопированы в таблицу через буфер обмена Windows.

4. Характеристики колонн в различных грунтах:

- модуль деформации грунтобетона E [МПа];
- диаметр D [мм].

Кнопка "Единые параметры" позволяет свойства, заданные для редактируемого слоя, применить ко всем.

Кнопка "Удалить" позволяет **удалить** редактируемый объект.

8. Работа с объектами в графическом поле

Привязка и режим ортогонального черчения

Привязка к сетке

Привязка к сетке облегчает позиционирование точек, создаваемых с помощью мыши в графическом поле. Для включения привязки следует воспользоваться клавишей  [строки состояния](#). Привязка к узлу сетки выполняется при перемещении указателя мыши в близкое к нему положение.

Сетка работает в одном из двух режимов:

- адаптивная. В этом случае параметры сетки корректируются при масштабировании изображения.
- фиксированная. В этом случае параметры сетки неизменны и определяются пользователем.

Настроить параметры сетки можно, воспользовавшись кнопкой  панели инструментов.

Привязка к объектам подложки DXF

Привязка к объектам подложки DXF облегчает позиционирование точек, создаваемых с помощью мыши в графическом поле. Для включения привязки следует воспользоваться клавишей  [строки состояния](#). Привязка к узлу сетки выполняется при перемещении указателя мыши в близкое к нему положение.

Привязка к объектам модели

Привязка к объектам модели облегчает позиционирование точек, создаваемых с помощью мыши в графическом поле. Для включения привязки следует воспользоваться клавишей  [строки состояния](#). Привязка к узлу сетки выполняется при перемещении указателя мыши в близкое к нему положение.

Режим ортогонального черчения

Для удобства создания объектов, контур которых содержит только **строго вертикальные или горизонтальные линии**, можно воспользоваться режимом **ортогонального черчения**, нажав кнопку  [строки состояния](#). Создаваемые при этом линии автоматически корректируются в зависимости от текущего положения курсора мыши, ориентируясь параллельно координатным осям.

Также построение линий контура параллельных координатным осям можно выполнить, создавая линии контуров при нажатой клавише *Shift* клавиатуры.

Полигональные объекты

К полигональным объектам относятся:

- [плиты](#);
- [нагрузки на область](#);
- [области укрепления](#).

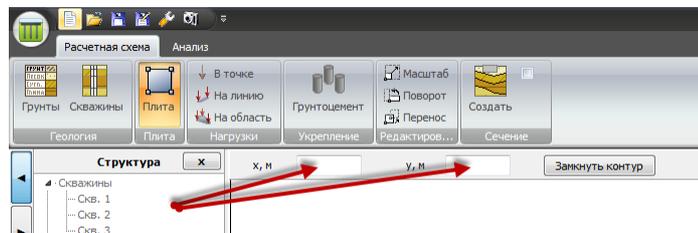
Создание

Для создания полигонального объекта необходимо:

1. **Перейти** в соответствующий режим.

2. **Определить** последовательно координаты точек контура полигона. Создавать точки контура можно:

- щелчком левой кнопки мыши;
- вводом координат создаваемой точки в поля ввода (для подтверждения создания точки необходимо нажать клавишу *ENTER*):



При перемещении указателя текущие координаты отображаются в [строке состояния](#). Для облегчения позиционирования создаваемых точек можно включить [привязку к сетке](#) или режим [ортогонального черчения](#).

Примечание

Координаты точек контура впоследствии могут корректироваться при редактировании свойств объекта.

3. **Замкнуть** контур. Выполнить данную операцию можно одним из способов:

- щелчком левой кнопки мыши, предварительно переместив указатель в стартовую точку контура;
- щелчком правой кнопки мыши;
- нажатием кнопки "Замкнуть контур".

Примечание

Замыкание контура возможно только в случае, если создано не менее трех точек контура.

Прервать процедуру создания полигона можно нажав клавишу *Esc* клавиатуры.

Созданный объект автоматически переходит в выделенный режим, и его характеристики становятся доступными для редактирования.

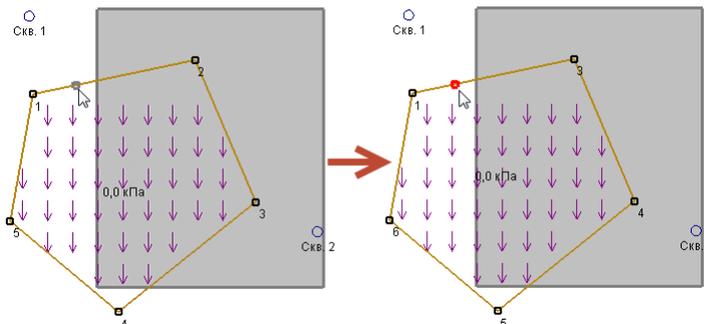
Добавление контурных точек

У существующих полигонов можно неограниченно увеличивать количество контурных точек.

Для создания дополнительной точки контура необходимо:

1. Выделить требуемый объект;
2. Переместить курсор мыши к предполагаемой позиции новой точки. При этом на границе области появится *серый* маркер, определяющий положение новой точки.

3. Нажать **правую** кнопку мыши. Координаты новой точки можно изменить, перетаскивая узел, либо изменив значения непосредственно в редакторе свойств.

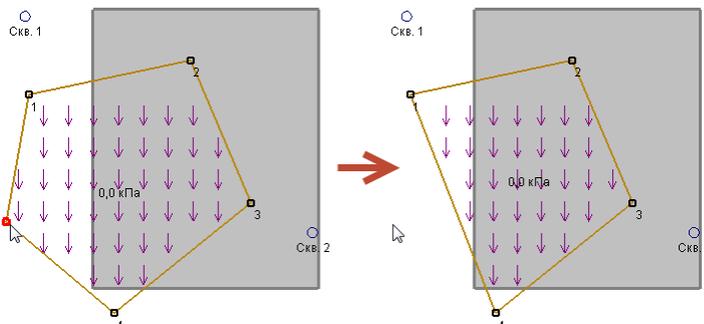


Удаление контурных точек

Для удаления существующих точек контура необходимо:

1. Выделить требуемый объект;
2. Переместить курсор мыши к удаляемой точке контура. При этом появится *красный* маркер.

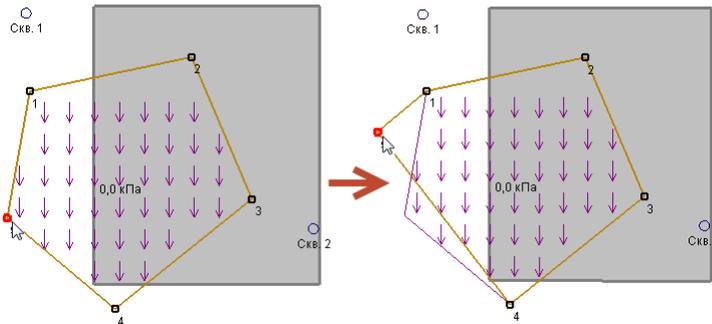
3. Нажать **правую** кнопку мыши.



Перемещение контурных точек

Для перемещения точки контура необходимо:

1. Выделить требуемый объект;
2. Переместить курсор мыши к точке контура. При этом появится красная подсветка.
3. Нажать **левую** кнопку мыши.
4. Не отпуская левой кнопки мыши, переместить точку в новое положение.
5. Отпустить кнопку мыши.



Выделение объектов

Выделение объектов необходимо при:

- изменении свойств;
- трансформации объектов и групп;
- корректировании набора точек контуров полигонов;
- удалении объектов.

Выделить объекты модели можно:

- используя [дерево структуры проекта](#);
- управляя объектами непосредственно в графической области.

В программе допускается выделение как единичных, так и нескольких объектов. В случае, когда выделен один объект, его свойства становятся доступными для редактирования.

Примечание

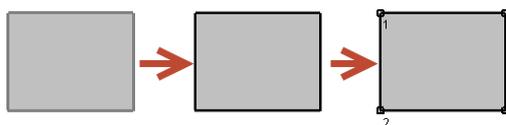
Категории объектов, доступных для выделения, зависят от текущего режима.

Выделение объектов в графической области

Выделение единичного объекта осуществляется щелчком левой кнопки мыши после наведении курсора на нужный объект. При этом все сформированные ранее выделения сбрасываются.

Примечание

Объект, доступный для выделения, подсвечивается при перемещении над ним курсора мыши.



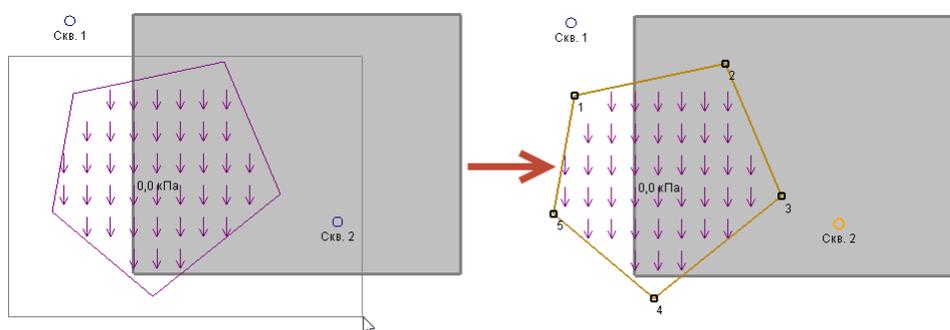
Выделение нескольких объектов можно осуществить:

1. Щелчком левой кнопки мыши при удерживаемой клавише *Ctrl* клавиатуры. Повторный щелчок по выделенному объекту приводит к снятию с него выделения.

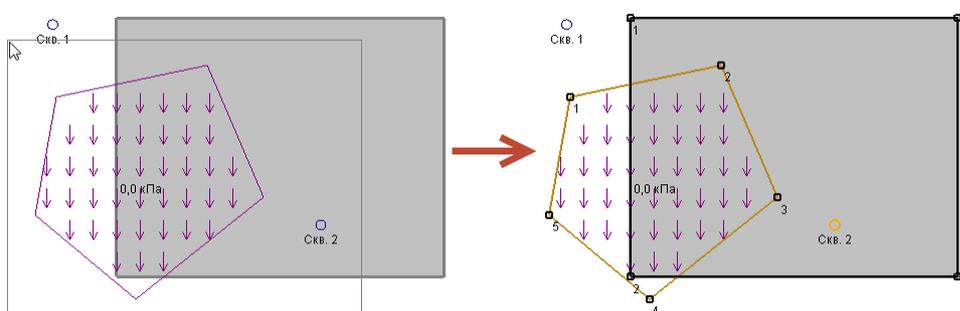
2. Используя *прямоугольник выделения*. Для формирования области прямоугольника выделения необходимо

- переместить указатель мыши к вершине области выделения;
- нажать левую кнопку мыши;
- растянуть область, перемещая указатель;
- отпустить кнопку мыши.

В случае перемещения указателя *слева-направо* захватываются объекты полностью попавшие в прямоугольник выделения



В случае перемещения указателя *справа-налево* захватываются объекты *полностью или частично* попавшие в прямоугольник выделения



Перетаскивание объектов

Для перетаскивания объектов с помощью мыши:

1. Выделите нужные объекты.
2. Переместите указатель мыши к одному из выделенных объектов. При этом форма указателя примет следующий вид .

3. Нажать на левую кнопку мыши и переместить выделенные объекты в новое положение.

4. Отпустить кнопку мыши.

Удаление объектов

Для удаления объектов:

1. Выделите один или несколько объектов, подлежащих удалению.
2. Нажмите клавишу *Delete* клавиатуры.

9. Трансформация объектов

Масштабирование объектов

Операция масштабирования применяется к выделенным объектам.

Операция масштабирования предполагает переопределение координат опорных точек объектов в соответствии с соотношениями:

$$X = X_c + (x - X_c) \cdot K, \quad Y = Y_c + (y - Y_c) \cdot K,$$

где X , Y - новые координаты точки, x , y - старые координаты точки, X_c , Y_c - координаты отсчетной точки, K - коэффициент масштабирования.

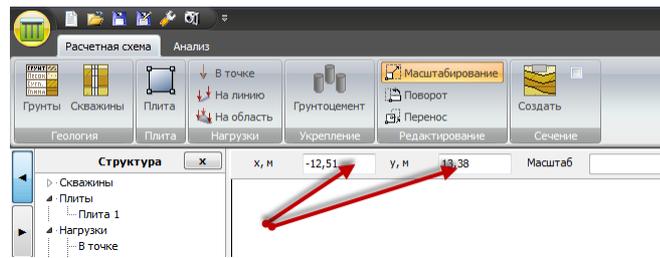
Для выполнения операции масштабирования необходимо:

1. **Выделить** требуемые объекты.
2. Войти в **режим** масштабирования, нажав кнопку  Масштабирование ленты.

Примечание

После активизации режима **состав выделенных объектов** может быть изменен с помощью [дерева структуры проекта](#).

3. Определить **координаты отсчетной точки** либо указав ее положение с помощью левой кнопки мыши, либо введя координаты в поля ввода и нажав клавишу **Enter**.



4. Ввести величину **масштабного коэффициента** и нажать клавишу **Enter**.

Поворот объектов

Операция поворота применяется к выделенным объектам.

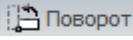
Операция поворота предполагает переопределение координат опорных точек объектов в соответствии с соотношениями:

$$X = X_c + (x - X_c) * \cos(\alpha) - (y - Y_c) * \sin(\alpha);$$

$$Y = Y_c + (y - Y_c) * \cos(\alpha) + (x - X_c) * \sin(\alpha);$$

где X, Y - новые координаты точки, x, y - старые координаты точки, X_c, Y_c - координаты точки центра вращения, α - величина угла поворота.

Для выполнения операции поворота необходимо:

1. **Выделить** требуемые объекты.
2. Войти в **режим поворота**, нажав кнопку  **Поворот** ленты.

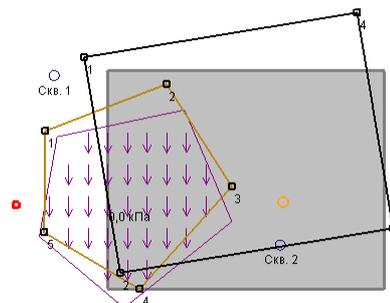
Примечание

После активизации режима **состав выделенных объектов** может быть изменен с помощью [дерева структуры проекта](#).

3. Определить **координаты точки центра вращения** либо указав ее положение с помощью левой кнопки мыши, либо введя координаты в поля ввода панели поворота и нажав клавишу **Enter**.

4. Определить величину угла поворота одним из двух способов.

- ввести значение в поле ввода панели поворота и нажать клавишу **Enter**.
- перемещая указатель мыши, обеспечить поворот подсветок на требуемый угол, затем нажать левую кнопку мыши.



Примечание

Операцию поворота можно прервать, нажав клавишу *Esc*.

Перенос объектов

Операция переноса применяется к выделенным объектам.

Операция переноса предполагает переопределение координат опорных точек объектов в соответствии с соотношениями:

$$X = x + \Delta X, \quad Y = y + \Delta Y,$$

где X, Y - новые координаты точки, x, y - старые координаты точки, X_c, Y_c - координаты точки центра вращения, $\Delta X, \Delta Y$ - величины смещений по соответствующим направлениям.

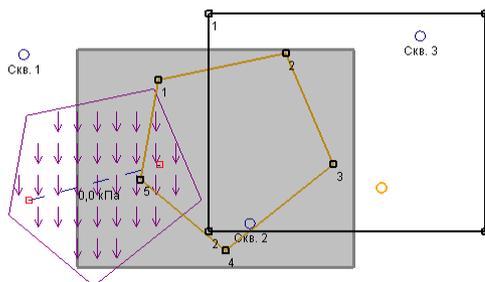
Для выполнения операции переноса необходимо:

1. **Выделить** требуемые объекты.
2. Войти в **режим** переноса, нажав кнопку  ленты.

Примечание

После активизации режима **состав выделенных объектов** может быть изменен с помощью [дерева структуры проекта](#).

3. Определить величины смещений одним из двух способов.
 - ввести значения в поле ввода панели поворота и нажать клавишу *Enter*.
 - отметить с помощью левой кнопки мыши две произвольных точки, определяющие величины смещений.

**Примечание**

Операцию переноса можно прервать, нажав клавишу *Esc*.

10. Построение сечения грунтового массива

Область сечения определяется прямолинейным в плане отрезком.

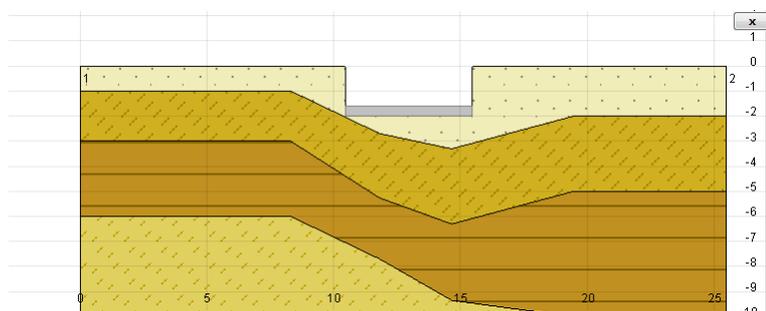
Для построения сечения грунтового массива необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Сечение".

При этом в нижней части главного окна появится панель сечения грунтового массива.

2. С помощью левой кнопки мыши отметить в графическом поле граничные точки отрезка

сечения. При перемещении указателя ко второй точке, сечение автоматически перестраивается. Положение отрезка в плане отображается в графическом поле.



Пользователь имеет возможность [управлять изображением](#) панели сечения грунтового массива.

Панель сечения можно скрыть, воспользовавшись галочкой группы "Сечение".

11. Выполнение измерений

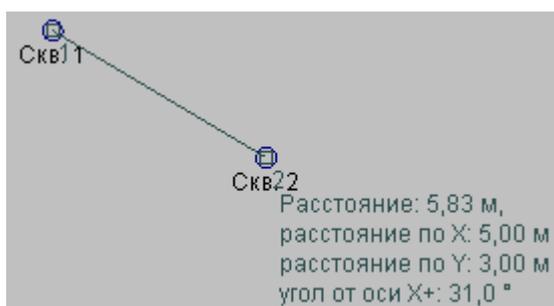
Определение расстояний

Для определения расстояния между двумя точками необходимо:

1. Перейти в режим Линейка, нажав на кнопку .

2. Щелчком левой кнопки мыши отметить положение первой точки.

3. Переместить указатель ко второй точке и повторно выполнить щелчок левой кнопкой мыши.



В рабочем поле будут отображены:

- расстояние между точками.
- расстояние между точками по горизонтали.
- расстояние между точками по вертикали.
- угол относительно горизонтали.

Примечание

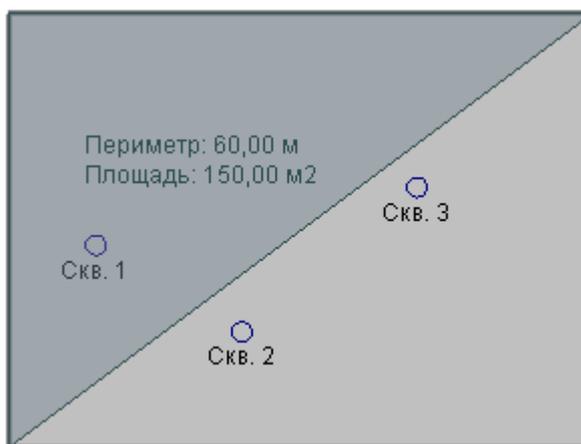
Для позиционирования точек можно использовать инструменты привязки.

Определение площадей и длин контуров

Данный инструмент позволяет определять площадь и длину контура произвольного многоугольника.

Для построения многоугольника необходимо:

1. Перейти в режим Область, нажав на кнопку .
2. Отметить положение вершин многоугольника с помощью левой кнопки мыши.
3. Замкнуть контур. Замыкание контура осуществляется либо щелчком в стартовую точку, либо щелчком правой кнопки мыши.



В рабочем поле будут отображены:

- длина периметра области.
- площадь области.

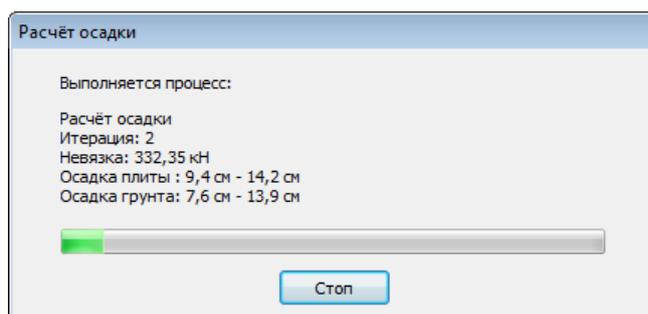
Примечание

Для позиционирования точек можно использовать инструменты привязки.

12. Выполнение расчетов

Для выполнения расчета необходимо воспользоваться кнопкой  группы "Расчет".

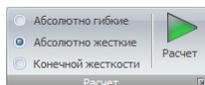
В окне индикатора процесса отображаются основные расчетные параметры.



Прервать процесс можно нажатием кнопки "Стоп". При этом пользователю становятся доступны для анализа результаты, полученные к моменту остановки.

Настройка параметров расчета

Тип плит можно выбрать непосредственно на панели группы "Расчет"



Возможны следующие варианты

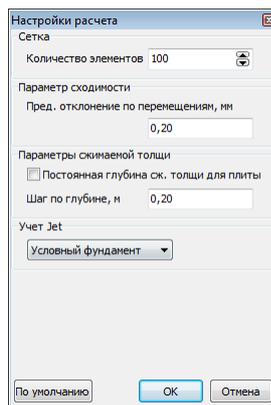
абсолютно гибкие	рассматривается задача о действии нагрузки непосредственно на упругий грунт
абсолютно жесткие	рассматривается задача о вдавливании абсолютно жесткого тела в упругий грунт
конечной жесткости	рассматривается задача о деформировании плиты конечной жесткости на упругом основании

Примечание: выбор типа плит применяется ко всем плитам расчетной схемы.

Для активизации окна настроек параметров расчета необходимо воспользоваться соответствующей кнопкой группы "Расчет"



Окно настроек расчета имеет следующий вид:



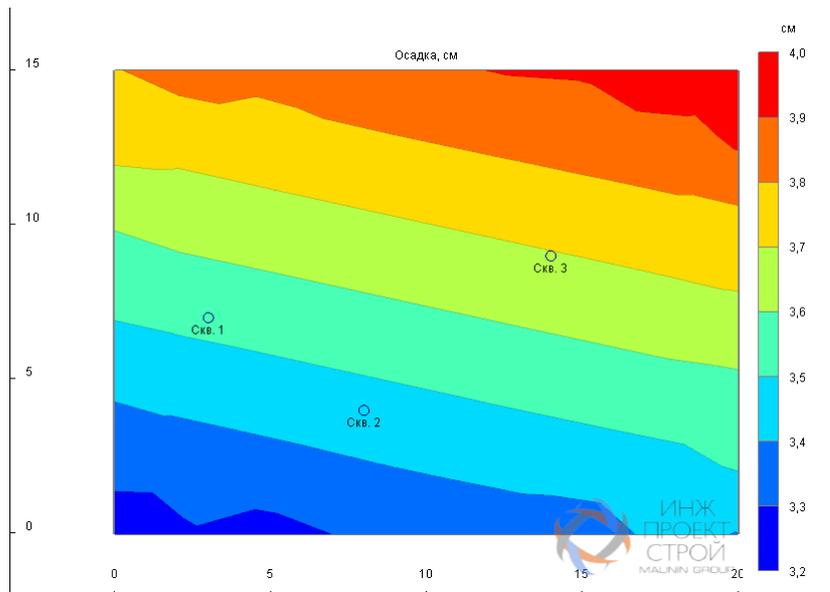
Редактируемые параметры

Количество элементов	Ориентировочное количество элементов, на которое разбивается область плиты
Предельное отклонение по перемещениям	Величина, используемая при оценке критерия остановки итерационного процесса определения осадок. Определяется как максимальная разность осадок грунта и плиты.
Постоянная глубина сжимаемой толщи для плиты	При включенной опции глубина сжимаемой толщи для каждой плиты принимается постоянной и определяется как максимум по результатам расчета на первой итерации.
Шаг по глубине	Шаг по глубине определяет расстояние по вертикали между узлами расчетной сетки в грунтовой массе. Увеличение шага приводит к уменьшению времени расчета, но снижает точность вычислений из-за более грубой аппроксимации напряжений.
Учет Jet	Условный фундамент: выполнение расчета в соответствии с СП 24.13.330-2011; Эффективный модуль: учет Jet путем введения эффективного модуля армированного грунта.

13. Анализ результатов

Поля расчетных величин

Данные о распределении полей расчетных величин отображаются в виде поля функции двух аргументов.



Для выбора вида отображаемого поля следует воспользоваться кнопками группы "Результаты".

Возможно отображение следующих полей:

S	поле осадок грунта
Hc	поле глубины сжимаемой толщи
Szp0	поле давления на грунт под плитами
Sp	поле осадок плит
K	поле коэффициента постели

Примечание

Кнопки группы "Результаты" также могут быть использованы для отключения отображения результатов.

Для управления цветовой шкалой следует воспользоваться элементами группы ["Шкала"](#).

Применение введенных пользователем значений границ шкалы происходит при нажатии клавиши **Enter**.

Диаграммы расчетных величин по глубине

Пользователь имеет возможность отобразить диаграммы расчетных величин по глубине в узлах сетки.

Для построения диаграмм необходимо:

1. Перейти в соответствующий режим, воспользовавшись кнопкой  группы "Результаты".

2. Переместить указатель мыши к нужному узлу сетки до появления серой подсветки.
3. Выполнить щелчок левой кнопкой мыши.

В результате на панели результатов появится панель отображения диаграмм:



Кнопки панели позволяют управлять набором отображаемых диаграмм

	Давление от приложенной нагрузки
	Давление от веса грунта
	Давление от веса грунта, умноженное на коэффициент
	Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента
	Эффективный модуль деформации
	Приращение осадки
	Суммарная осадка

Пример расчёта 1

Рассматривается плитный фундамент габаритами 20 м x 15 м, заглубленный на 2 м. На фундамент действует давление 200 кПа.

Фундаментная плита полагается абсолютно жесткой.

Фундамент представляет собой прямоугольник, угловые точки которого имеют координаты:

№	X, м	Y, м
1	0,00	15,00
2	0,00	0,00
3	20,00	0,00
4	20,00	15,00

Геология представлена следующими грунтами:

№	Название	Уд. вес в ест. сост., кН/м ³	Модуль деформации, МПа	Коэфф. Пуассона
1	Песок мелкий	19,1	38	0,30
2	Суглинок тугопластичный	18,9	17	0,35
3	Супесь пластичная	19,1	16	0,30
4	Глина полутвердая	18,4	20	0,42

Примечание: свойства взяты из Справочника грунтов (Приложения к СП 22.13330.2011).

Геология задана по трём скважинам, которые располагаются в следующих точках:

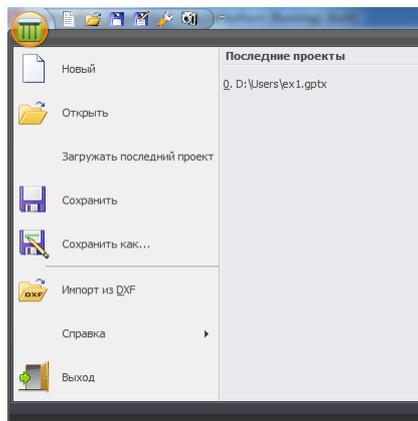
№	X, м	Y, м
Скв. 1	3,00	7,00
Скв. 2	8,00	4,00
Скв. 3	14,00	9,00

Данные о мощностях слоёв в скважинах (в м):

№	Название	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
1	Песок мелкий	1	4	2
2	Суглинок тугопластичный	2	3	3
3	Супесь пластичная	3	2	5
4	Глина полутвердая	4	1	4

1. Новый проект

Для создания нового проекта нужно нажать кнопку  или выбрать аналогичную команду из [Основного меню](#):



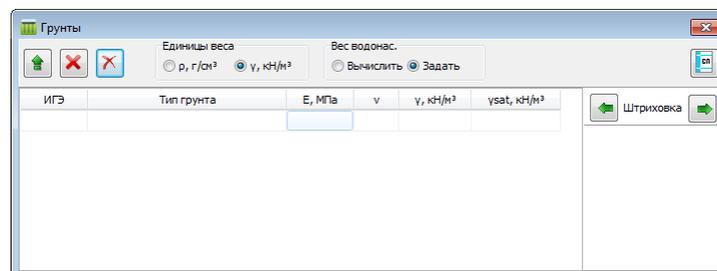
Также можно использовать сочетание клавиш **Ctrl + N**.

2. Исходные данные

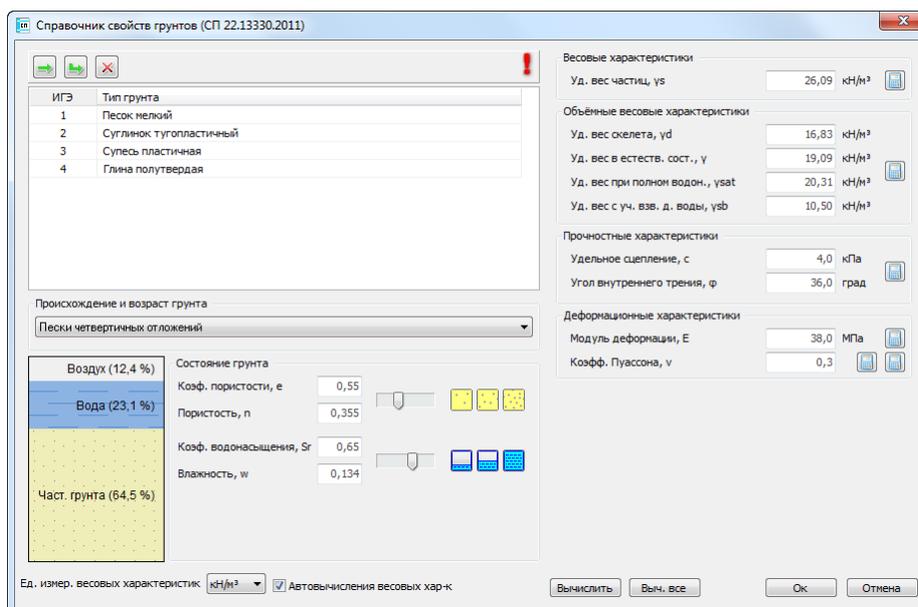
Определение состава и характеристик грунтов

Свойства грунтов задаются в окне Грунты.

Для активизации режима нужно нажать кнопку  в группе [Геология](#) на Ленте. В результате появится окно:

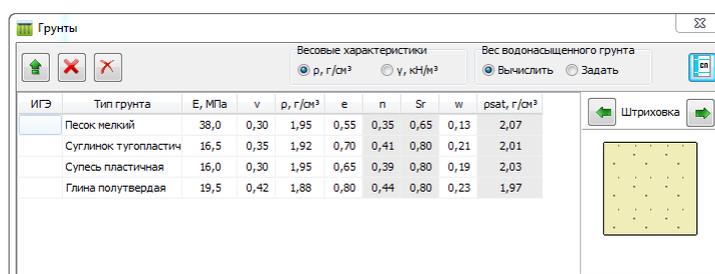


Для вычисления свойств ИГЭ по Приложениям СП 22.13330.2011 воспользуемся Справочником грунтов (кнопка  окна грунтов).



В окне Справочника необходимо ввести названия ИГЭ и типов грунтов.

Для вычисления средних характеристики для грунтов необходимо нажать на кнопку "Выч. все". Нажатие на "ОК" закроет Справочник, причём вычисленные характеристики грунтов будут переданы в GeoPlate Pro. В результате окно свойств грунтов примет следующий вид:



Определение состава и характеристик скважин

Для определения положения и свойств скважин, необходимо перейти в режим "Создание скважин", нажав кнопку в группе [Геология](#) на Ленте.

Создание скважины выполняется щелчком левой кнопки мыши в нужных точках Графического поля. При перемещении курсора мыши текущие координаты отображаются в [строке состояния](#).

После создания каждой скважины в Панели редактора свойств можно будет *отредактировать координаты* и напластование грунтов данной скважины. При необходимости, в режим редактирования скважины можно перейти, выделив нужный объект с помощью левой кнопки мыши в Графическом поле или в [дереве](#).

Примечание: Порядок грунтов одинаков для всех скважин! Если какой-либо грунт

отсутствует в одной из скважин (например, задание линз), то нужно задать его мощность равной нулю.

В нашем случае нужно создать три скважины:

The image shows three screenshots of the software interface for configuring wells. Each window is titled 'Скважина' (Well) and contains the following information:

- Общие (General):**
 - Наименование (Name): Сква. 1, Сква. 2, Сква. 3
 - Coordinates (x, m; y, m): (3,00; 7,00), (8,00; 4,00), (14,00; 9,00)
 - Отметка устья, м (Wellhead elevation, m): 100,00
- Грунты (Soils):**
 - Buttons: X, left arrow, right arrow
 - Table with columns: Тип грунта (Soil type), Зотн, м (Depth, m), Забс, м (Depth, m), Н, м (Height, m)
- Graphical Profile:**
 - Vertical axis: 100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93, 92, 91, 90
 - Soil layers with patterns and labels: Песок мелкий (Fine sand), Суглинок тугопластичный (Stiff clay), Супесь пластичная (Plastic silt), Глина полутвердая (Semi-rigid clay)
- Buttons:** Удалить скважину (Delete well)

Создание плиты

Для создания плиты необходимо перейти в режим "Создание плит", нажав кнопку в группе [Плита](#) на Ленте.

Координаты контурных точек можно либо ввести непосредственно в окне панели ввода, либо создавая их щелчком в левой кнопки мыши непосредственно в графическом поле.

Для завершения создания контура плиты выполните в графическом поле щелчок правой кнопкой мыши.

После создания объекта в Панели редактора свойств появится набор инструментов, предоставляющий возможность редактировать характеристики плиты. Требуется задать нагрузку на плиту 200 кПа и отметку подошвы. При необходимости можно скорректировать координаты точек контура.

Плита		
Общие		
Наименование	Плита 1	
Отметка подошвы, м	98,00	
Давление на плиту, кПа	200,0	
Нагрузка от давления, кН	60000,00	
Площадь плиты, м²	300,00	
Координаты вершин		
№	X, м	Y, м
1	0,00	15,00
2	0,00	0,00
3	20,00	0,00
4	20,00	15,00
Жёсткие характеристики		
Модуль упругости, МПа	30000	
Коэффициент Пуассона	0,3	
Толщина плиты, мм	1000	
Удалить плиту		

Примечание 1: Перейти в режим редактирования плиты можно нажатием левой кнопки мыши на плите в Графическом поле.

Примечание 2: Облегчить создание точек может включение сетки (кнопка  в Строчке состояния).

3. Результаты

После задание всех необходимых исходных данных можно провести расчёт

Для этого необходимо перейти на вкладку Анализ на Ленте, выбрать тип плиты "Абсолютно жесткая" и нажать на кнопку  группе [Расчёт](#).

Программа отобразит окно индикатора процесса расчета, в котором отображаются текущие показатели сходимости:

Расчёт осадки

Выполняется процесс:

Расчёт осадки
Итерация: 3
Разность перемещений: 1,59 мм
Невязка: 872,86 кН
Осадка плиты: 3,4 см - 3,9 см
Осадка грунта: 3,2 см - 4,1 см



Стоп

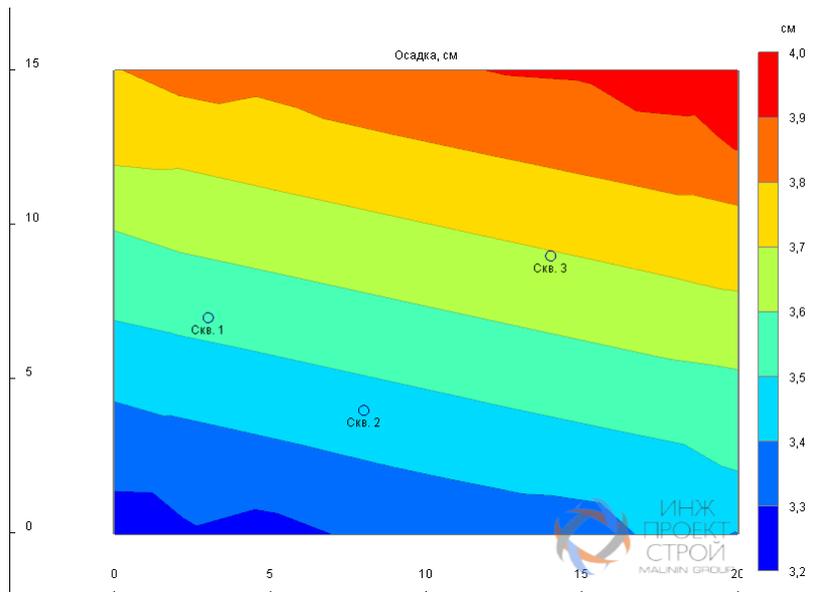
Примечание: можно досрочно завершить расчёт (из-за этого результаты могут оказаться некорректными).

После завершения вычислений в Панели редактора появится краткий отчёт:

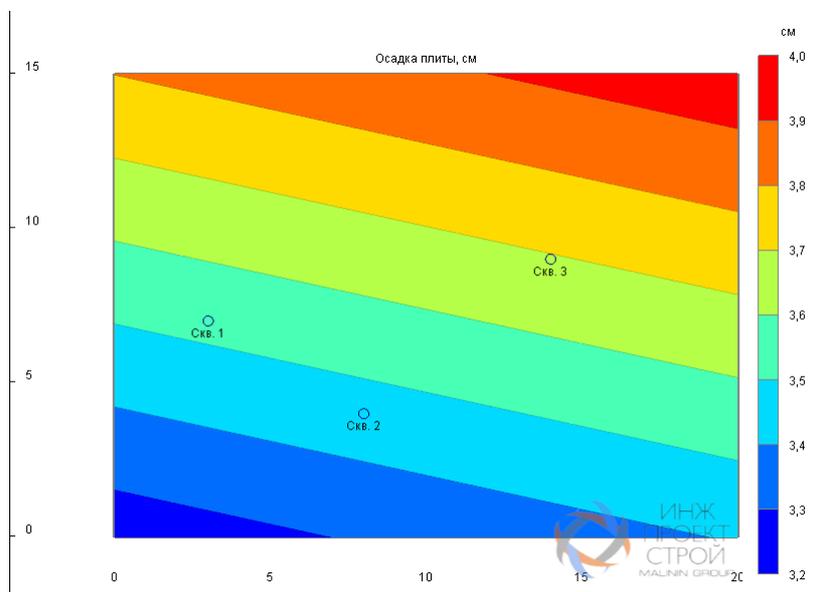
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА	
Плита 1	
Макс. осадка	3,97 см
Мин. осадка	3,24 см
Отн. разн. осадок	0,0004
Сумм. сила	60,00 кН
Площадь	300,00 м²
Средн. давление	0,20 МПа
Сумм. момент Mx	0,00 кН·м
Сумм. момент My	0,00 кН·м
Глубины сжимаемой толщи:	
Минимальная	5,50 м
Максимальная	3,03 м

Программа предоставляет возможность отобразить поля основных расчётных величин. Для выбора типа отображаемой величины необходимо воспользоваться элементами группы [Результаты](#) на Ленте.

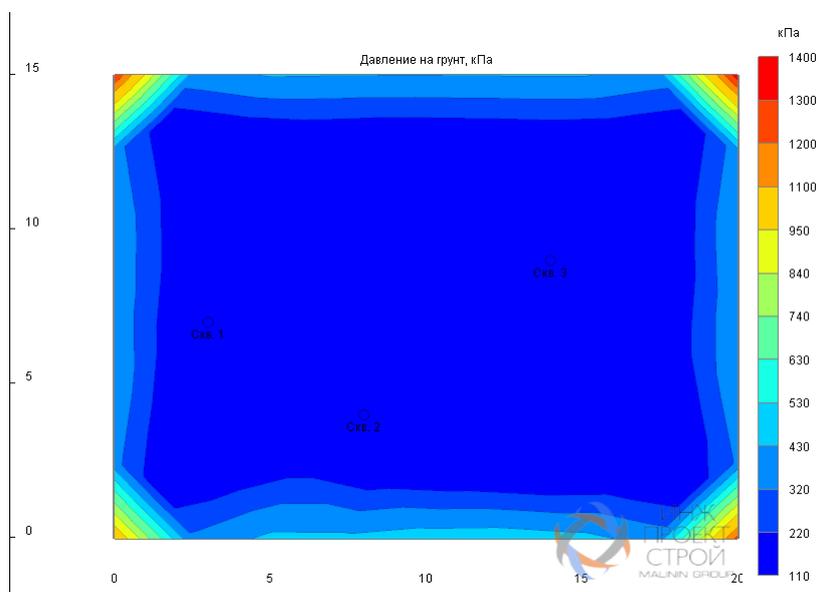
Поле осадок грунта:



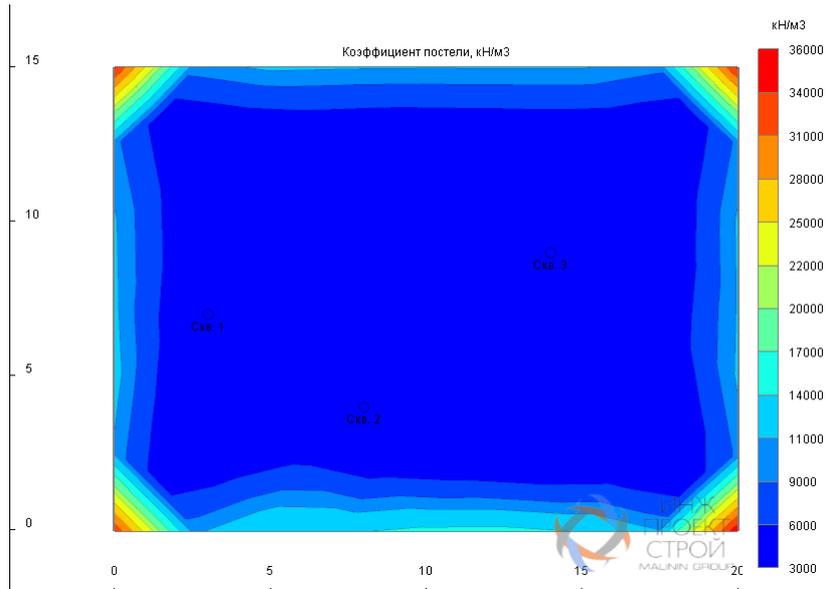
Поле осадок плиты:



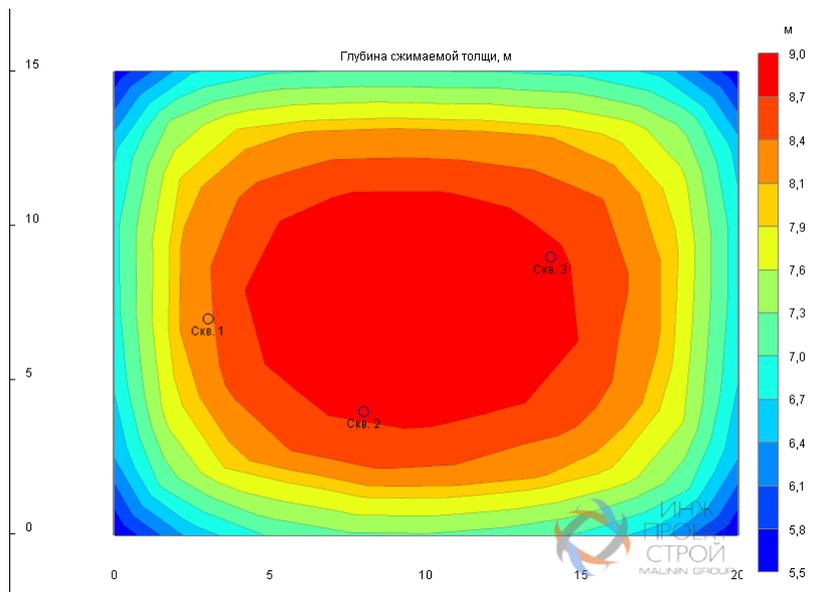
Поле давления на грунт:



Поле коэффициентов постели:



Поле глубин сжимаемой толщи:



Для отображения графиков распределения расчетных величин по глубине необходимо:

1. Перейти в режим Диаграммы, нажав кнопку  группы Результаты ленты.
2. Переместить указатель к нужному узлу. При этом ближайший к курсору узел будет отмечен серым маркером.
3. Выполнить щелчок левой кнопкой мыши.



Примечание: Отображение диаграмм доступно только в узлах сетки.

Пример расчёта 2

Рассматривается два близко расположенных прямоугольных плитных фундамента.

Фундаментные плиты считаются абсолютно жесткими.

Фундаменты имеют габариты 45 м x 18 м и заглубление 3 м.

На первый фундамент действует давление 350 кПа.

Вершины контура имеют координаты:

№	X, м	Y, м
1	0,00	0,00
2	45,00	0,00
3	45,00	18,00
4	0,00	18,00

На второй фундамент тоже действует давление 350 кПа.

Вершины контура имеют координаты:

№	X, м	Y, м
1	13,00	-1,00
2	-5,00	-1,00
3	-5,00	-46,00
4	13,00	-46,00

Геология представлена одним грунтом:

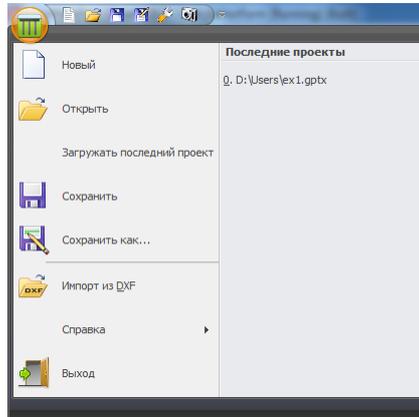
№	Название	Уд. вес в ест. сост., кН/м ³	Модуль деформации, МПа	Коэфф. Пуассона
3	Песок мелкий	19,1	38	0,30

Примечание: свойства взяты из Справочника грунтов (Приложения к СП 22.13330.2011).

Геология однородна.

1. Новый проект

Для создания нового проекта нужно нажать кнопку  или выбрать аналогичную команду из [Основного меню](#):

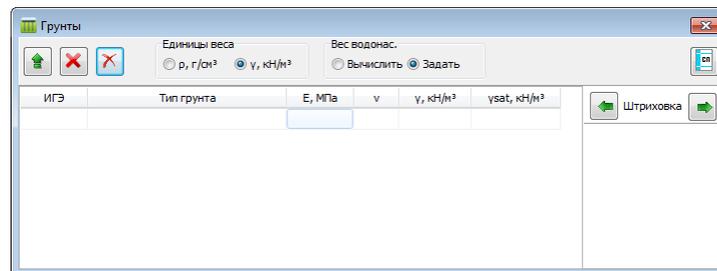


Также можно использовать сочетание клавиш **Ctrl + N**.

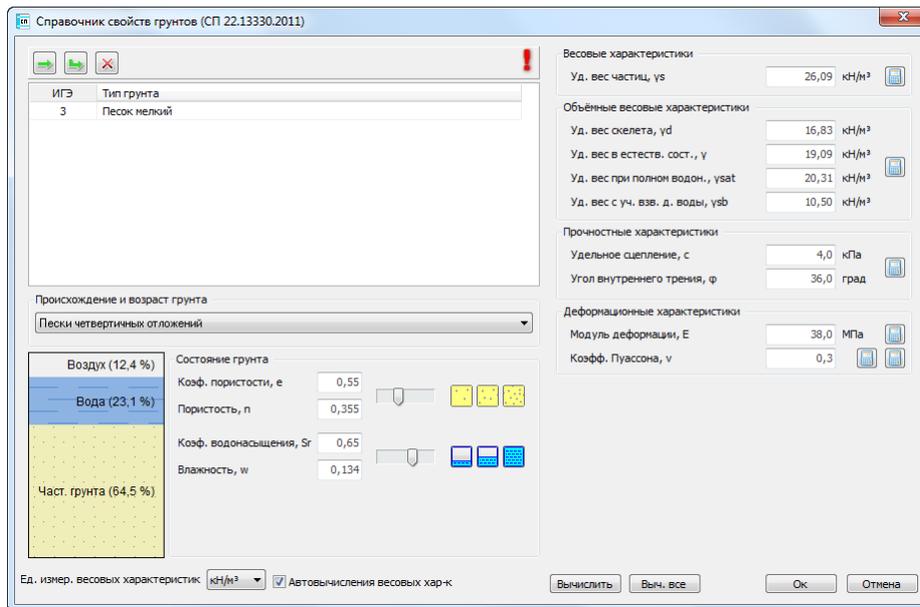
2. Исходные данные

Определение характеристик грунта

Свойства грунтов задаются в окне Грунты (можно открыть нажав на кнопку  в группе [Геология](#) на Ленте):

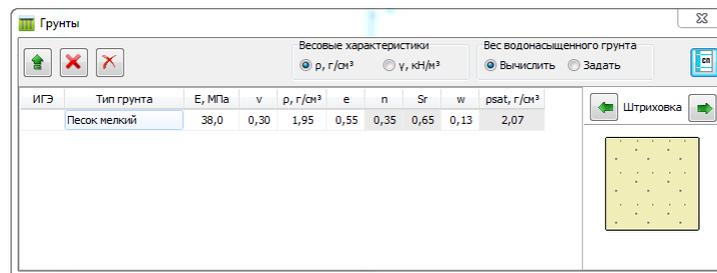


В случае когда свойства ИГЭ задаются по Приложениям СП 22.13330.2011, можно открыть Справочник грунтов (кнопка .



В Справочнике грунтов нужно ввести ИГЭ и название грунта.

Чтобы задать средние характеристики для грунта достаточно нажать на кнопку "Выч. все". Нажатие на "OK" закроет Справочник, причём вычисленные характеристики грунтов будут перенесены в GeoPlate Pro. В результате окно свойств грунтов примет следующий вид:

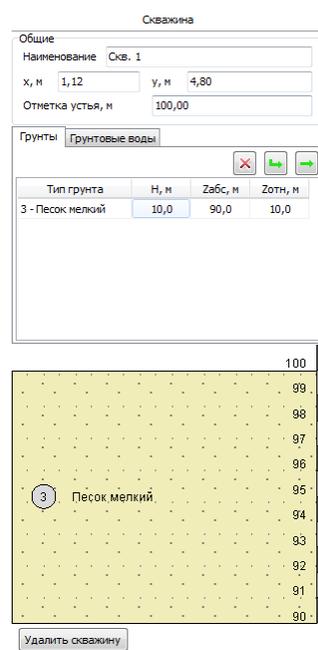


Создание скважины

Для определения положения и свойств скважин, необходимо перейти в режим "Создание скважин", нажав кнопку  в группе [Геология](#) на Ленте.

Создание скважины выполняется щелчком левой кнопки мыши в нужных точках Графического поля. При перемещении курсора мыши текущие координаты отображаются в [строке состояния](#).

После создания каждой скважины в Панели редактора свойств можно будет *отредактировать координаты* и напластование грунтов данной скважины. При необходимости, в режим редактирования скважины можно перейти, выделив нужный объект с помощью левой кнопки мыши в Графическом поле или в [дереве](#).



Создание плит

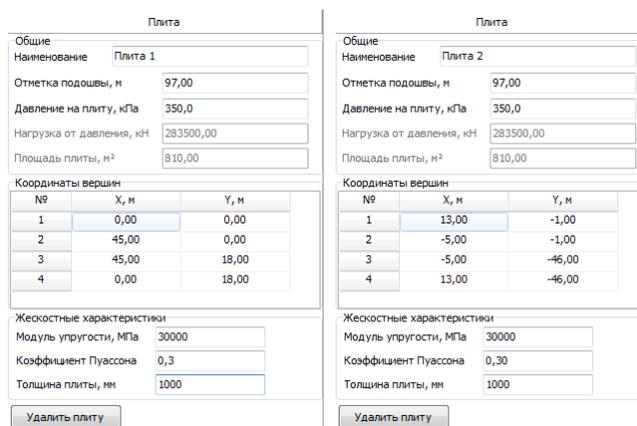
Для создания плит необходимо перейти в режим "Создание плит", нажав кнопку  в группе [Плита](#) на Ленте.

Координаты контурных точек можно либо ввести непосредственно в окне панели ввода, либо создавая их щелчком в левой кнопки мыши непосредственно в графическом поле.

Для завершения создания контура плиты выполните в графическом поле щелчок правой кнопкой мыши или нажмите кнопку "Замкнуть контур" панели ввода.

После создания объекта в Панели редактора свойств появится набор инструментов, предоставляющий возможность редактировать характеристики плиты. Для каждой плиты требуется задать нагрузку и отметку подошвы. При необходимости можно скорректировать координаты точек контура.

В данном случае нужно задать две плиты:

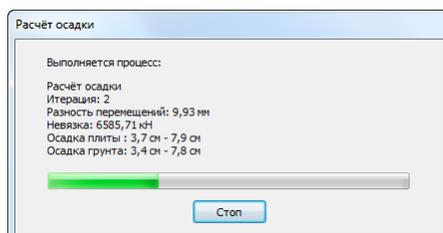


3. Результаты

После задание всех необходимых исходных данных можно провести расчёт.

Для этого необходимо перейти на вкладку Анализ на Ленте, выбрать тип плиты "Абсолютно жесткая" и нажать на кнопку ► группе [Расчёт](#).

Программа отобразит окно индикатора процесса расчета, в котором отображаются текущие показатели сходимости:



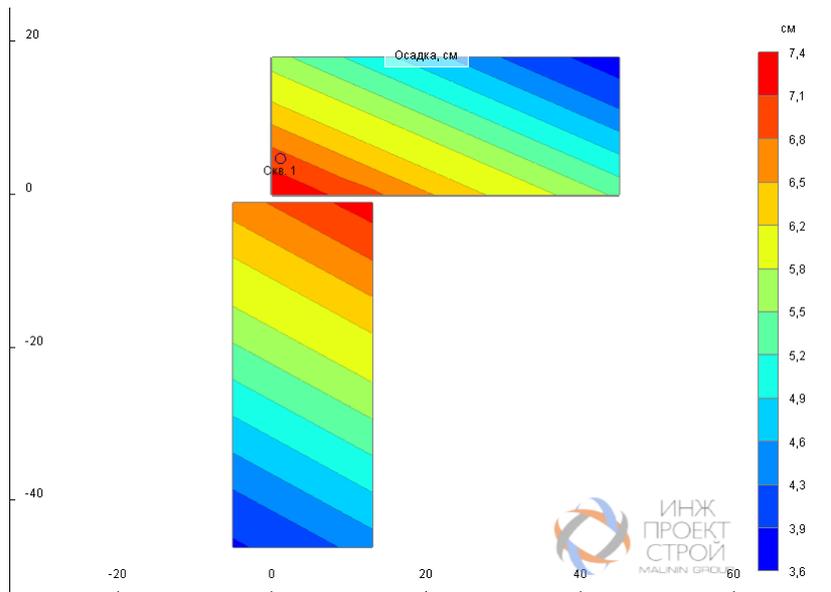
Примечание: можно досрочно завершить расчёт (из-за этого результаты могут оказаться некорректными).

После завершения вычислений в Панели редактора появится краткий отчёт:

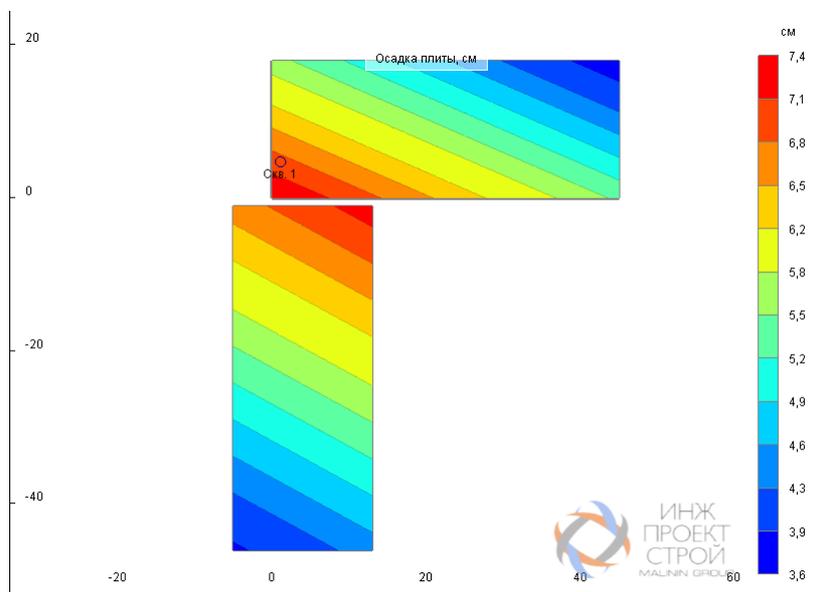
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА	
Плита 1	
Макс. осадка	7,43 см
Мин. осадка	3,63 см
Отн. разн. осадок	0,0011
Сумм. сила	283,50 кН
Площадь	810,00 м ²
Средн. давление	0,35 МПа
Сумм. момент Mx	0,00 кН·м
Сумм. момент My	0,00 кН·м
Глубины сжимаемой толщи:	
Минимальная	8,45 м
Максимальная	16,75 м
Плита 2	
Макс. осадка	7,27 см
Мин. осадка	3,83 см
Отн. разн. осадок	0,0007
Сумм. сила	283,50 кН
Площадь	810,00 м ²
Средн. давление	0,35 МПа
Сумм. момент Mx	0,00 кН·м
Сумм. момент My	0,00 кН·м
Глубины сжимаемой толщи:	
Минимальная	8,58 м
Максимальная	16,69 м

Программа предоставляет возможность отобразить поля основных расчётных величин. Для выбора типа отображаемой величины необходимо воспользоваться элементами группы [Результаты](#) на Ленте.

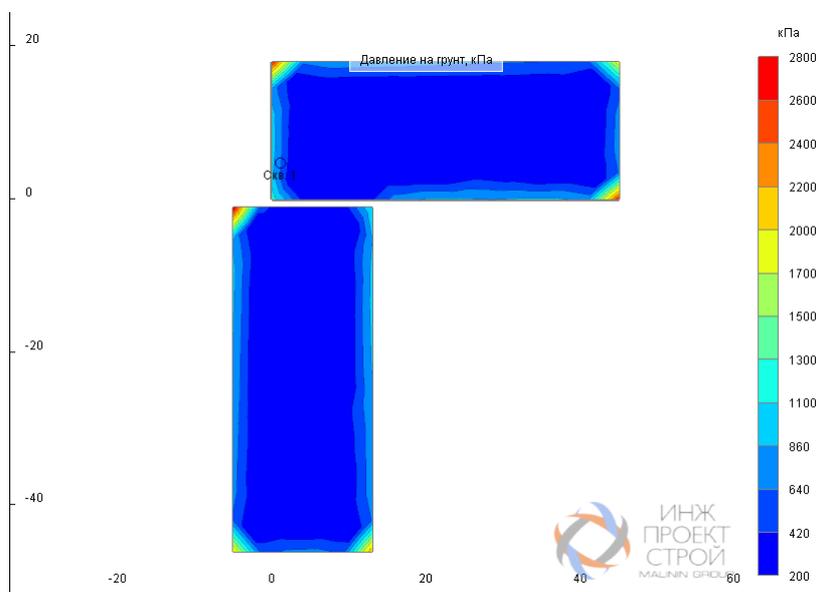
Поле осадок грунта:



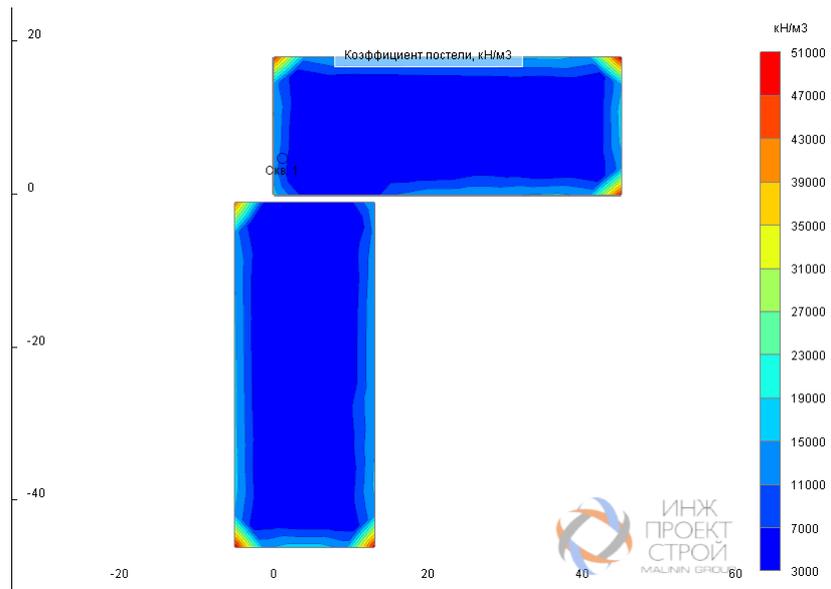
Поле осадок плиты:



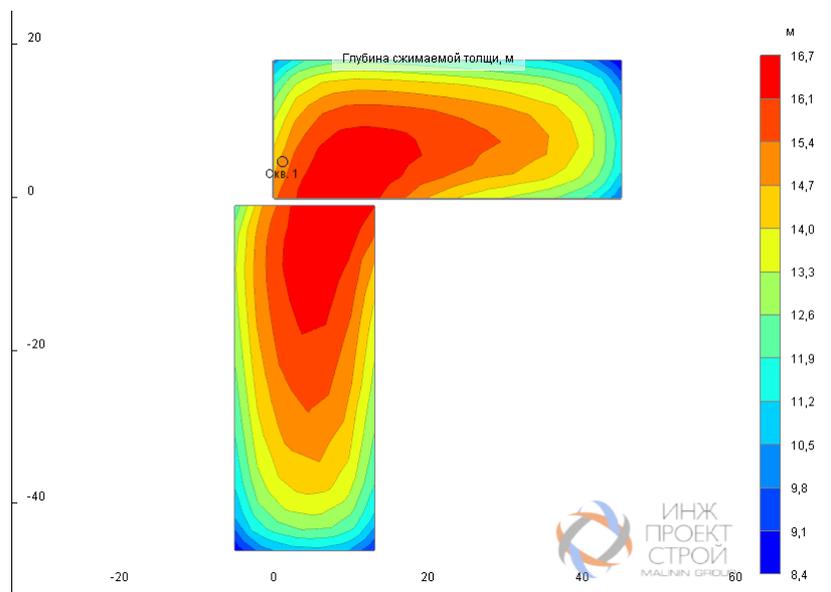
Поле давления на грунт:



Поле коэффициентов постели:



Поле глубин сжимаемой толщи:



Для отображения графиков распределения расчетных величин по глубине необходимо:

1. Перейти в режим Диаграммы, нажав кнопку  группы Результаты ленты.
2. Переместить указатель к нужному узлу. При этом ближайший к курсору узел будет отмечен серым маркером.
3. Выполнить щелчок левой кнопкой мыши.



Пример расчёта 3

Рассматривается плитный фундамент сложной формы, подошва которого расположена на отметке 73,20 м. На фундамент действует давление 300 кПа.

Фундаментная плита считается абсолютно жесткой.

Фундамент представляет собой четырехугольник, вершины которого имеют координаты:

№	X, м	Y, м
1	-88,28	-107,70
2	-84,80	-137,98
3	-51,14	-138,02
4	-60,00	-107,70

Геология представлена следующими грунтами:

№	Название	Уд. вес в ест. сост., кН/м ³	Модуль деформации, МПа	Коэфф. Пуассона
н	Насыпной	19,0	8	0,35
1	Суглинок мягкопластичный	19,0	20	0,35
2	Песок пылеватый	19,1	18	0,30
3	Супесь пластичная	19,8	11	0,30
4	Песок гравелистый	21,6	45	0,30
6	Супесь пластичная	19,6	16	0,30

Геология задана по четырём скважинам, которые располагаются в следующих точках:

№	X, м	Y, м
Скв. 1	-84,58	-133,33
Скв. 2	-52,07	-133,56
Скв. 3	-88,56	-109,55
Скв. 4	-59,12	-108,64

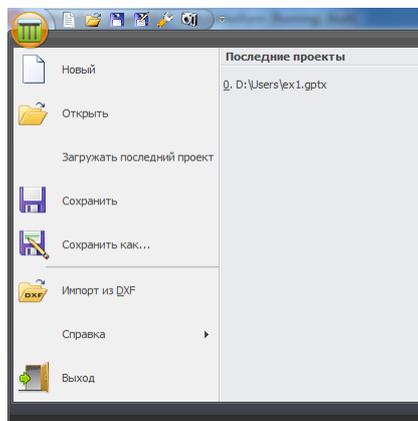
Данные о мощностях слоёв в скважинах (в м):

№	Название	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4
н	Насыпной	0,7	0,7	0,9	0,8
1	Суглинок мягкопластичный	4,4	3,1	3,1	2,7
2	Песок пылеватый	1,7	2,4	2,8	2,3
3	Супесь пластичная	10,5	9,6	10,0	9,7
6	Супесь пластичная	2,2	2,3	2,5	3,8
4	Песок гравелистый	4,0	4,0	4,0	4,0

Грунт под всей областью фундамента укреплен с помощью грунтоцементных колонн. Колонны начинаются сразу под подошвой фундамента, длина колонн - 10 м, схема установки - квадрат с шагом 2 м. Диаметр колонн - 500 мм, а модуль деформации - 500 МПа (свойства одинаковы для всех слоёв грунта).

1. Новый проект

Для создания нового проекта нужно нажать кнопку  или выбрать аналогичную команду из [Основного меню](#):



Также можно использовать сочетание клавиш Ctrl + N.

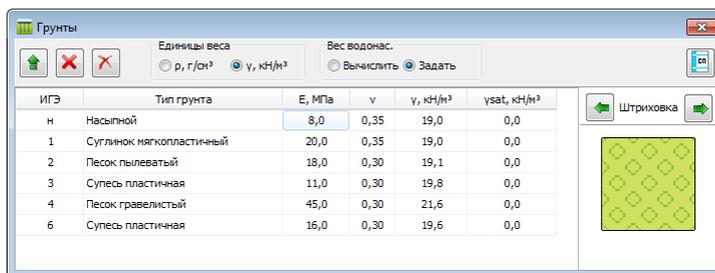
2. Исходные данные

Определение состава и характеристик грунтов

Свойства грунтов задаются в окне Грунты. Для активизации режима нужно нажать кнопку



в группе [Геология](#) на Ленте. В появившемся окне введите требуемые характеристики:



Определение состава и характеристик скважин

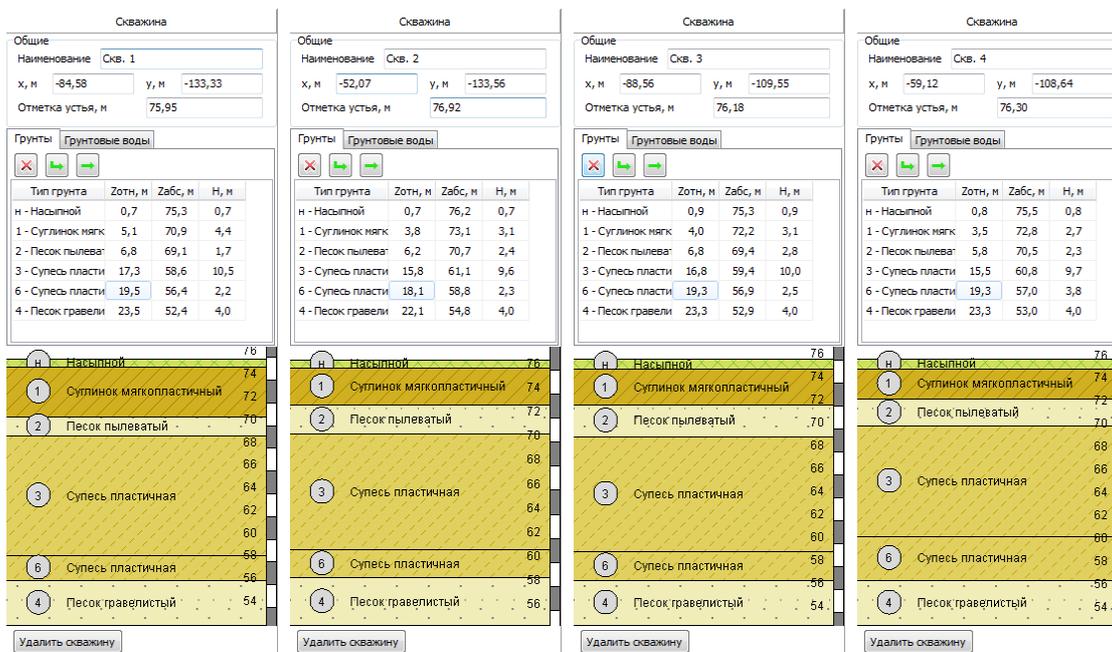
Для определения положения и свойств скважин, необходимо перейти в режим "Создание скважин", нажав кнопку в группе [Геология](#) на Ленте.

Создание скважины выполняется щелчком левой кнопки мыши в нужных точках Графического поля. При перемещении курсора мыши текущие координаты отображаются в [строке состояния](#).

После создания каждой скважины в Панели редактора свойств можно будет *отредактировать координаты* и напластование грунтов данной скважины. При необходимости, в режим редактирования скважины можно перейти, выделив нужный объект с помощью левой кнопки мыши в Графическом поле или в [дереве](#).

Примечание: Порядок грунтов одинаков для всех скважин! Если какой-либо грунт отсутствует в одной из скважин (например, задание линз), то нужно задать его мощность равной нулю.

В данном случае нужно создать четыре скважины:



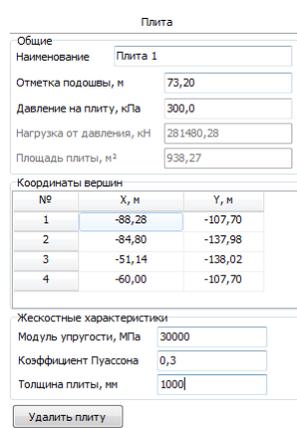
Создание плиты

Для создания плиты необходимо перейти в режим "Создание плит", нажав кнопку  в группе [Плита](#) на Ленте.

Координаты контурных точек можно либо ввести непосредственно в окне панели ввода, либо создавая их щелчком в левой кнопки мыши непосредственно в графическом поле.

Для завершения создания контура плиты выполните в графическом поле щелчок правой кнопкой мыши.

После создания объекта в Панели редактора свойств появится набор инструментов, предоставляющий возможность редактировать характеристики плиты. Требуется задать нагрузку на плиту 200 кПа и отметку подошвы. При необходимости можно скорректировать координаты точек контура.



Плита		
Общие		
Наименование	Плита 1	
Отметка подошвы, м	73,20	
Давление на плиту, кПа	300,0	
Нагрузка от давления, кН	281480,28	
Площадь плиты, м ²	938,27	
Координаты вершин		
№	X, м	Y, м
1	-88,28	-107,70
2	-84,80	-137,98
3	-51,14	-138,02
4	-60,00	-107,70
Жесткостные характеристики		
Модуль упругости, МПа	30000	
Коэффициент Пуассона	0,3	
Толщина плиты, мм	1000	
<input type="button" value="Удалить плиту"/>		

Создание поля Jet укрепления

Для создания плиты необходимо перейти в режим "Регулярное поле Jet", нажав кнопку  в группе [Укрепление](#) на Ленте.

Будем создавать контур поля таким образом, чтобы он полностью перекрывал плиту.

Координаты контурных точек можно либо ввести непосредственно в окна панели ввода, либо создавая их щелчком в левой кнопки мыши непосредственно в графическом поле.

Для завершения создания контура поля выполните в графическом поле щелчок правой кнопкой мыши.

Примечание: Перейти в режим редактирования поля Jet можно нажатием левой кнопки мыши на поле Jet в Графическом поле.

Грунтоцементные сваи (регулярное поле)

Параметры

Отметка верха, м

Длина, м

Шаг, м

Схема установки

Количество колонн

Координаты вершин

№	X, м	Y, м
1	-86,08	-138,48
2	-50,31	-138,82
3	-52,78	-107,04
4	-89,69	-106,30

Характеристики в слоях

Грунт	E, МПа	D, мм	Ez, МПа	K
Насыпной	500	500	32	15,6
Суглинок мягкопл.	500	500	44	11,5
Песок пылеватый	500	500	42	12,0
Супесь пластичная	500	500	35	14,3
Песок гравелистый	500	500	67	7,4
Супесь пластичная	500	500	40	12,6

Примечание: Перейти к редактированию плиты можно либо выбрав объект в дереве, либо указав объект в Графическом поле, предварительно перейдя в режим "Создание плит".

3. Результаты

После задание всех необходимых исходных данных можно провести расчёт.

Для этого необходимо перейти на вкладку Анализ на Ленте.

Перед расчетом выберем тип плиты "Абсолютно жесткая" и установим модель учета Jet - "Условный фундамент" (в настройках расчета).

Запустим расчет, нажав на кнопку  группы [Расчёт](#).

Программа отобразит окно индикатора процесса расчета, в котором отображаются текущие показатели сходимости:

Расчёт осадки

Выполняется процесс:

Расчёт осадки

Итерация: 4

Равность перемещений: 0,50 мм

Невязка: 440,15 кН

Осадка плиты : 13,2 см - 15,1 см

Осадка грунта: 13,2 см - 15,1 см

Примечание: можно досрочно завершить расчёт (из-за этого результаты могут оказаться некорректными).

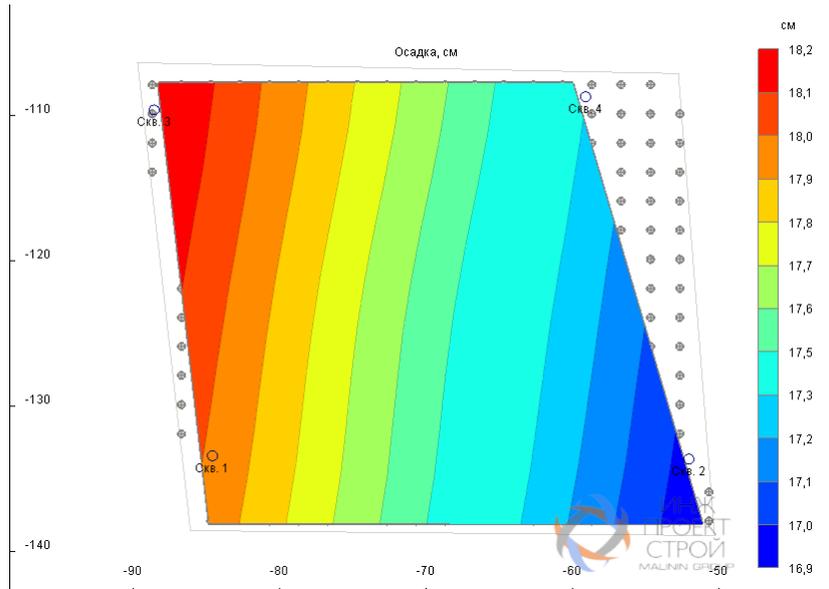
После завершения вычислений в Панели редактора появится краткий отчёт:

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

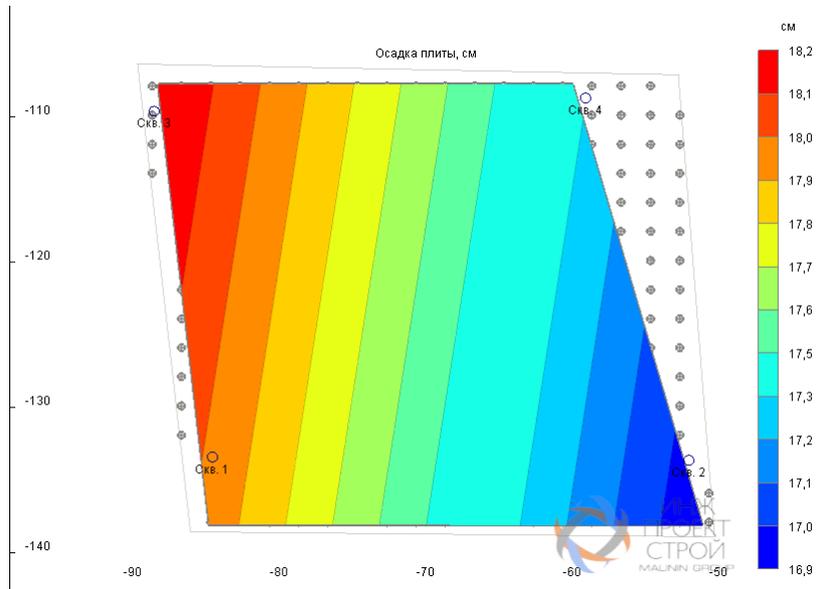
Плита 1	
Макс. осадка	18,22 см
Мин. осадка	16,91 см
Отн. разн. осадок	0,0003
Сумм. сила	281,48 кН
Площадь	938,27 м²
Средн. давление	0,30 МПа
Сумм. момент Mx	0,00 кН-м
Сумм. момент My	0,00 кН-м
Глубины сжимаемой толщи:	
Минимальная	6,77 м
Максимальная	11,24 м

Программа предоставляет возможность отобразить поля основных расчётных величин. Для выбора типа отображаемой величины необходимо воспользоваться элементами группы [Результаты](#) на Ленте.

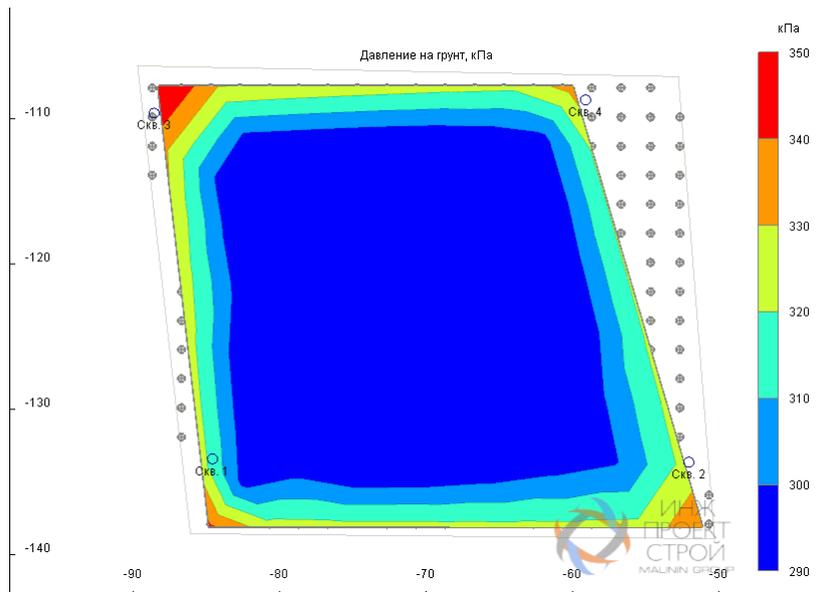
Поле осадок грунта:



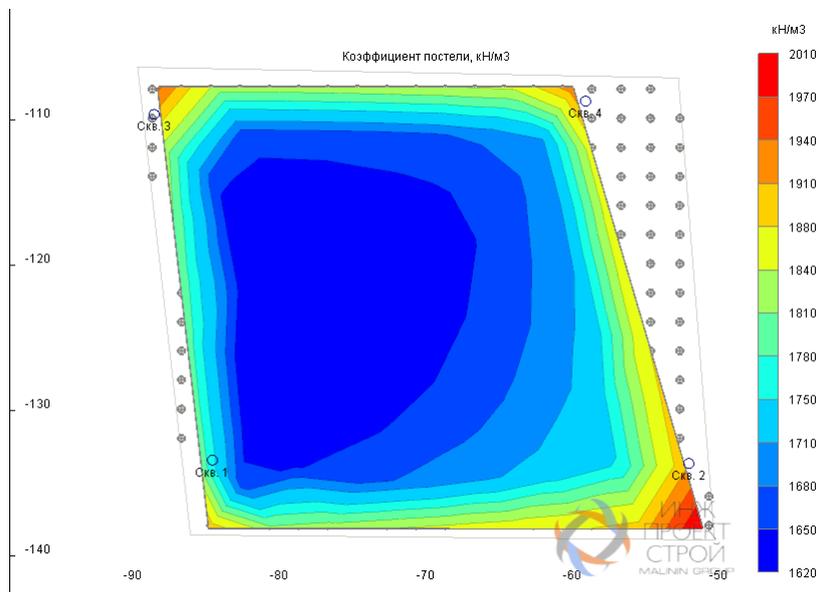
Поле осадок плиты:



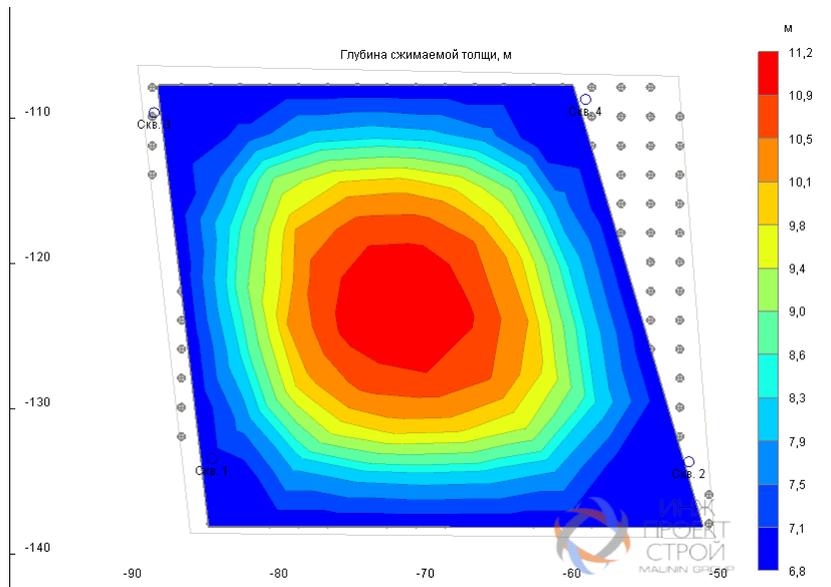
Поле давления под плитой:



Поле коэффициентов постели:



Поле глубин сжимаемой толщи:



Для отображения графиков распределения расчетных величин по глубине необходимо:

1. Перейти в режим Диаграммы, нажав кнопку  группы Результаты ленты.
2. Переместить указатель к нужному узлу. При этом ближайший к курсору узел будет отмечен серым маркером.
3. Выполнить щелчок левой кнопкой мыши.



Пример расчета 4

Рассматривается плитный фундамент. На фундамент действует давление 200 кПа.

Фундаментная плита представляет собой четырехугольник, угловые точки которого имеют координаты:

№	X, м	Y, м
1	0,25	15,61
2	0,25	-0,87
3	35,36	-1,63
4	35,29	15,68

Характеристики фундаментной плиты:

Модуль упругости материала, МПа	Коэффициент Пуассона материала	Толщина, мм
30000	0,3	2000

Геология представлена следующими грунтами:

№	Название	Уд. вес в ест. сост., кН/м ³	Уд. вес в водонас. сост., кН/м ³	Модуль деформации, МПа	Коэфф. Пуассона
1	Супесь твердая	18,6	20,2	11,3	0,30
2	Глина мягкопластичная	19,1	19,8	8	0,42
3	Глина тугопластичная	19,5	19,8	10,5	0,42
4	Суглинок твердый	19,1	19,7	18,4	0,35
5	Песок мелкий	18,2	20,3	20,2	0,30

Примечание: свойства взяты из Справочника грунтов (Приложения к СП 22.13330.2011).

Геология задана по трём скважинам, которые располагаются в следующих точках:

№	X, м	Y, м
Скв. 1	17,00	-5,00
Скв. 2	0,50	15,50
Скв. 3	36,00	15,00

Данные о мощностях слоёв в скважинах (в м):

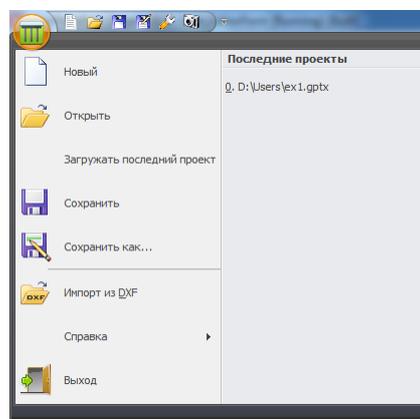
№	Название	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
1	Супесь твердая	1,4	1,6	1,3
2	Глина тугопластичная	4,1	3,5	4,3
3	Супесь пластичная	3	4,5	3,4
4	Суглинок твердый	1,5	1	2
5	Песок мелкий	5	6,3	2

Данные о грунтовых водах во всех скважинах:

УГВ, м	УВУ, м	Напор, м
157,00	100,00	7,00

1. Новый проект

Для создания нового проекта нужно нажать кнопку  или выбрать аналогичную команду из [ОСНОВНОГО МЕНЮ](#):



Также можно использовать сочетание клавиш **Ctrl + N**.

2. Исходные данные

Определение состава и характеристик грунтов

Свойства грунтов задаются в окне Грунты. Для активизации режима нужно нажать кнопку



в группе [Геология](#) на Ленте. В появившемся окне введите требуемые характеристики:

ИГЭ	Тип грунта	E, МПа	ν	γ , кН/м ³	γ_{sat} , кН/м ³
1	Супесь твердая	11,3	0,30	18,6	20,2
2	Глина мягкопластичная	8,0	0,42	19,1	19,8
3	Глина тугопластичная	10,5	0,42	19,5	19,8
4	Суглинок твердый	18,4	0,35	19,1	19,7
5	Песок мелкий	20,2	0,30	18,2	20,3

Определение состава и характеристик скважин

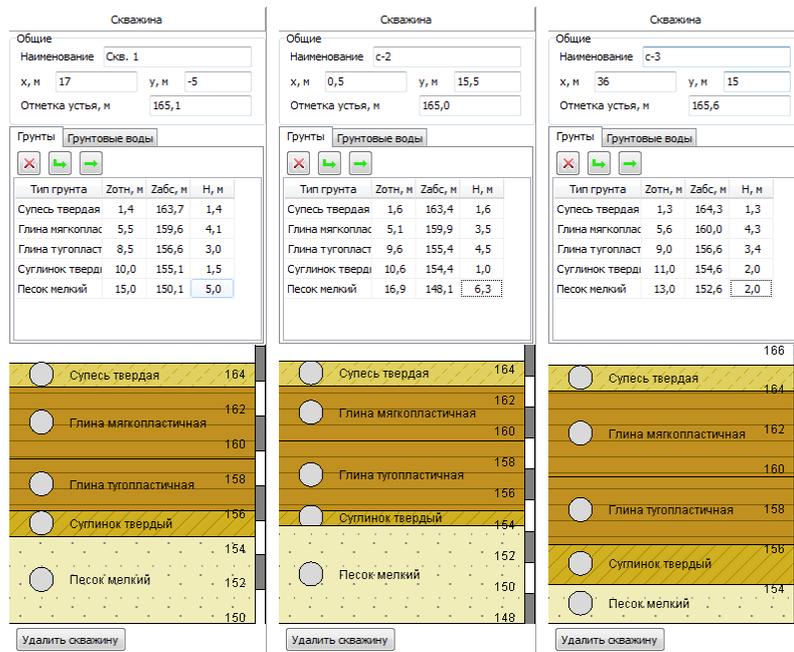
Для определения положения и свойств скважин, необходимо перейти в режим "Создание скважин", нажав кнопку  в группе [Геология](#) на Ленте.

Создание скважины выполняется щелчком левой кнопки мыши в нужных точках Графического поля. При перемещении курсора мыши текущие координаты отображаются в [строке состояния](#).

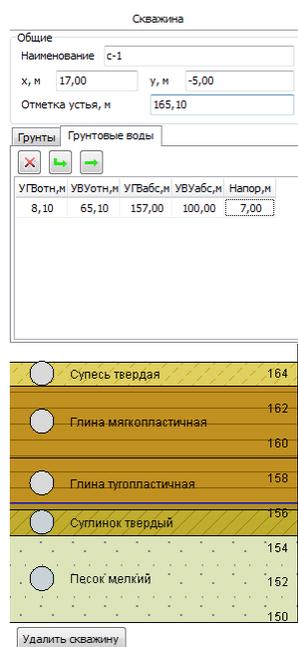
После создания каждой скважины в Панели редактора свойств можно будет *отредактировать координаты* и напластование грунтов данной скважины. При необходимости, в режим редактирования скважины можно перейти, выделив нужный объект с помощью левой кнопки мыши в Графическом поле или в [дереве](#).

Примечание: Порядок грунтов одинаков для всех скважин! Если какой-либо грунт отсутствует в одной из скважин (например, задание линз), то нужно задать его мощность равной нулю.

В данном случае нужно создать четыре скважины:



Для всех скважин требуется определить данные о грунтовых водах:



Создание плиты

Для создания плиты необходимо перейти в режим "Создание плит", нажав кнопку  в группе [Плита](#) на Ленте.

После создания объекта в Панели редактора свойств появится набор инструментов, предоставляющий возможность редактировать характеристики плиты.

Плита

Общие

Наименование Плита 1

Отметка подошвы, м 161,85

Давление на плиту, кПа 200,0

Нагрузка от давления, кН 118589,07

Площадь плиты, м² 592,95

Координаты вершин

№	X, м	Y, м
1	0,25	15,61
2	0,25	-0,87
3	35,36	-1,63
4	35,29	15,68

Жесткостные характеристики

Модуль упругости, МПа 30000

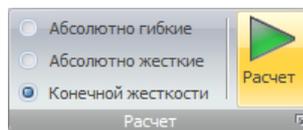
Коэффициент Пуассона 0,30

Толщина плиты, мм 2000

Удалить плиту

3. Результаты

Для учета деформируемости плиты необходимо перейти на вкладку Анализ на Ленте и выбрать нужный тип плит на панели группы [Расчёт](#):



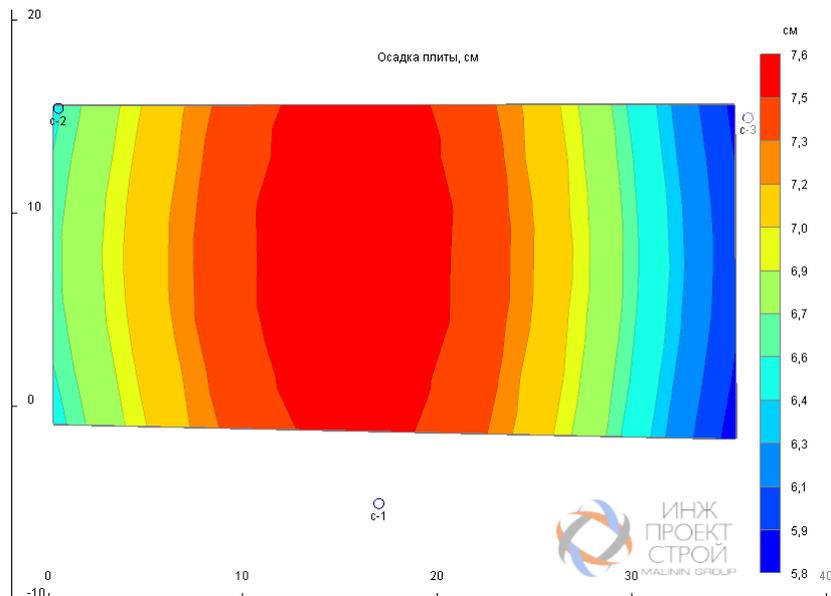
После задание всех необходимых исходных данных можно провести расчёт.

После завершения вычислений в Панели редактора появится краткий отчёт:

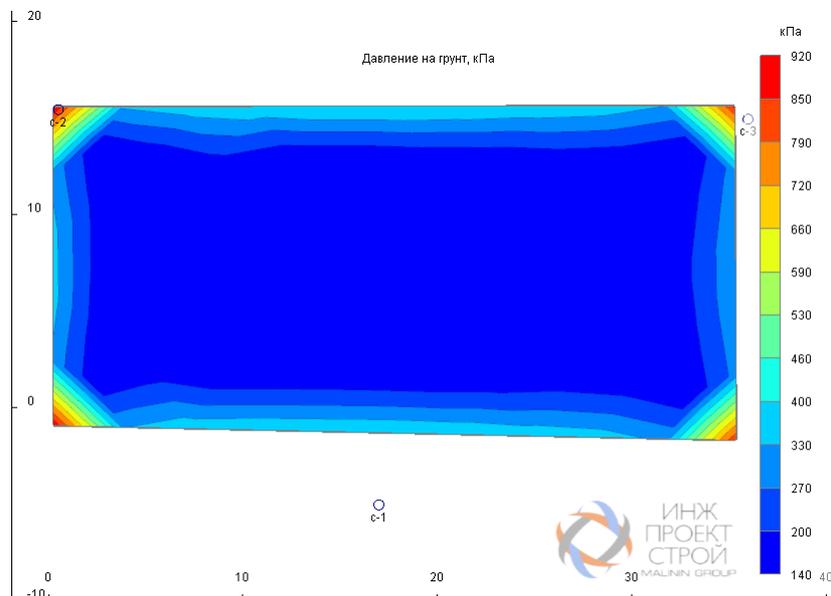
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА	
Плита 1	
Макс. осадка	7,64 см
Мин. осадка	5,79 см
Отн. разн. осадок	0,0014
Сумм. сила	118,59 кН
Площадь	592,95 м ²
Средн. давление	0,20 МПа
Сумм. момент Mx	0,00 кН·м
Сумм. момент My	0,00 кН·м
Глубины сжимаемой толщи:	
Минимальная	7,62 м
Максимальная	14,99 м

Программа предоставляет возможность отобразить поля основных расчётных величин. Для выбора типа отображаемой величины необходимо воспользоваться элементами группы [Результаты](#) на Ленте.

Поле осадок плиты:



Поле давления под плитой:



Поле глубин сжимаемой толщи:

