

Оценка устойчивости откоса с применением модели Хука-Брауна (Hoek-Brown)

Asmop: Roozbeh Geraili Mikola, PhD, PE Перевод: Stanislav Vagin Email: hyrcan4geo@outlook.com Caŭm: www.geowizard.org



Этот пример продемонстрирует использование HYRCAN при оценке устойчивости откоса с применением обобщенной модели Хука-Брауна (Hoek-Brown)

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 "Справа налево" ["Right to Left"] затем нажмите Применить [Apply]..

Модель Выберите: [Analysis]

Настройки проекта [Project Settings]



200200				
Inits of N	leasurment		Failure Direction	
Jnit:	Metric	~	Right to Left	←
			O Left to Right	
Current L	anguage			
anguage	2: 🔙 English	~		

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]: -100 0	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 44 60
Введите вершину [esc=отмена]: -100 -50	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 41.1 40.3
Введите вершину [esc=отмена]: 220 -50	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 36.5 40.3
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 220 130	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 35.8 34.2
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 80 1 30	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 21.6 34.2
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 78 120	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 19. 5 19.7
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 73.3 120	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 15 19.7
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 70.6 100.1	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 13.1 8.4
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 65.9 100.1	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 1.1 8.4
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 63.2 80.2	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 0 0
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 51.5 80.2	Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: с
Введите вершину [с=замкнуть, esc=отменаl]: 48.5 60	

Обратите внимание, ввод "**c**" 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.

• Границы материалов [Material Boundaries]

Границы материалов [Material Boundaries] используются в **HYRCAN** для определения границ между зонами разных материалов внутри **Внешних границ** [External Boundary]. Давайте добавим две границы материалов.

Выберите:

Геометрия [Geometry] →



Границы Материалов [Material Boundary]

Введите следующие координаты в строку ввода в нижней правой части главного окна.

Введите вершину [esc=отмена]: 70.6 100.1 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 220 100.1 Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: d

И повторите ввод следующих координат:

```
Введите вершину [esc=отмена]: 20 27
Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: 220 27
Введите вершину [d=закончить, esc=отмена]: d
```

Теперь окно программы выглядит так:



Рисунок 3- Заданы внешние границы и границы материалов



Материалы [Properties]

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

Выберите:

Mamepuaлы [Properties]

 \rightarrow



Свойства материалов [Define Materials]

Материал	Удельный вес [Unit Weight] (kN/m³)	σ _c (MPa)	Параметр <i>mb</i>	Параметр <i>ѕ</i>	Параметр <i>а</i>
Α	21.9	21.6	3.007	6.738×10 ⁻³	0.5040
В	23.8	73.2	4.611	6.738×10 ⁻³	0.5040
С	23.8	73.2	3.857	6.866×10 ⁻³	0.5057

Для первого (по умолчанию выделенного материала) в окне **Свойства материалов** [Define Materials] выберите модель материала "Обобщенный Hoek-Brown" ["Generalized Hoek-Brown"] и введите параметры, указанные выше.

Material A	^	Material A					
Material 2							
Material 3		Name:	Material A				
Material 4			(C)		1.202.01		
Material 5		Unit Weight (kN/m3):	21.9	🛄 Sat. U	I.W. (kN/m3):	20	
Material 6							
Material 7		Strength Type:	Generalized	loek-Brown			
Material 8		Strength Parameter	's				
Material 9							-
Material 10		UCSi (kPa):	21600		mb :	3.007	
Material 11		s:	0.00673	8	a:	0.504	
Material 12							_
Material 13							
Material 14							
Material 15		Water Parameters					
Material 16				19/26			
Material 17		water surface:	None	~	Ru value:	U	1
Material 18	~						

Когда будут введены все параметры для первого материала, выберите второй и третий, заполняя их свойства соответственно материалам В и С. После завершения нажмите кнопку **Применить** [Apply].

Назначение материалов

 \rightarrow

Так как мы определили более одного материала, необходимо назначить свойства материалов на каждую область модели, используя команду **Назначить материал** [Assign Properties]. 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- Вид модели после назначения материалов.

Расчет

Теперь модель готова к расчету.

Выберите: Модель [Analysis] →



Pacчem [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 устойчивости этой модели, используя другие коммерческие программы.

	~		U
1 20 TIMU 2 1_ ()	ם בוואחמבד מבעשחמדאועסבמ	հլուտեսերինը հեշերերին	
таолица т- С	равпительпал таолица в	ычисления козффи	циспта устоичивости

Метод	Slide2	HYRCAN
Упрощенный Бишопа	3.762	3.744



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] →



6



HVRCAN 1.75 - (unnamed model) File View Geometry Loading Support Su	rfaces Properties	Analysis Result Help								1	σ	×
00088888	න ස ස	3782 3	යස සහ ස .	>>= ×=	- Q Q Q Q							
Bahap Simplified 🗸 🍺 🖉												
🖻 Model 🖵 Result												
HYRCAN 1.75 ©2021 Roozbeh Geraili Mikola	~			3.744								
Factor of Safety Info. Method Silvey Signified Min 1003.7147 Centrer: 66 44(1181010 Radius 100741 Kithy Safeton Endpoint 122201(1)8 FOS Contour Piot Contour Piot Silvey Safeton 122201(1)8 FOS Contour Piot Silvey Safeton 12201(1)8 FOS Contour Piot FOS Contour Piot Silvey Safeton 12201(1)8 FOS Contour Piot FOS Contour Piot F	8 ⁻ 8-											
		210	-540	77	0	5	500	210	289	350		
											11	-
Command Line											-	×
HIRCANDS and gradenal "hatd" 2, https://it. HIRCANDS and gradenal "hatd" 2, https://it. HIRCANDS and gradenal "hatd", 3, https://it. HIRCANDS (Address The	4.5452) 5.2423) 512,220] nbuSim", "en", "Heithad"	", "Spencer", "en")										c
, command										NIE CEDED IN	15 001 AL 1	
										and would'd at		

Рисунок 9- Найденные круглоцилиндрические поверхности скольжения – показаны все.

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

ерите:	Результаты [Result]	÷ ۲	Токазап	- пь уча	Д стки [S	Show S	Slices]		
HVRCAN 1.75 - (unnamed) File View Geometry Lex	nodel) odng Support Surfaces Properties Analysis Result Halp								-
D 😥 🖬 🚟 🖬 S	≩ ▲ এ⊴ ≝ ≝ ∛ / ∛ ⊁ ජ ▷ / ⊁	9 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	≥≥ ⊂ × ∎	ଏ ଜ ଜ ଜ ଜ					
🖻 model 🕻	J Result								
FIFTRCAA 02021 Resolution (Faction of Safetty III Marking 1997) Tenter of 6404118 Radies Indigen Right Surface Endigen	V 1. (.5) (10) (a (2)) (a (2)) (a (2)) (b (2)) (c		3.74			y			
			Į						
		-14]	-20	2	75	140	210	280	350
Command Line									
HIRCAN> and provident "mail HIRCAN> and provident "mail HIRCAN> //effectives", HIRCAN>> ent("Method", "bind HIRCAN> ent("Method", "bind HIRCAN> ent("Method", "bind HIRCAN> and "plan faces")	;3, 'squeen';68, 7494, 55, 7403) 100, 1.409, 'feet2', 11.3, 312, 228] Sen', 'un', 'Hellouf', 'Sectudien', 'un', 'Hellouf', 'Spercen', 'un')								

Рисунок 7- Отображение участков.



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(-100,0,-100,-50,220,-
50,220,130,80,130,78,120,73.3,120,70.6,100.1,65.9,100.1,63.2,80.2,51.5,80.2,48.5,60,44,60,41.1,40
.3,36.5,40.3,35.8,34.2,21.6,34.2,19.5,19.7,15,19.7,13.1,8.4,1.1,8.4,0,0,-100,0)
```

matboundary(70.6,100.1,220,100.1)

```
matboundary(20,27,220,27)
```

```
definemat("ground", "matID",1, "strengthType", "HB", "matName", "Material
A", "uw", 21.9, "hb_ucsi", 21600, "hb_mb", 3.007, "hb_s", 0.006738, "hb_a", 0.504)
definemat("ground", "matID", 2, "strengthType", "HB", "matName", "Material
B", "uw", 23.8, "hb_ucsi", 73200, "hb_mb", 4.611, "hb_s", 0.006738, "hb_a", 0.504)
definemat("ground", "matID", 3, "strengthType", "HB", "matName", "Material
C", "uw", 23.8, "hb_ucsi", 73200, "hb_mb", 3.857, "hb_s", 0.006866, "hb_a", 0.5057)
```

assignsoilmat("matid",2,"atpoint",135.192,64.9453)
assignsoilmat("matid",3,"atpoint",98.7434,15.2423)

compute()