

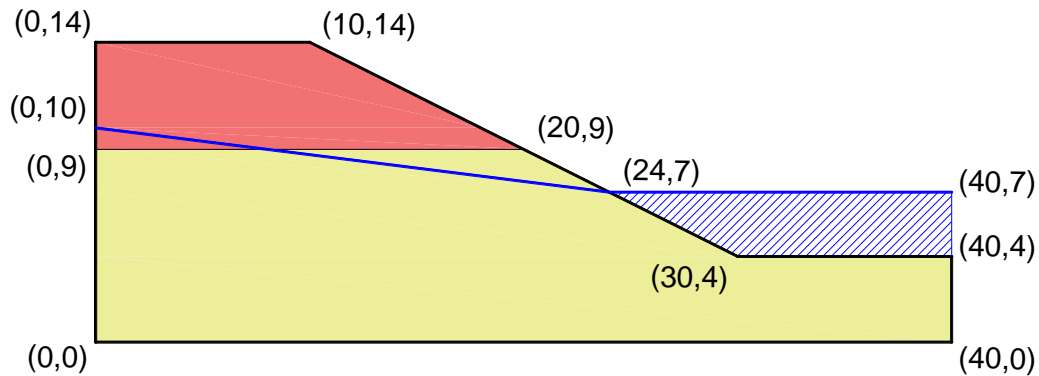
Устойчивость склона при подтоплении

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

Перевод: [Stanislav Vagin](#)

Email: hyrcan4geo@outlook.com

Сайт: www.geowizard.org



Этот пример продемонстрирует применение **HYRCAN** для расчета коэффициента устойчивости слоистого склона в условиях подтопления водой.

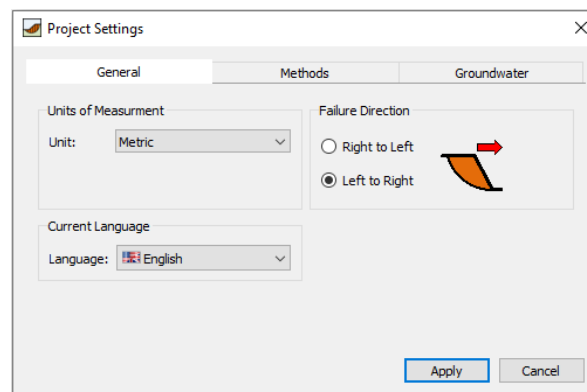
Настройки проекта

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 измените **Направление разрушения** [Failure Direction] на “**Слева направо**” [“Left to Right”] и нажмите кнопку **Применить** [Apply].

Выберите: *Модель [Analysis]* →



Настройки проекта [Project Settings]



Пример 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]: 0 0
Введите вершину [esc=отмена]: 40 0
Введите вершину [esc=отмена]: 40 4
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: 30 4
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: 10 14
Введите вершину [c=замкнуть, esc=отмена]: 0 14
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:

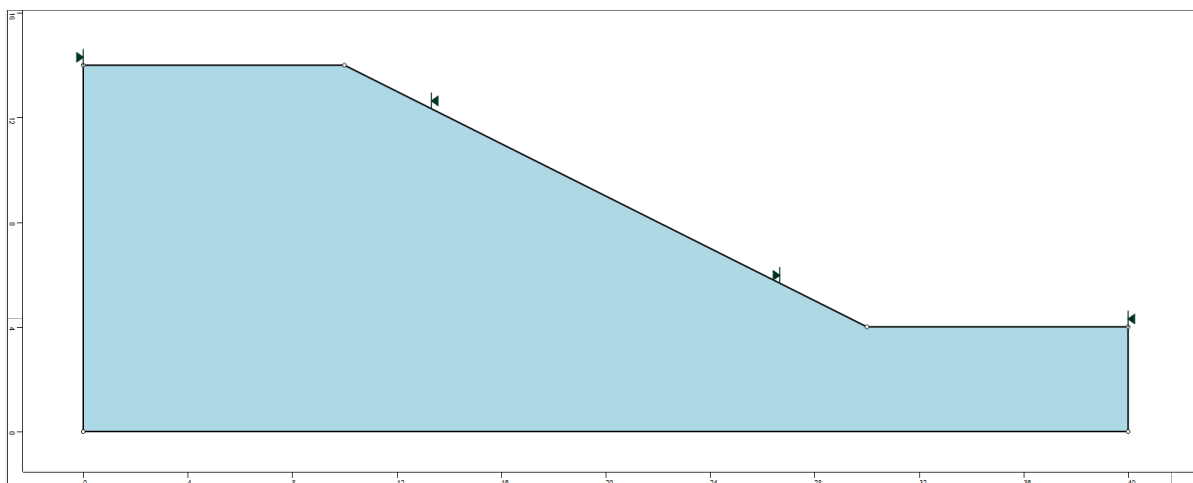


Рисунок 2- Созданы внешние границы.

- **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]: 0 9
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 20 9
 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: d

Теперь окно программы выглядит так:

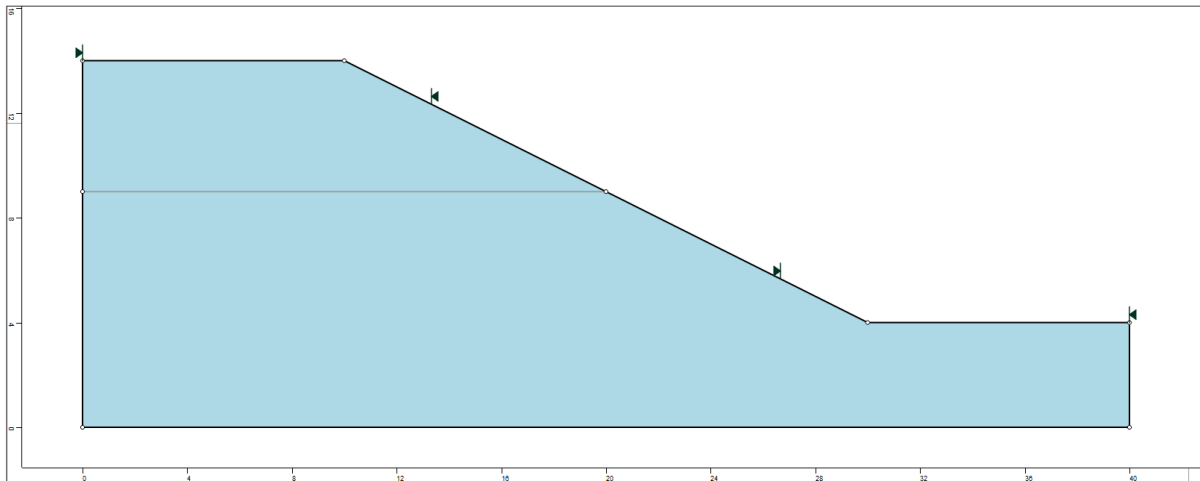


Рисунок 3- Созданы внешние границы и границы материалов.

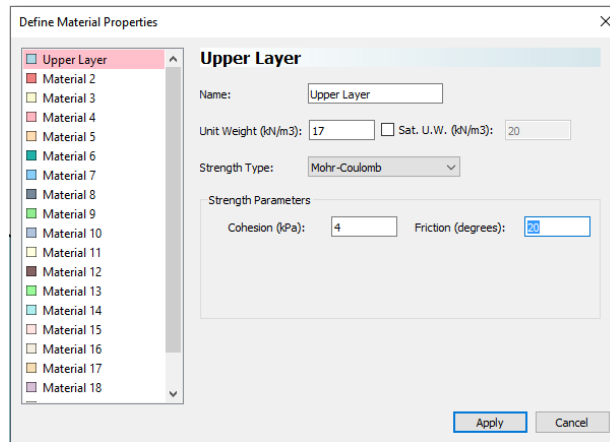
Свойства материалов

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

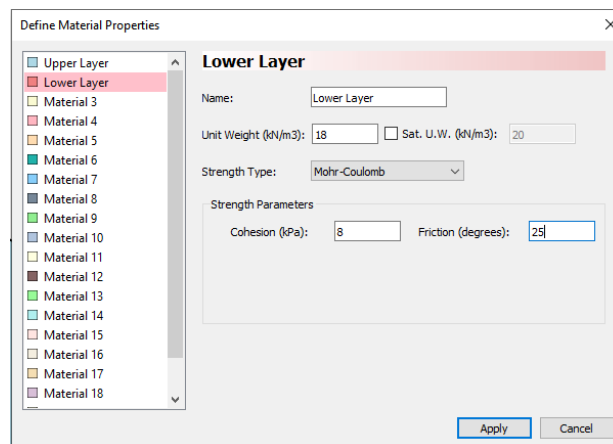
Выберите: *Материалы* [Properties] →  *Свойства материалов* [Define Materials]

Материал	c (kN/m ²)	φ (град)	γ (kN/m ³)
Upper Layer	4.0	20.0	17
Lower Layer	8.0	25.0	18

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



Введите параметры как показано выше. Когда будут введены все параметры для первого материала, выберите второй и введите его параметры, после чего нажмите кнопку **Применить** [Apply].



Назначение материалов

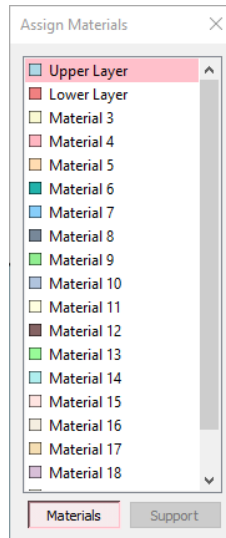
Поскольку мы определили более одного материала, необходимо назначить свойства материала на каждую область модели используя окно **Назначить материал** [Assign Material]. Выберите **Назначить материал** [Assign Properties] на панели инструментов или в меню **Материалы** [Properties].

Выберите: *Материалы* [Properties] →



Назначить материал [Assign 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

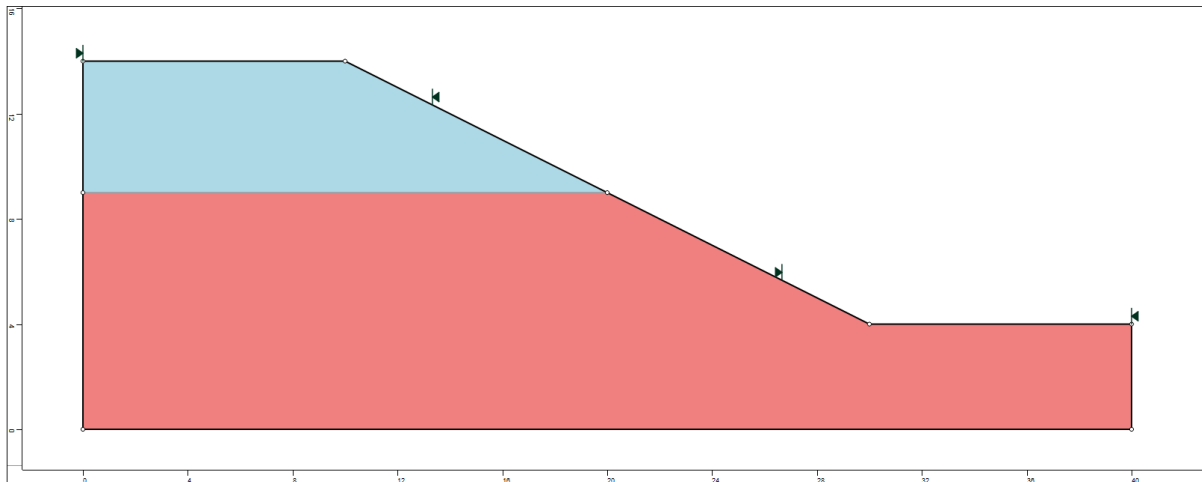


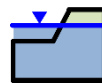
Рисунок 4- Вид модели после назначения материалов.

Задание уровня грунтовых вод

Чтобы задать уровень грунтовых вод сделайте следующее:

1. Выберите **Уровень грунтовых вод** [Add Water Table] на панели инструментов или в меню Геометрия [Geometry].

Выберите: *Геометрия*
[Geometry] →



Уровень грунтовых вод [Add Water Table]

- Введите вершины уровня грунтовых вод.
- Когда все вершины будут введены, нажмите правую кнопку мыши и выберите **Закончить** [Done], или введите "d" в строке ввода и нажмите Enter.

Введите следующие координаты в строке ввода внизу справа.

Введите вершину [esc=отмена]: 0 10
Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 24 7
Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 54 31
Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 40 7
Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: d

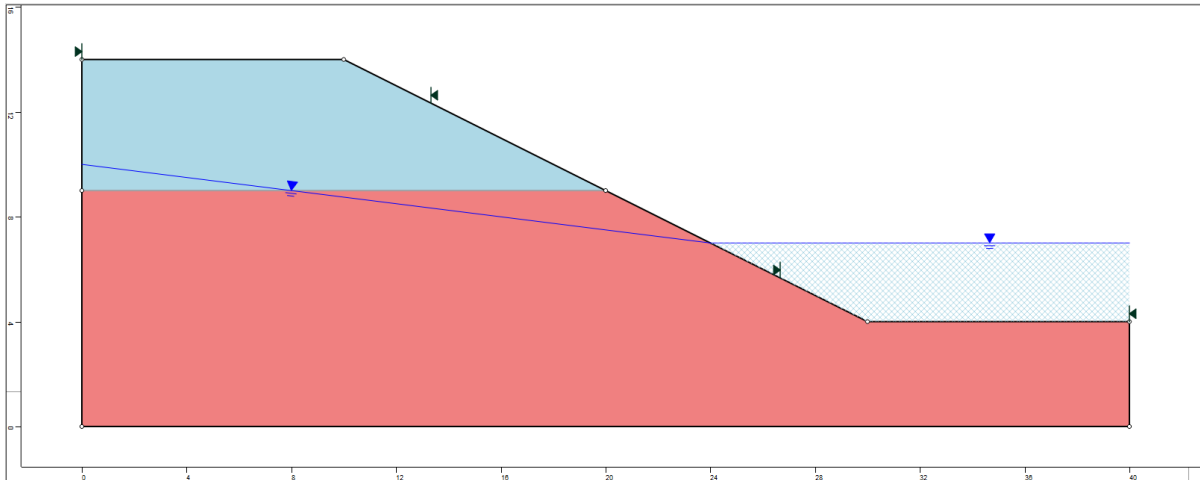



Рисунок 5- Созданная геометрия и задан уровень грунтовых вод.

Примечание:

- Уровень грунтовых вод должен проходить через все материалы для которых будет рассчитано поровое давление. В противном случае программа не сможет посчитать поровое давление для поверхности скольжения.
- HYRCAN** будет автоматически считать поровое давление, как отклонение (в градусах) от поверхности воды выше любой заданной точки и расстояние по вертикали от поверхности воды до середины основания поверхности скольжения.
- Если уровень грунтовых вод задан выше внешних границ, **HYRCAN** автоматически создаст регион заполнения водой ниже УГВ и выше внешней границы.

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. Обратите внимание, что в текущей версии **HYRCAN**, реализован только упрощенный метод Бишопа. Возможно, в будущем, будут реализованы другие методы. В итоге получилось 5000 пробных поверхностей. Результат вычисления коэффициента устойчивости показан на рисунке 6. Таблице 1 представлены результаты сравнения вычисления коэффициента устойчивости этой модели, используя другие коммерческие программы.

Таблица 1- Сравнительная таблица вычисления коэффициента устойчивости

Метод	Slide2	HYRCAN
Bishop Simplified	1.310	1.308

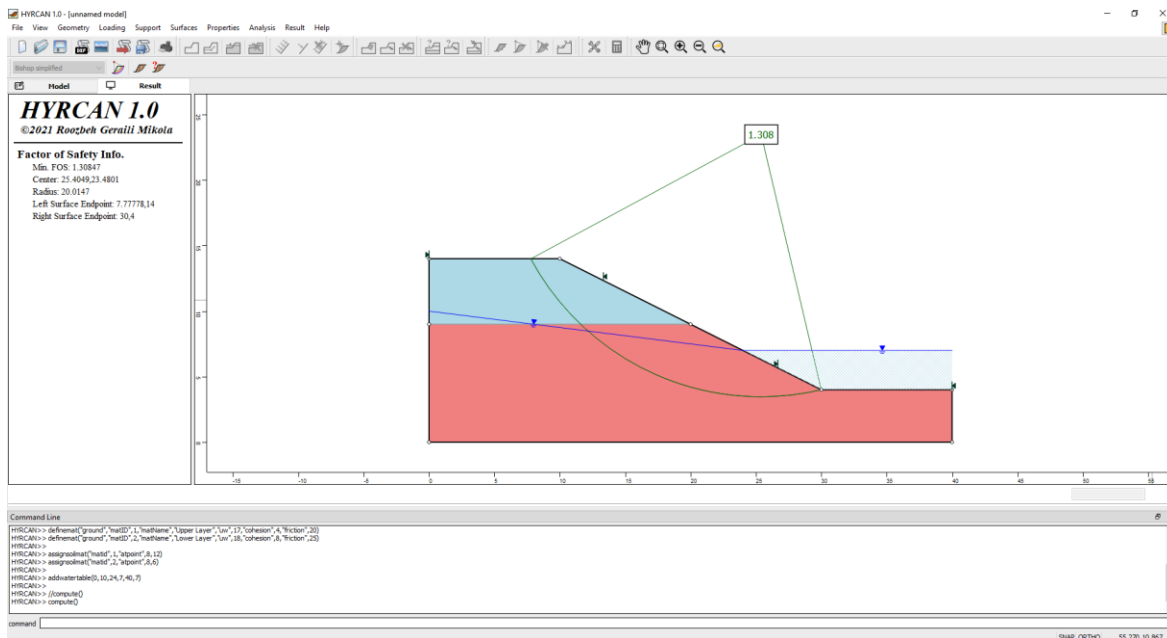


Рисунок 6- Результат автоматического поиска поверхности скольжения.

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]

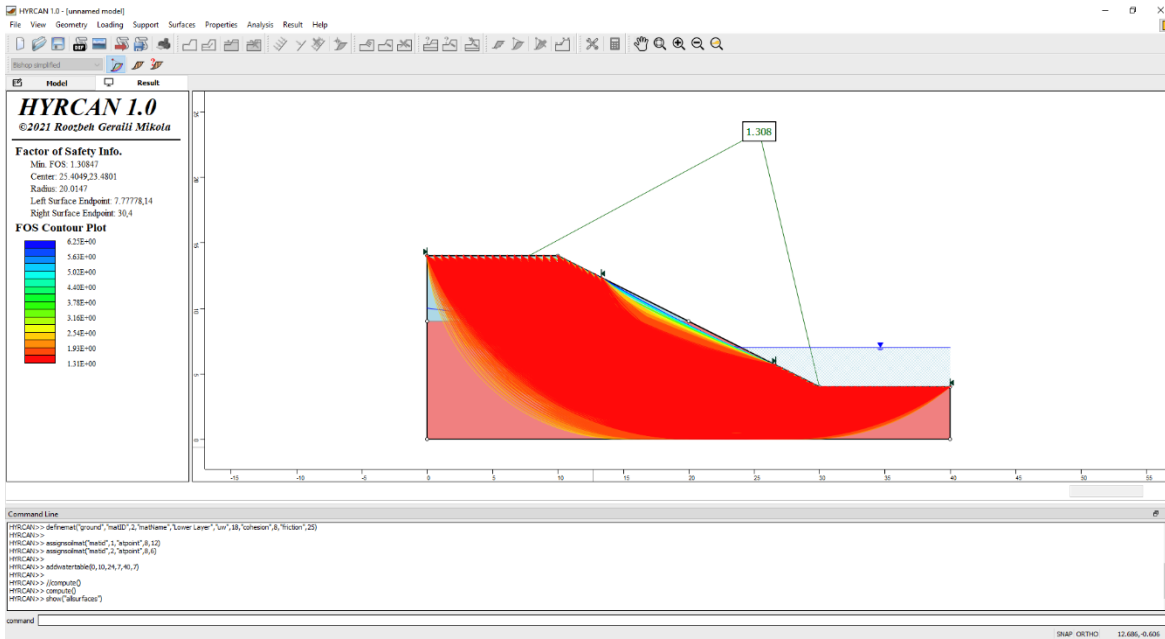



Рисунок 7- Найденные круглоцилиндрические поверхности скольжения – показаны все.

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

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

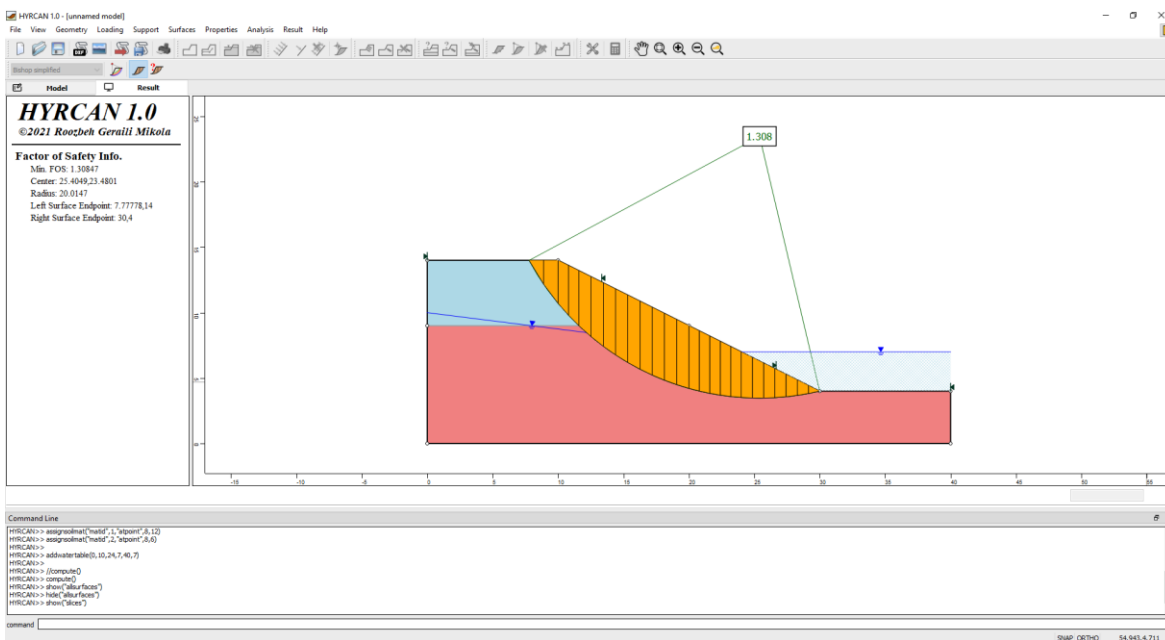


Рисунок 8- Отображение участков.

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:

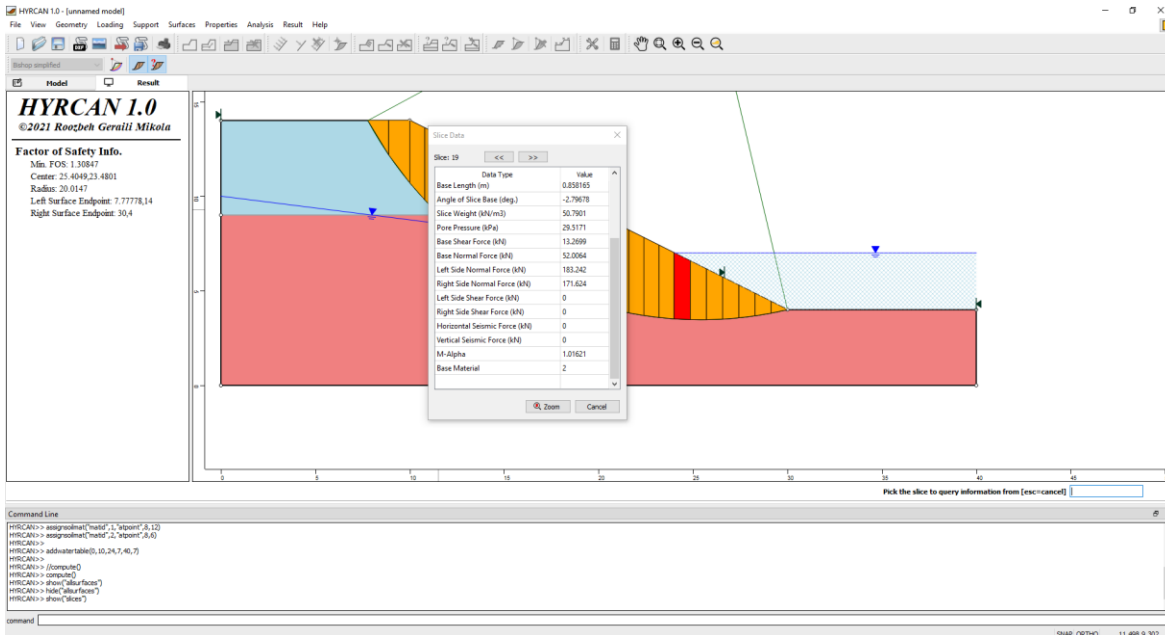



Рисунок 9- Окно с информацией об участках.

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", "l2r")

extboundary(0,0,40,0,40,4,30,4,10,14,0,14,0,0)

matboundary(0,9,20,9)

definemat ("ground", "matID",1, "matName", "Upper Layer", "uw", 17, "cohesion", 4, "friction", 20)
definemat ("ground", "matID",2, "matName", "Lower Layer", "uw", 18, "cohesion", 8, "friction", 25)

assignsoilmat ("matid",1, "atpoint", 8,12)
assignsoilmat ("matid",2, "atpoint", 8,6)

addwatertable(0,10,24,7,40,7)

compute ()
  
```