

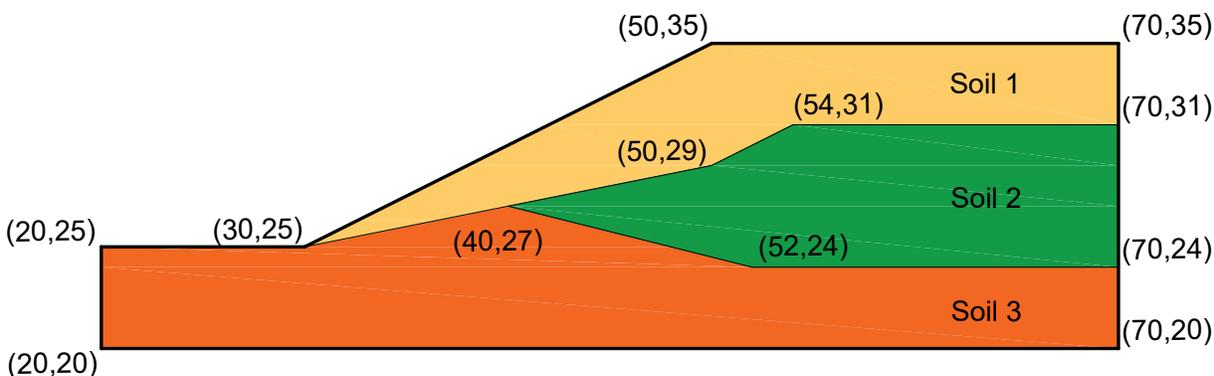
Склон с неоднородным напластованием

Автор: [Roозbeh Geraili Mikola, PhD, PE](#)

Перевод: [Stanislav Vagin](#)

Email: hyrcan4geo@outlook.com

Сайт: www.geowizard.org



Этот пример продемонстрирует одну из основных возможностей HYRCAN расчет коэффициента устойчивости склона с неоднородным трехслойным напластованием, изображенного на рисунке выше.

Настройки проекта

Различные важные параметры моделирования и анализа собраны в диалоговом окне **Настройки проекта** [Project Settings]. Такие как **Направление разрушения** [Failure Direction], **Единицы измерения** [Units of Measurement], **Методы расчета** [Analysis Methods] и **Свойства грунтовых вод** [Groundwater property]. В данном расчете выбраны настройки по умолчанию.

Выберите: *Модель*
[Analysis] →



Настройки проекта [Project Settings]

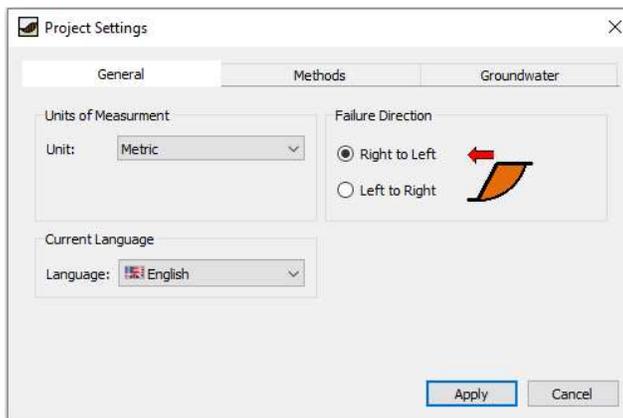


Рисунок 1- Окно Настройки проекта [Project Settings].

Создание геометрии

- **Внешние границы [External Boundaries]**

Сначала необходимо создать внешние границы модели. Чтобы добавить внешние границы, выберите **Добавить внешние границы [Add External Boundary]** на панели инструментов или в меню **Геометрия [Geometry]**.

Выберите: *Геометрия* [Geometry] →  *External Boundary [Внешние границы]*

Введите следующие координаты в командной строке в правой нижней части главного окна.

Введите вершину [esc=отмена]: 20 25
Введите вершину [esc=отмена]: 30 25
Введите вершину [esc=отмена]: 50 35
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: 70 35
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: 70 20
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: 20 20
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: c

Обратите внимание, ввод “с” после указания последней вершины, автоматически соединяет первую и последнюю вершины (замыкает границу) и завершает команду **Добавить внешнюю границу [Add External Boundary]**. Теперь окно программы выглядит как на рисунке ниже:

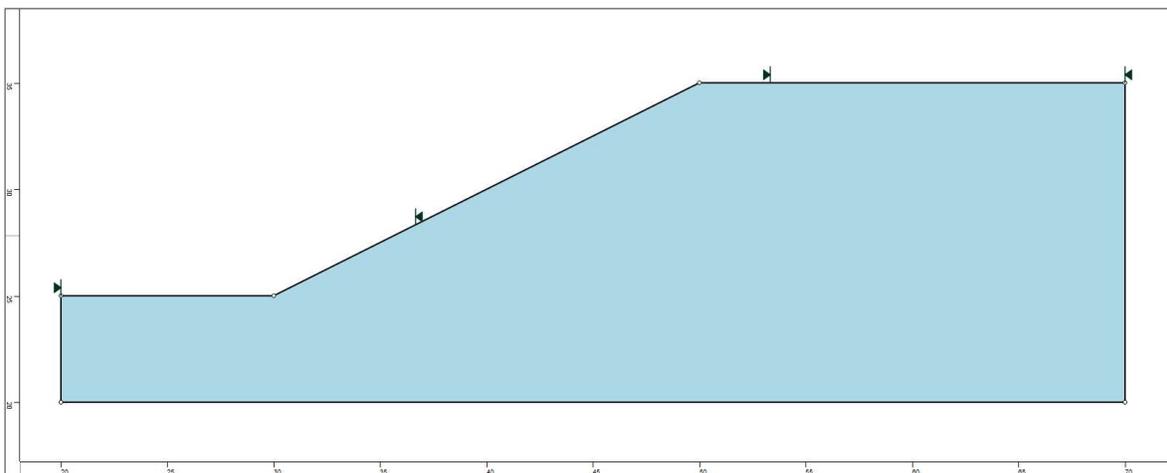


Рисунок 2- Созданы внешние границы.

- **Границы материалов [Material Boundaries]**

Границы материалов используются в **HYRCAN** для определения границ областей разных материалов в пределах внешних границ [External Boundary]. Давайте добавим две границы материалов.

Выберите: *Геометрия* [Geometry] →  *Границы материалов [Material Boundary]*

Введите следующие координаты в командной строке в правой нижней части главного окна.

Введите вершину [esc=отмена]: 30 25
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 50 29
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 54 31
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 70 31
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: d

Повторите действия, введя следующие координаты в командной строке.

Введите вершину [esc=отмена]: 40 27
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 52 24
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 70 24
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: d

Теперь окно программы выглядит так:

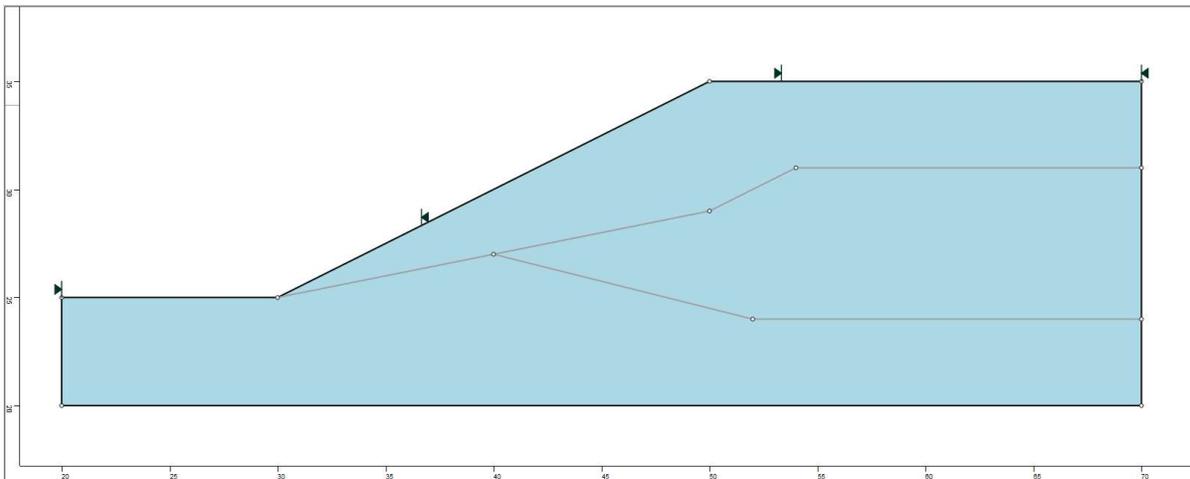


Рисунок 3- Созданы внешние границы и границы материалов.

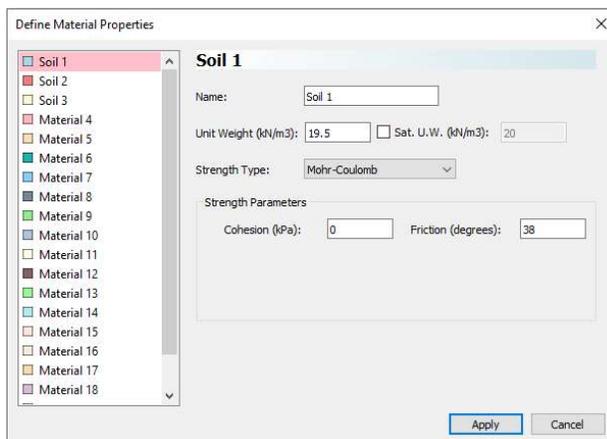
Свойства

Теперь надо задать свойства материалов. Выберите **Свойства материалов** [Define Materials] на панели инструментов или в меню **Материалы** [Properties].

Выберите: *Материалы* [Properties] →  *Свойства материалов* [Define Materials]

Материал	c (kN/m ²)	φ (град)	γ (kN/m ³)
Soil 1	0.0	38.0	19.5
Soil 2	5.3	23.0	19.5
Soil 3	7.2	20.0	19.5

В окне **Свойства материалов** [Define Materials Properties] введите следующие параметры для первого материала:

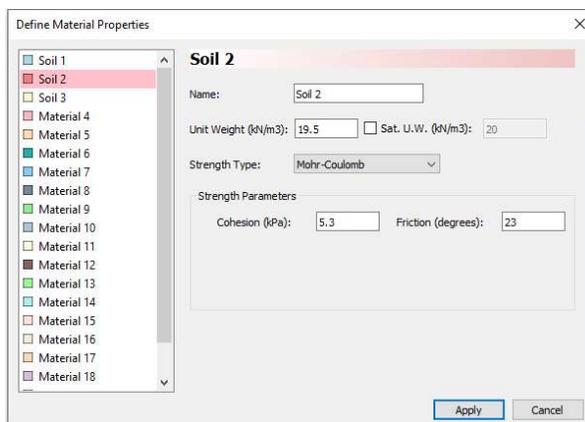


The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box for 'Soil 1'. The left sidebar lists materials from Soil 1 to Material 18. The main area is titled 'Soil 1' and contains the following fields:

- Name: Soil 1
- Unit Weight (kN/m³): 19.5 Sat. U.W. (kN/m³): 20
- Strength Type: Mohr-Coulomb
- Strength Parameters:
 - Cohesion (kPa): 0
 - Friction (degrees): 38

Buttons for 'Apply' and 'Cancel' are at the bottom right.

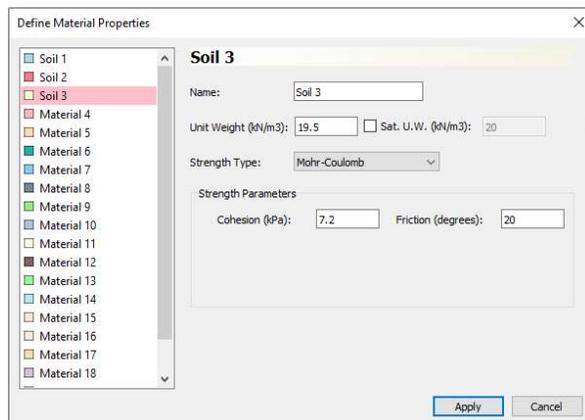
Введите параметры как показано выше. Когда будут введены все параметры для первого материала, выберите второй и затем третий материал, вводя параметры для каждого из них.



The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box for 'Soil 2'. The left sidebar lists materials from Soil 1 to Material 18. The main area is titled 'Soil 2' and contains the following fields:

- Name: Soil 2
- Unit Weight (kN/m³): 19.5 Sat. U.W. (kN/m³): 20
- Strength Type: Mohr-Coulomb
- Strength Parameters:
 - Cohesion (kPa): 5.3
 - Friction (degrees): 23

Buttons for 'Apply' and 'Cancel' are at the bottom right.



The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box for 'Soil 3'. The left sidebar lists materials from Soil 1 to Material 18. The main area is titled 'Soil 3' and contains the following fields:

- Name: Soil 3
- Unit Weight (kN/m³): 19.5 Sat. U.W. (kN/m³): 20
- Strength Type: Mohr-Coulomb
- Strength Parameters:
 - Cohesion (kPa): 7.2
 - Friction (degrees): 20

Buttons for 'Apply' and 'Cancel' are at the bottom right.

После ввода параметров всех материалов нажмите ОК.

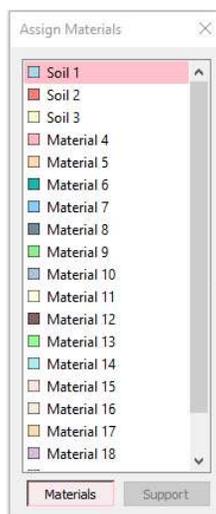
Назначение материалов

Поскольку мы определили более одного материала, необходимо назначить свойства материала на каждую область модели используя окно **Назначить материал** [Assign Material]. Выберите **Назначить материал** [Assign Properties] на панели инструментов или в меню **Материалы** [Properties].

Выберите: *Материалы*
[Properties] →



Появится окно **Назначить материал** [Assign Materials] как показано ниже.



Чтобы назначить материал нужно всего лишь два клика мышки:

1. Используйте мышку, чтобы выбрать материал в окне **Назначить материал** [Assign Properties] (обратите внимание, что имена материалов такие же как Вы задали их в окне **Определить материал** [Define Material Properties])
2. Теперь переместите курсор в любую область грунта и нажмите левую кнопку мыши. Повторите действия для каждого материала

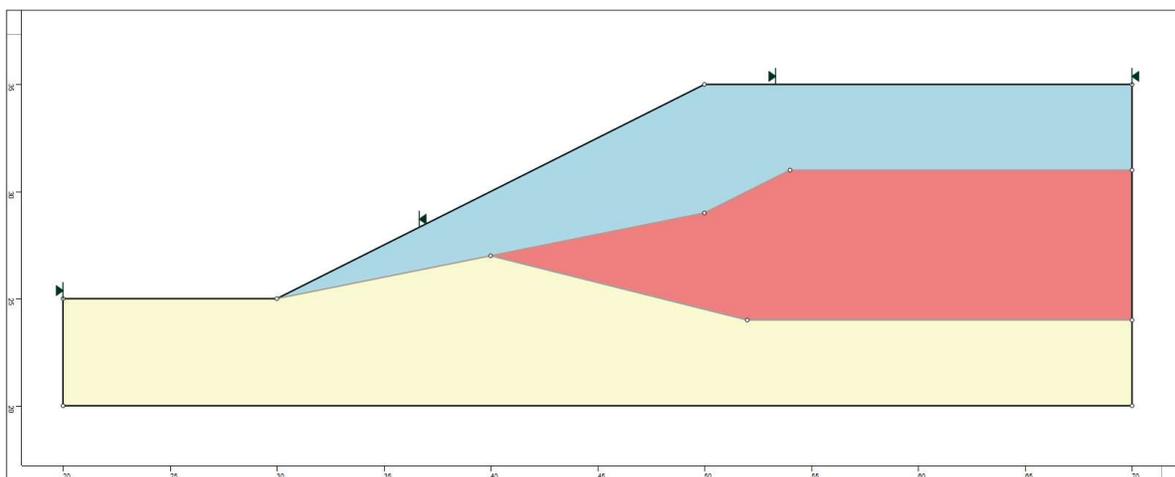


Рисунок 4- Окно программы после назначения материалов.

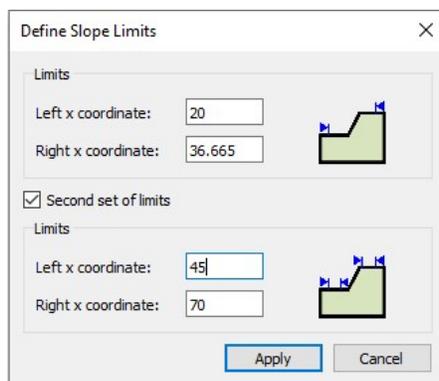
Изменение границ склона

Границы склона автоматически высчитываются **HYRCAN** после того, как будут созданы внешние границы. При необходимости можно изменить границы склона с помощью окна **Определение границ [Define Limits]**

Выберите: *Поверхности*
[Surfaces]



Задать границы склона [Define Slope Limits]



Define Slope Limits

Limits

Left x coordinate: 20

Right x coordinate: 36.665

Second set of limits

Limits

Left x coordinate: 45

Right x coordinate: 70

Apply Cancel

В этом примере значение “**Левая координата x**” [Left x coordinate] **второй границы** [Second Limit] надо изменить на 45 как показано на рисунке выше. Впоследствии, уменьшением границ склона можно будет более точно определить поверхность скольжения. Теперь мы закончили создавать модель и можем запустить расчет и проанализировать результаты

Расчет

Модель готова к расчету.

Выберите: *Модель*
[Analysis]



Расчет [Compute]

Решатель перейдет к расчету. После завершения расчета можно посмотреть результаты на вкладке **Результаты [Result Tab]**.

Анализ результатов расчета

Когда расчет завершится, можно посмотреть результаты на вкладке **Результаты [Result]**. При открытии вкладки **Результаты [Result]**, по умолчанию отображается граница скольжения, вычисленная по упрощенному методу Бишопа. В итоге получилось 5000 пробных поверхностей. Результат вычисления коэффициента устойчивости показан на рисунке 5. В Таблице 1 представлены результаты сравнения вычисления коэффициента устойчивости этой модели, используя другие коммерческие программы.

Таблица 1- Результаты расчета коэффициента устойчивости данной модели

Метод	Slide2	SVSLOPE	HYRCAN
Упрощенный метод Бишопа	1.405	1.405	1.407

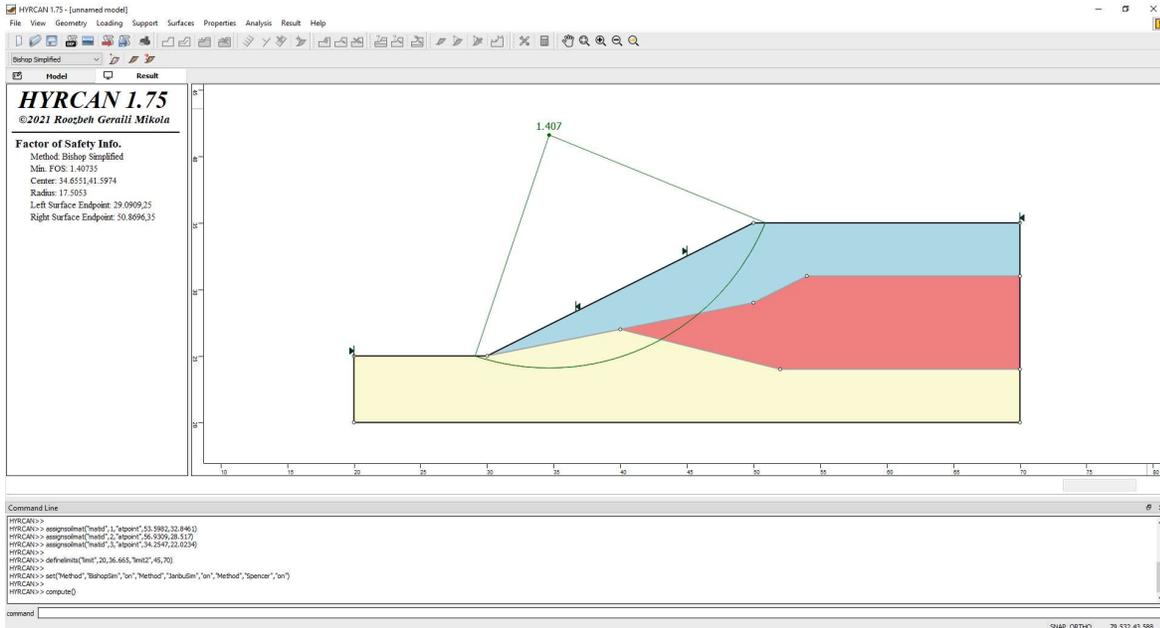


Рисунок 5- Результат автоматического поиска поверхностей скольжения.

Чтобы увидеть все поверхности скольжения, вычисленные программой, выберите опцию **Все поверхности [All Surfaces]** на панели инструментов или в меню **Результаты [Results]**.

Выберите: *Результаты*
[Result] →


Все поверхности [All Surfaces]

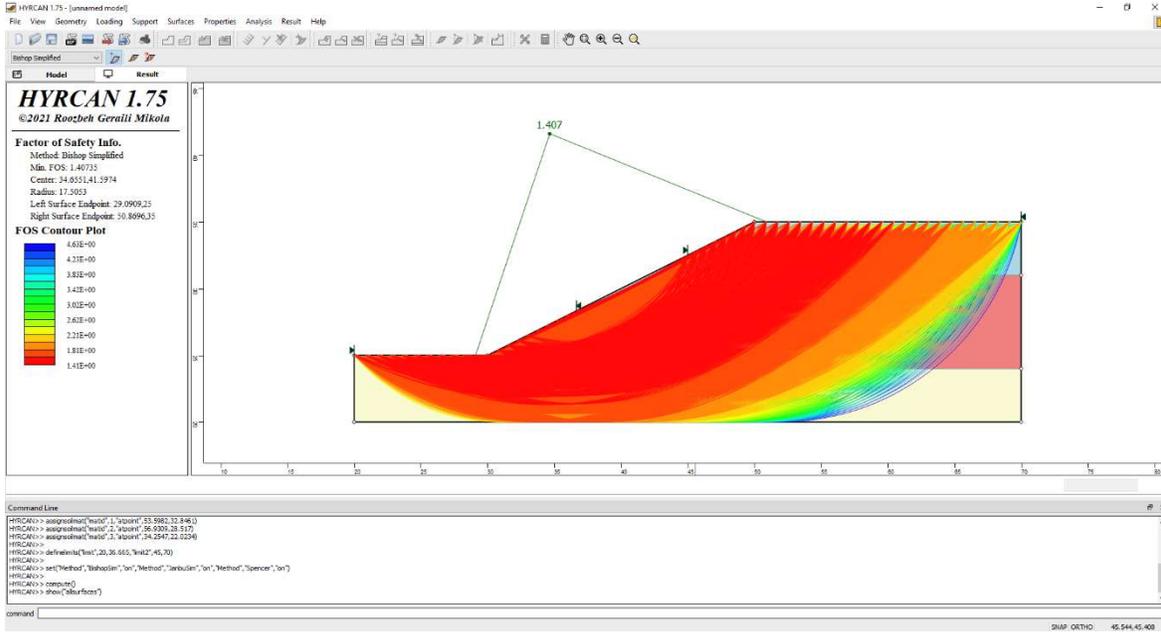


Рисунок 6- Найденные круглоцилиндрические поверхности скольжения – показаны все поверхности.

Опция **Показать участки** [Show Slices] позволяет показать участки, использованные в расчете.

Выберите: **Результаты** [Result] →  **Показать участки** [Show Slices]

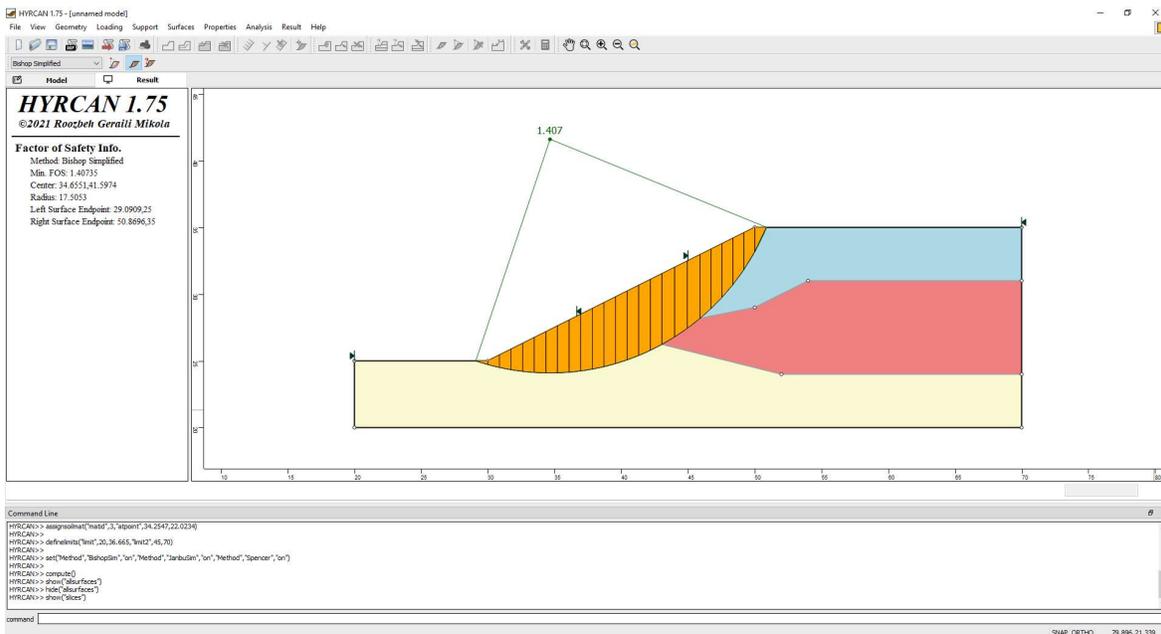


Рисунок 7- Отображение участков.

Опция **Информация об участке** [Query Slice Data] позволяет просматривать детальную информацию по каждому участку.

Выберите: *Результаты* [Result] →  *Информация об участке* [Query Slice Data]

После выбора опции **Информация об участке** [Query Slice Data], появится окно **Информация об участке** [Slice Data dialog], которое позволяет просматривать результаты для любого выбранного участка, как показано ниже:

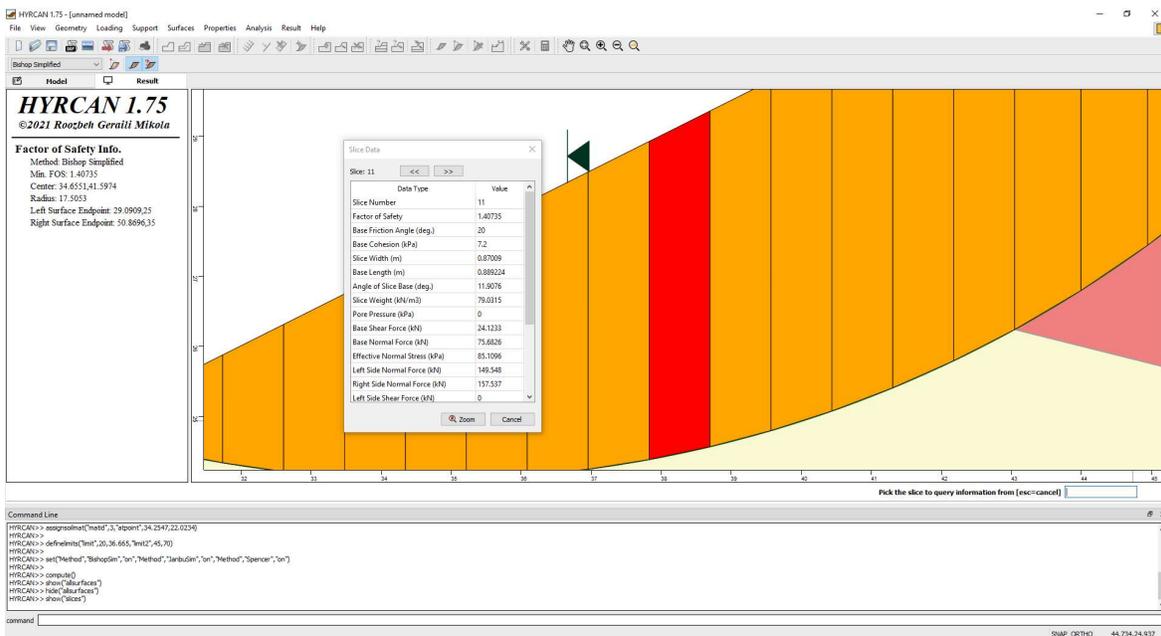


Рисунок 8- Окно с информацией об участке.

Скрипт

После завершения создания модели будет доступен для сохранения в текстовый файл, сгенерированный **HYRCAN** скрипт.

Выберите:



Ниже приведены команды для данного примера.

```
newmodel ()

set ("failureDir", "r21")

extboundary (20, 25, 30, 25, 50, 35, 70, 35, 70, 20, 20, 20, 20, 25)

matboundary (30, 25, 50, 29, 54, 31, 70, 31)
matboundary (40, 27, 52, 24, 70, 24)

definemat ("ground", "matID", 1, "matName", "Soil 1", "uw", 19.5, "cohesion", 0, "friction", 38)
definemat ("ground", "matID", 2, "matName", "Soil 2", "uw", 19.5, "cohesion", 5.3, "friction", 23)
definemat ("ground", "matID", 3, "matName", "Soil 3", "uw", 19.5, "cohesion", 7.2, "friction", 20)

assignsoilmat ("matid", 1, "atpoint", 53.5982, 32.8461)
assignsoilmat ("matid", 2, "atpoint", 56.9309, 28.517)
assignsoilmat ("matid", 3, "atpoint", 34.2547, 22.0234)

definelimits ("limit", 20, 36.665, "limit2", 45, 70)

compute ()
```