

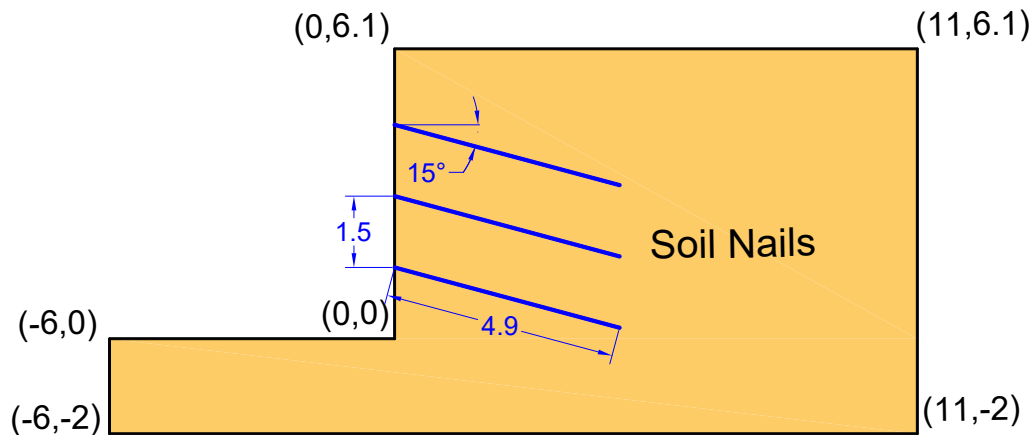
Устойчивость склона, укрепленного нагелями

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

Перевод: [Stanislav Vagin](#)

Email: hyrcan4geo@outlook.com

Сайт: www.geowizard.org



Этот пример демонстрирует моделирование креплений в **HYRCAN**. В **HYRCAN** есть возможность смоделировать три вида креплений: грунтовые нагели [soil nails], грунтовые анкера [tiebacks] и анкера с закрепленным концом.

Настройки проекта

Различные важные параметры моделирования и анализа собраны в окне **Настройки проекта** [Project Settings dialog]. Такие как **Направление разрушения** [Failure Direction], **Единицы измерения**, [Units of Measurement], **Методы расчета** [Analysis Methods] и **Свойства грунтовых вод** [Groundwater property]. Для данного анализа измените **направление разрушения** [failure direction] на “Слева направо” [“Left to Right”] затем нажмите **Применить** [Apply].

Выберите: *Модель*
[Analysis] →



Настройки проекта [Project Settings]

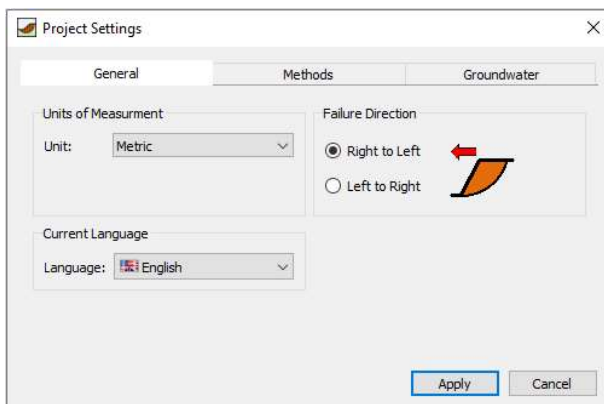


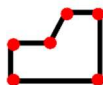
Рисунок 1- Окно настройки проекта [Project Settings].

Создание геометрии

- **Внешние границы [External Boundaries]**

Для каждой модели сначала надо создать внешние границы [External Boundary]. Чтобы добавить внешние границы, выберите **Внешние границы [External Boundary]** на панели инструментов или в меню **Геометрия [Geometry]**.

Выберите: *Геометрия*
[Geometry] →



Внешние границы [External Boundary]

Введите следующие координаты в строке ввода в нижней правой части окна программы.

Введите вершину [esc=отмена]: 0 0
Введите вершину [esc=отмена]: 0 6.1
Введите вершину [esc=отмена]: 11 6.1
Введите вершину [esc=отмена]: 11 -2
Введите вершину [esc=отмена]: -6 -2
Введите вершину [esc=отмена]: -6 0
Введите вершину [esc=отмена]: c

Обратите внимание, ввод “с” после ввода координат последней вершины, автоматически соединяет первую и последнюю вершины (замыкают границы), и выходит из команды **Внешние границы [External Boundary]**. Теперь окно программы выглядит так:

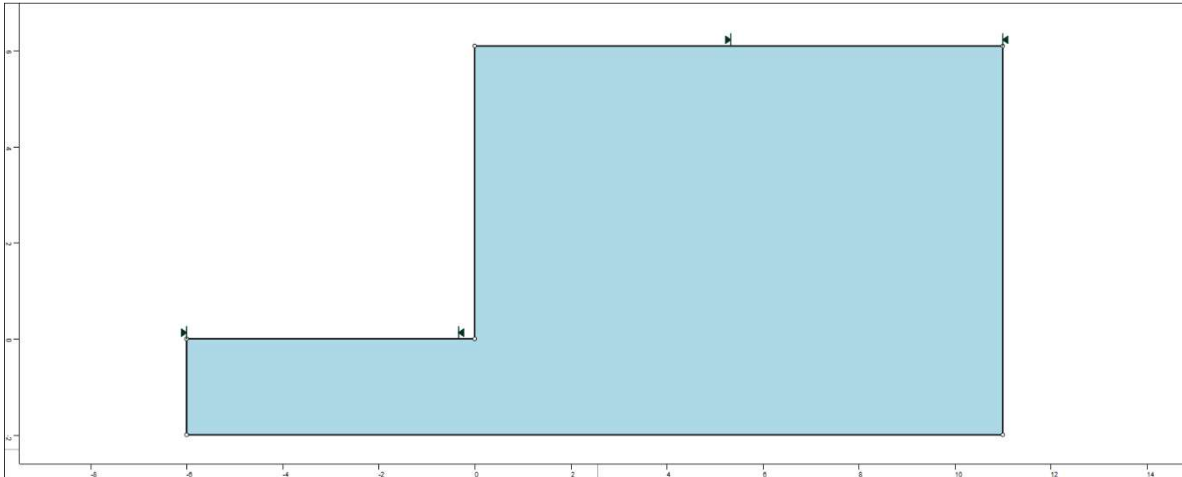
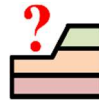


Рисунок 2- Созданы внешние границы.

Материалы [Properties]

Пришло время определить свойства материалов. Выберите **Свойства материалов** [Define Materials] на панели инструментов или в меню **Материалы** [Properties].

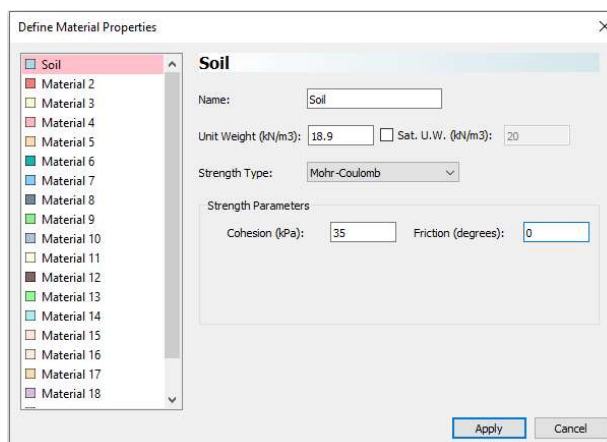
Выберите: *Материалы* [Properties] →



Свойства материалов [Define Materials]

Материал	c (kN/m ²)	φ (град)	γ (kN/m ³)
Soil	35.0	0.0	18.9

Для первого (по умолчанию выделенного материала) в окне **Свойства материалов** [Define Materials] введите следующие свойства:



Введите параметры, как показано выше. Когда закончите нажмите кнопку Применить [Apply].

Создание массива креплений

Перед добавлением креплений сначала создадим материал определенного типа крепления с соответствующими свойствами. Для этого выберите **Крепления** [Define Support] на панели инструментов или в меню **Материалы** [Properties].

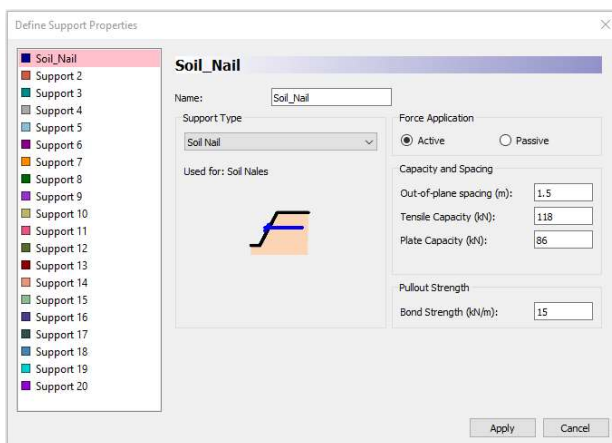
Выберите: *Материалы [Properties]* →



Крепления [Define Support]

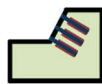
Для первого (по умолчанию выделенного материала) в окне **Свойства материалов** [Define Materials] введите следующие свойства:

Тип крепления [Support Type]	Название [Name]	Шаг из плоскости [Out-of-plane Spacing] (m)	Предельное усилие тяги [Tensile Capacity] (kN)	Пред.усил. плиты [Plate Capacity] (kN)	Прочность сцепления [Bond Strength] (kN/m)
Soil Nail	Soil_Nail	1.5	118	86	15



Теперь добавим элементы крепления. Элементы крепления могут быть добавлены отдельно, с помощью опции **Одиночное крепление** [Add Single Support] из меню **Крепления** [Support]. Если нужно добавить несколько креплений с постоянным шагом, можно использовать команду **Массив креплений** [Add Support Pattern] из меню **Крепления** [Support]. Эту команду и будем использовать в данном примере для добавления креплений с равномерным шагом.

Выберите: *Крепления [Support]* →



Массив креплений [Add Support Pattern]

Сначала появится окно **Массив креплений** [Support Pattern]. Задайте **Направление** [Orientation] = **под углом к горизонтали** [Angle from Horizontal], **Угол** [Angle] = -15 градусов, **Длина** [Length] = 4.9, и **Расстояние между креплениями** [Distance between supports] = 1.5, затем нажмите кнопку **Применить** [Apply].

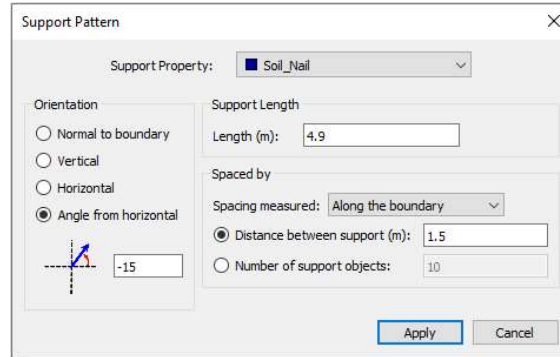


Рисунок 3- Окно создания массива креплений.

Теперь, передвигая курсор мыши, Вы увидите маленький черный крестик, который следует за курсором и привязывается к ближайшей точке ближайшей границы.

Вы можете ввести расположение нагрузки графически, кликая левой кнопкой мыши когда крестик станет красным тем самым отмечая начальную и конечную точки распределения нагрузки. Однако для ввода точных координат, проще ввести координаты в строке ввода.

Введите первую точку на границе [esc=отмена]: 0 1.5
 Введите вторую точку на границе [esc=отмена]: 0 5

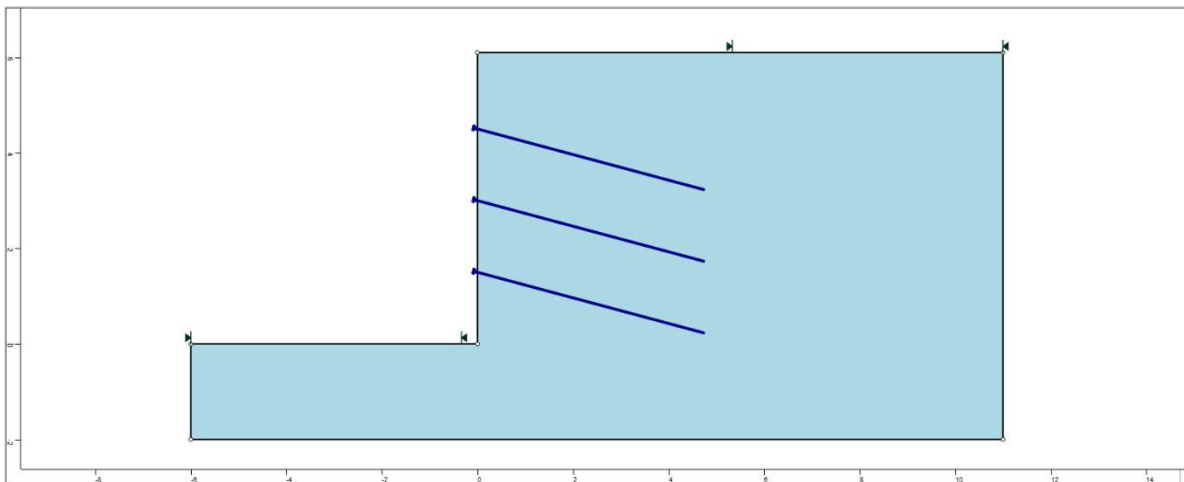


Рисунок 4- Модель с добавленными креплениями.

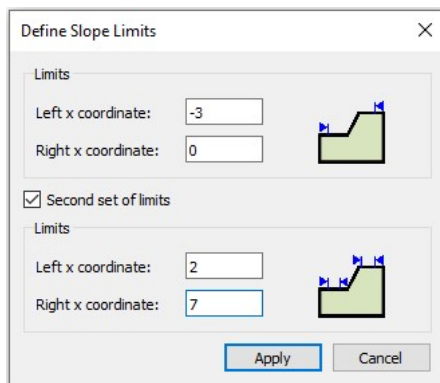
Изменение границ склона

Границы склона автоматически рассчитываются **HYRCAN** как только создаются **внешние границы** [External Boundary]. Если Вы хотите сузить область поиска поверхностей скольжения до конкретных областей модели, границы склона можно изменить в окне **Задать границы склона** [Define Slope Limits].

Выберите: *Поверхности*
 [Surfaces] →



Задать границы склона [Define Slope Limits]



В этом примере левую и правую координаты установите -3 and 0, а левую и правую координаты второй границы установите 2 и 7. Впоследствии, уменьшением границ склона можно будет более точно определить поверхность скольжения. Теперь мы закончили создавать модель и можем запустить расчет и проанализировать результаты.

Расчет

Теперь 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 6.

В 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	1.347	1.328

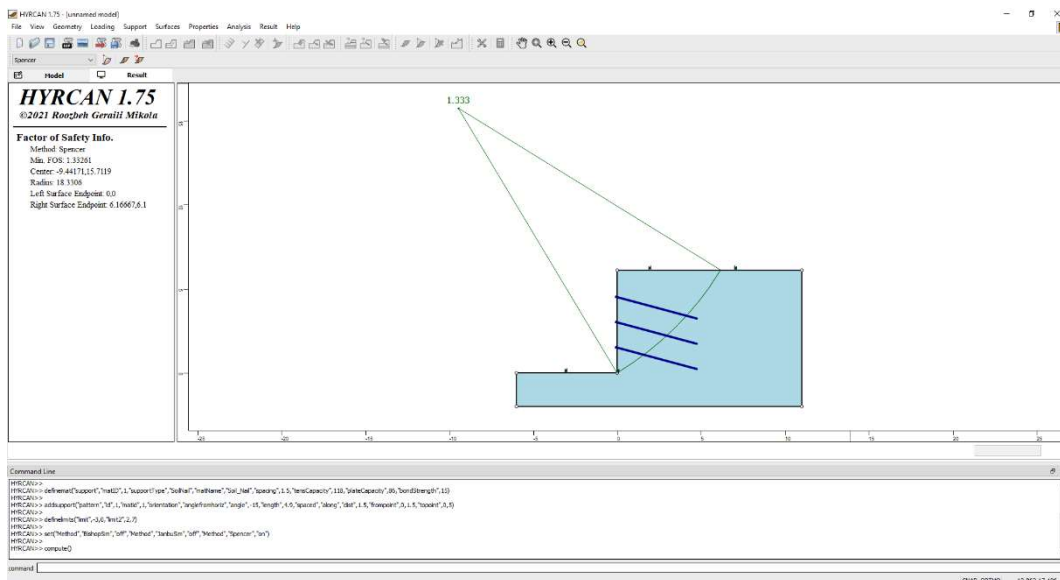



Рисунок 5- Результат автоматического поиска поверхности скольжения.

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]*

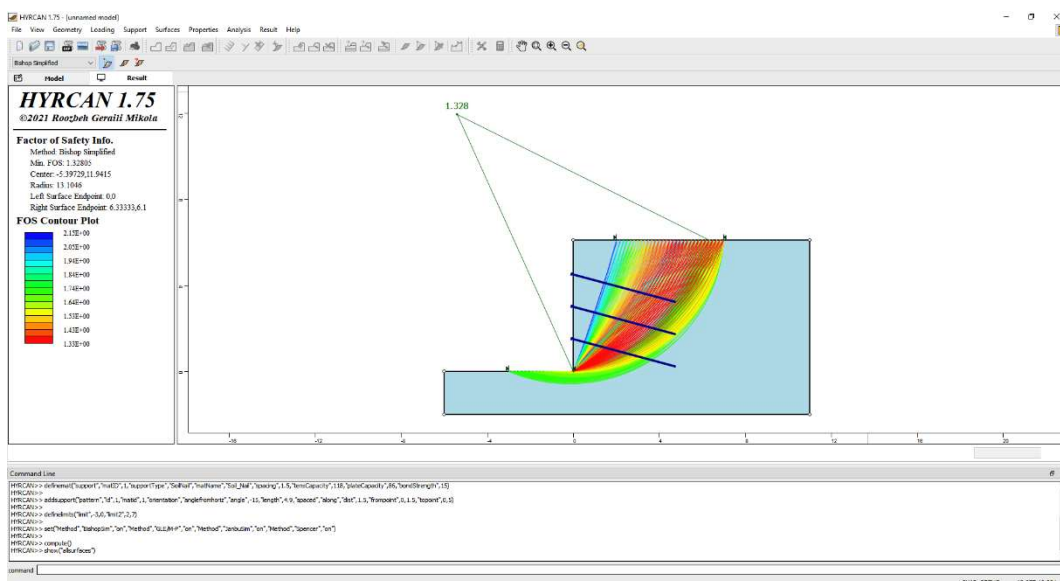



Рисунок 6- Найденные круглоцилиндрические поверхности скольжения – показаны все.

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

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

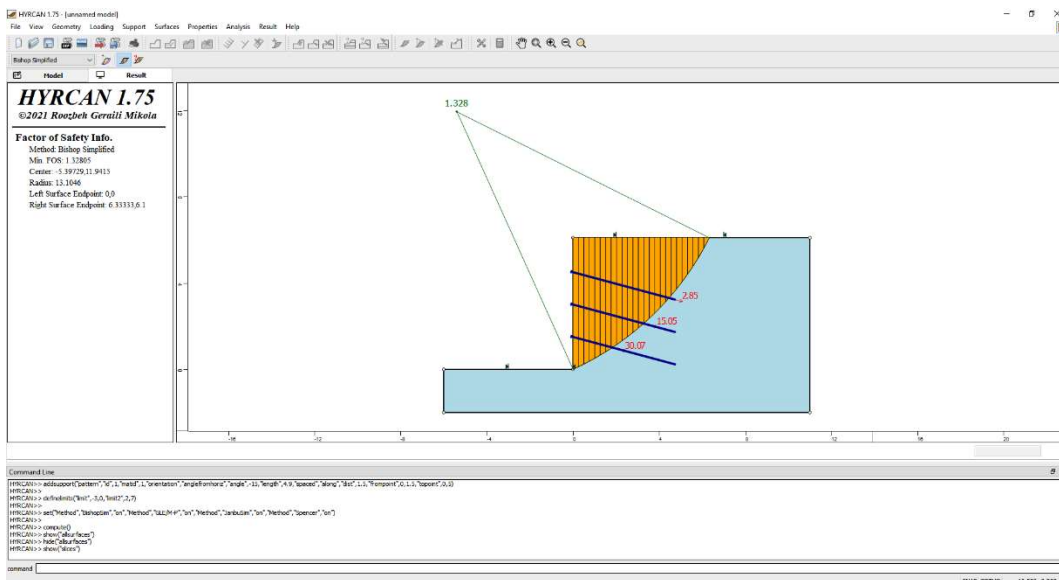
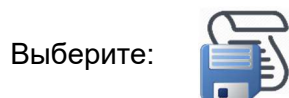


Рисунок 7- Отображение участков.

HYRCAN также показывает усилия в каждом креплении когда опция **Показать участки** [Show Slices] включена.

Скрипт

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



Ниже приведены команды для данного примера.

```
newmodel ()

set ("failureDir", "r21")

extboundary (-6,0,0,0,0,6.1,11,6.1,11,-2,-6,-2,-6,0)

definemat ("ground", "matID", 1, "matName", "Soil", "uw", 18.9, "cohesion", 35, "friction", 0)

definemat ("support", "matID", 1, "supportType", "SoilNail", "matName", "Soil_Nail", "spacing", 1.5, "tensC
apacity", 118, "plateCapacity", 86, "bondStrength", 15)

addsupport ("pattern", "id", 1, "matid", 1, "orientation", "anglefromhoriz", "angle", -
15, "length", 4.9, "spaced", "along", "dist", 1.5, "frompoint", 0, 1.5, "topoint", 0, 5)

definelimits ("limit", -3, 0, "limit2", 2, 7)

compute ()
```