

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гідрогеології та інженерної геології**

**ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ У СЕРЕДОВИЩІ МАТНСAD**

**Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни
«Комп'ютерна обробка гідрогеологічної та
інженерно-геологічної документації»**

для студентів напрямку підготовки 6.040103 Геологія

Дніпропетровськ
НГУ
2014

Проведення гідрогеологічних та інженерно-геологічних розрахунків у середовищі Mathcad. Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни «Комп'ютерна обробка гідрогеологічної та інженерно-геологічної документації» для студентів напряму підготовки 6.040103 / Д.В. Рудаков, Т.І. Перкова. – Д.: Національний гірничий університет, 2014. – 24 с.

Автори:

Д.В. Рудаков, д-р техн. наук, проф. (розділ 1, додаток);

Т.І. Перкова, асист. (розділи 1.1–1.3).

Затверджено до видання редакційною радою НГУ (протокол № __ від __ __ __ р.) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.040103 Геологія (протокол № 5 від 26.11.2013 р.)

Методичні рекомендації призначено для самостійної роботи студентів напряму 6.040103 Геологія під час вивчення дисципліни «Комп'ютерна обробка гідрогеологічної та інженерно-геологічної документації».

Розглянуто основні функції системи комп'ютерної математики Mathcad. Містить інструкції до лабораторних робіт, які дозволяють краще засвоїти принципи математичного моделювання гідрогеологічних процесів та виконувати візуалізацію гідрогеологічних та інженерно-геологічних карт.

Орієнтовано на підвищення ефективності самостійної роботи студента.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології, д-р техн. наук, проф. Д.В. Рудаков.

Зміст

Вступ.....	4
1. Система комп'ютерної математики MathCad.....	4
1.1. Лабораторна робота №1.....	4
1.2. Лабораторна робота №2.....	6
1.3. Лабораторна робота №3.....	9
1.4. Лабораторна робота №4.....	11
1.5. Контрольні завдання перевірки умінь роботи в середовищі MathCad.....	13
Список літератури.....	16
Додаток 1.....	17

Вступ

Методичні вказівки мають на меті забезпечити комп'ютерну підготовку студентів з обробки гідрогеологічних та інженерно-геологічних даних та документації і виконання оперативних розрахунків. Містяться інструкції до виконання лабораторних робіт у системі комп'ютерної математики *MathCad*, що широко використовується для розрахунків.

Виконання лабораторних робіт у програмі *MathCad* сприятиме формуванню практичних навичок та умінь роботи із засобами обчислень, зручним та наочними представленням їх результатів, що сприятиме глибшому розумінню фізичної суті гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів. Програми, лістинг яких наведено у додатку, базуються на широко застосованих аналітичних методах розрахунку свердловин та стійкості схилу. Робота у програмі формуватиме вміння створювати прості програми для проведення типових гідрогеологічних та інженерно-геологічних розрахунків.

1. Система комп'ютерної математики MathCad

Система дозволяє оперативно та із високою точністю проводити гідрогеологічні та інженерно-геологічні розрахунки на основі аналітичних співвідношень та алгоритмів з візуалізацією результатів [1]. Лістинги програм для виконання лабораторних робіт наведені у додатку 1.

1.1. Лабораторна робота №1

Мета. Кількісний аналіз впливу недосконалості свердловини на динаміку зниження рівня підземних вод.

При виконанні роботи опрацьовуються такі засоби *MathCad*:

1. Використання оператора присвоєння.
2. Використання вбудованих функцій та створення нових функцій користувача від кількох змінних.
3. Обчислення значень функцій та виразів.
4. Побудова та редагування одновимірних графіків функцій.

Математична модель. Розглядається радіальна неусталена фільтраційна течія до одиночної свердловини, що відбирає воду з постійним дебітом (рис. 1).

Досконала свердловина. Напір H_1 в зоні її впливу розраховується за формулою [2]:

$$H_1(r, t) = H_0 - \frac{0,183Q}{Km} \lg \left(\frac{2,25at}{r^2} \right), \quad (1)$$

де H_0 – початковий напір, м; Q – дебіт свердловини, м³/добу; K – коефіцієнт фільтрації, м/добу; m – потужність водоносного горизонту, м; a – рівнепровід-

ність, м²/добу, $a = \frac{Km}{\mu}$; μ – питома водовіддача, б/р; r – відстань до свердловини, м; t – час, діб.

Недосконала свердловина. Напір H_2 в зоні її впливу розраховується за формулою [3]:

$$H_2(r, t) = H_0 - \frac{0,183Q}{Km} \left\{ \lg \left(\frac{2,25at}{r_0^2} \right) + \zeta_2(r_0, l_f, m) \right\}, \quad (2)$$

де ζ_2 – поправка на недосконалість свердловини за ступінню перетину водоносного горизонту, б/р [4]:

$$\zeta_2(r_0, l_f, m_0) = 2 \left(\frac{m_0}{l_f} - 1 \right) \left(\ln \left(\frac{1,47l_f}{r_0} \right) - 2,65 \frac{l_f}{m_0} \right) \quad (3)$$

l_f – довжина фільтра, м.

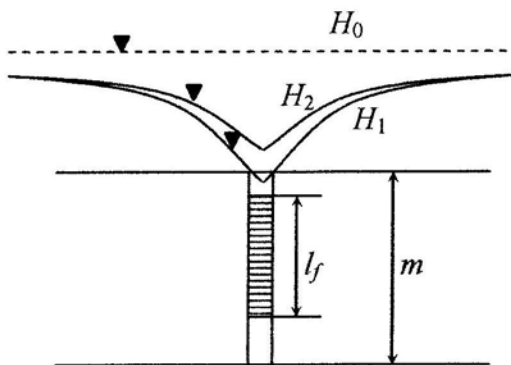


Рис. 1. Схема до розрахунку пониження в недовершній свердловині

Порядок виконання. Використовуючи програму (Додаток 1), виконати такі завдання.

1. Визначити пониження рівня води S в досконалій свердловині радіусом r_1, r_2, r_3 по закінченню періоду тривалістю t . Результати обчислень за формулою (1) представити у вигляді суміщених графіків залежності $H_1(t)$. Зробити висновок щодо зміни рівня води з часом на певній відстані від свердловини. Для заданого радіусу свердловини ($r_1 = 50$ мм, $r_2 = 100$ мм, $r_3 = 200$ мм) обчислити H_1 , а результати звести до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Результати розрахунків пониження рівня води

Варіант	t , діб	Q_0 , м ³ /добу	r_1 , м	r_2 , м	r_3 , м
1	182	100	...	...	...
	365		...	...	...
2	365	250	...	...	...
	730		...	...	...

2. Визначити приведенний радіус впливу свердловини $R = 1,5\sqrt{at}$ через 90, 182 і 365 діб з початку її роботи. Результати обчислень представити у вигляді

суміщених графіків, на яких відобразити розвиток депресійного пониження рівня H_1 залежно від тривалості відкачування. Зробити висновок щодо динаміки пониження рівня підземних вод.

3. Визначити положення рівня води в досконалій та недосконалій свердловинах однакового радіуса по закінченню інтервалу тривалістю 182, 365 та 730 діб за різної довжини робочої частини фільтра $l_{f1} = 3+j/10$, $l_{f2} = 6+j/10$ та $l_{f3} = 9+j/10$ м. Тут j – номер студента у списку групи. Результати розрахунків рівня води H_2 представити як таблицю 1.2 та у вигляді суміщених графіків залежності $H_1(t)$ та $H_2(t)$. Зробити висновок щодо впливу довжини фільтра на пониження рівня підземних вод.

Таблиця 1.2

Результати розрахунків положення рівня води

t , діб	l_{f1} , м	l_{f2} , м	l_{f3} , м
182
365
730

Вихідні дані для проведення розрахунків

Початковий напір $H_0 = 100$ м, дебіт свердловини $Q = 100 + j \cdot 5$ м³/добу, коефіцієнт фільтрації $K = 1 + j/10$ м/добу, потужність водоносного горизонту $m = 12$ м, питома водовіддача $n = 0,2 + j \cdot 0,005$.

1.2. Лабораторна робота №2

Мета. Визначення припливу води до групи свердловин у напірному водоносному горизонті з віддаленим контуром живлення.

При виконанні роботи опрацьовуються такі засоби *MathCad*.

1. Використання масивів, підсумовування їх елементів.
2. Умовний оператор.
3. Розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь.
4. Побудова двовимірних графіків з представленням точкових даних.

Математична модель. Розглядається двовимірною усталена фільтраційна течія у напірному водоносному горизонті. В ньому розміщено N взаємодіючих свердловин, зони впливу яких перетинаються. Координати місць розташування свердловин (x_i, y_i) , $i = 1 \dots N$. У свердловинах задані або дебіти Q_i , з якими відбирається вода, або пониження рівня підземних вод S_i (рис. 2).

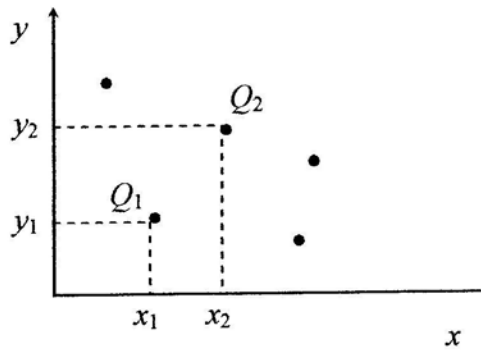


Рис. 2. Схема до розрахунку припливу підземних вод до взаємодіючих свердловин

1. Задані дебїти, необхідно визначити пониження.

Пониження води в кожній свердловині S_i визначається за формулою [5]:

$$S_i = S_{i,0} + \sum_{j=1}^N \nabla S_{i,j}, \quad (4)$$

де $S_{i,0}$ – пониження рівня води в свердловині, що обумовлено відкачуванням води з неї без урахування впливу інших свердловин; $\sum_{j=1}^N \nabla S_{i,j}$ – сумарне пониження рівня води у даній свердловині внаслідок роботи всіх свердловин, при цьому значок ∇ показує, що сама свердловина з суми виключається.

Значення $S_{i,0}$ розраховується за формулою [6]:

$$S_{i,0} = \frac{0,366 Q_i}{K m} \lg \frac{R}{r_{0,i}}, \quad (5)$$

де Q_i – дебіт свердловини, м³/добу; K – коефіцієнт фільтрації, м/добу; m – потужність водоносного горизонту, м; R – приведений радіус впливу свердловини, м; $r_{0,i}$ – радіус « i »-ї свердловини, м.

Сума у правій частині формули (4) детально записується так

$$\sum_{j=1}^N \nabla S_{i,j} = \frac{0,366}{K m} \left(Q_1 \lg \frac{R}{r_{1,i}} + Q_2 \lg \frac{R}{r_{2,i}} + \dots + Q_N \lg \frac{R}{r_{N,i}} \right), \quad (6)$$

причому доданок з індексом « i » вилучається. Тут $r_{k,i}$ – відстань між свердловинами з індексами « k » та « i ».

2. Задані пониження рівня води, необхідно визначити дебїти. Якщо пониження у взаємодіючих свердловинах S_i відомі, а шуканими величинами є дебїти Q_i , то необхідно розв'язувати систему лінійних алгебраїчних рівнянь (7):

$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 = 0,366 \left(\frac{Q_1}{K m} \lg \frac{R}{r_{0,1}} + \frac{Q_2}{K m} \lg \frac{R}{r_{2,1}} + \dots + \frac{Q_N}{K m} \lg \frac{R}{r_{N,1}} \right), \\ S_2 = 0,366 \left(\frac{Q_1}{K m} \lg \frac{R}{r_{1,2}} + \frac{Q_2}{K m} \lg \frac{R}{r_{0,2}} + \dots + \frac{Q_N}{K m} \lg \frac{R}{r_{N,2}} \right), \\ \dots \\ S_N = 0,366 \left(\frac{Q_1}{K m} \lg \frac{R}{r_{1,N}} + \frac{Q_2}{K m} \lg \frac{R}{r_{2,N}} + \dots + \frac{Q_N}{K m} \lg \frac{R}{r_{0,N}} \right). \end{array} \right. \quad (7)$$

У разі підтримання дебітів Q_i у свердловинах забезпечуються задані пониження рівня підземних вод.

Порядок виконання. Використовуючи програму, лістинг якої наведено у кінці цього пункту, виконати такі завдання.

1. Відобразити схему розташування свердловин у плані на двовимірному графіку.

2. Шляхом чисельного розв'язання системи лінійних рівнянь розрахувати дебіти для заданих понижень рівня підземних вод у свердловинах.

3. Визначити зміну сумарного припливу в разі збільшення пониження на 0,5 м та його зменшення на 1 м у всіх свердловинах. Результати розрахунків представити у табличному вигляді (табл. 1.3).

4. Визначити пониження у свердловинах при заданому дебіті, та його рівномірному збільшенню та зменшенню у всіх свердловинах на 20%.

Таблиця 1.3

Вихідні дані для проведення розрахунків

Номер свердловини, i		0	1	2	3	4	5
Координати їх розташування	x_i	400+20· j	500+20· j	200+20· j	100+20· j	500+20· j	200+20· j
	y_i	200+20· j	550	100+20· j	400+20· j	200+20· j	300
Дебіт Q_i , м ³ /сут		100	200	100	300	100	250
Пониження S_i , м		10	13	10	12	15	15

Увага! Індексація елементів масивів **MathCad** у починається від нуля.

Тут j – номер студента у списку групи. Приведений радіус усіх свердловин обчислити для періоду часу 3 роки при значенні питомої водовіддачі 0,25. Коефіцієнт фільтрації 5 м/добу, потужність водоносного горизонту 10+ j /2 м, радіус усіх свердловин 100 мм.

1.3. Лабораторна робота №3

Мета. Визначення припливу води до прибережного водозабору та оптимізація водовідбору.

При виконанні роботи опрацьовуються такі засоби *MathCad*.

1. Використання масивів та індексів їх елементів.
2. Інтегрування та диференціювання.
3. Визначення коренів нелінійного рівняння.
4. Побудова та редагування двовимірних графіків та поверхонь на основі числового масиву.

Математична модель. Напірний водоносний горизонт обмежений в плані прямолінійною межею (рікою), на якій підтримується сталий рівень води H_0 (рис. 3). На відстані L від межі рівень підземних вод дорівнює H_L . У водоносному горизонті розміщено N свердловин; що відбирають воду, координати місць розташування яких $(x_{0,i}, y_{0,i})$, дебїти – Q_i . Внаслідок постійного відкачування рівень підземних вод знижений відносно його початкового положення H_0 .

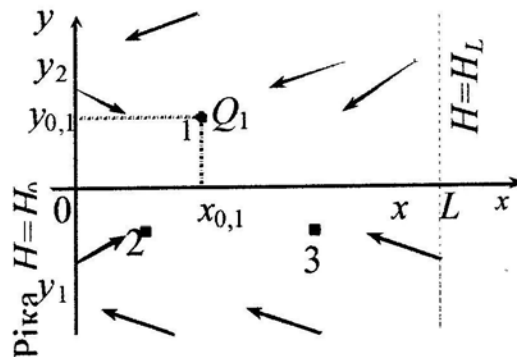


Рис. 3. Схема фільтрації в районі прибережного водозабору

Рівень підземних вод до роботи свердловин H_0 наближено визначається за лінійною залежністю (8):

$$H_0(x) = H_r + (H_L - H_r)x/L, \quad (8)$$

При варіанті після початку відкачки рівень H_0 визначається як різниця між початковим рівнем H_e та пониженням S :

$$H(x, y) = H_0(x) - S(x, y). \quad (9)$$

Розрахунок пониження рівня підземних вод для одиночної свердловини, позначеної індексом « i », має вигляд [7]:

$$S_i(x, y) = \frac{Q_i}{2\pi T} \ln \left(\frac{r(x + x_{0,i}, y - y_{0,i})}{r(x - x_{0,i}, y - y_{0,i})} \right), \quad (10)$$

де $r(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Пониження рівня води в результаті роботи N свердловин визначається шляхом підсумовування понижень під їх впливом:

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^N S_i(x, y). \quad (11)$$

Потік води через ділянку межі водоносного горизонту з координатами $(0, y_1)$ та $(0, y_2)$ розраховується за формулою (12):

$$Q_r = \int_{y_1}^{y_2} q(y) dy, \quad (12)$$

де q – питомий приплив на одиницю довжини ріки, $\text{м}^2/\text{добу}$;

$$q(y) = -T \left. \frac{\partial H(x, y)}{\partial x} \right|_{x=0}.$$

Середня мінералізація відкачуваних вод складе:

$$C_s = \frac{C_{gw} Q_{gw} + C_r Q_r}{Q_{sum}}, \quad (13)$$

де C_{gw} , C_r – мінералізація підземних і річкових вод, г/л ; Q_{gw} , Q_r – їхні припливи до свердловин, $\text{м}^3/\text{добу}$.

Порядок виконання. Використовуючи програму, лістинг якої наведено у кінці цього пункту, виконати такі завдання.

1. Визначити сумарний приплив річкових та підземних вод до водозабору при заданих параметрах. Побудувати карту пониження рівня підземних вод та графік питомого припливу через межу водоносного горизонту. Визначити ширину ділянки, де відбувається приплив з ріки до водоносного горизонту. Знайти сумарний приплив і мінералізацію відкачуваних вод.

2. Змінюючи координати свердловин в заданій прямокутній області $(x_1 < x < x_2, y_1 < y < y_2)$, домогтися мінімальної мінералізації відкачуваної води при заданому і подвоєному дебіті. Відстань між свердловинами має бути не менше L_{min} , сформоване пониження – не більше S_{max} . Побудувати карту рівня підземних вод при отриманому розташуванні свердловин.

3. Змінюючи дебіти свердловин при збереженні їх сумарного дебіту і дотримуючись умови $Q_i \geq 100 \text{ м}^3/\text{добу}$, домогтися мінімальної мінералізації відкачуваної води. Обмеження на параметри L_{min} та S_{max} аналогічні завданню 2. Побудувати карту рівня підземних вод при визначених дебітах.

Вихідні дані:

$T = 200 + 10 \cdot j \text{ м}^2/\text{добу}$, $m = 10 + 1 \cdot j \text{ м}$; $L = 800 \text{ м}$, $H_0 = 30 \text{ м}$, $H_L = 31 \text{ м}$;
 $x_1 = 100 + 20 \cdot j \text{ м}$; $x_2 = 500 + 20 \cdot j \text{ м}$; $y_1 = 0 \text{ м}$, $y_2 = 500 \text{ м}$; $L_{min} = 60 + 5 \cdot j \text{ м}$;
 $S_{max} = 2 + 0.1 \cdot j \text{ м}$; $C_{gw} = 0,3 \text{ г/л}$, $C_r = 1,0 \text{ г/л}$; $S_{max} = 10 \text{ м}$;
 $Q_0 = 200 + 20 \cdot j \text{ м}^3/\text{добу}$, $Q_1 = 300 - 20 \cdot j \text{ м}^3/\text{добу}$, $Q_2 = 400 - 20 \cdot j \text{ м}^3/\text{добу}$;
 $Q_3 = 150 + 10 \cdot j \text{ м}^3/\text{добу}$, $Q_4 = 300 - 20 \cdot j \text{ м}^3/\text{добу}$, $Q_5 = 400 - 20 \cdot j \text{ м}^3/\text{добу}$.
 j – номер по списку в журналі групи.

1.4. Лабораторна робота №4

Мета. Визначення коефіцієнта запасу стійкості ґрунтового схилу.

При виконання роботи опрацьовуються такі засоби *MathCad*.

1. Використання масивів.
2. Програмування простих циклів (знаходження мінімуму, максимуму).
3. Розв'язання системи двох нелінійних рівнянь.
4. Побудова одновимірних графіків з представленням точкових даних.

Математична модель. В однорідних ґрунтах, яким властиві тертя і зчеплення, розвиваються зсуви обертання, які є результатом зсуву масиву ґрунту по поверхні, близькій до кругло циліндричної [8]. Перевірочні розрахунки схилів для зсувів, які вже відбулись, показали, що метод круглоциліндричних поверхонь ковзання дає певний запас.

Сутність цього методу полягає у визначенні коефіцієнта надійності γ_n як відношення моменту утримуючих сил M_{rt} до моменту сил, що зрушують M_s :

$$\gamma_n = \frac{M_{rt}}{M_s}. \quad (14)$$

Спочатку задається центр обертання O схилу AB (рис. 4) і проводять слід круглоциліндричної поверхні радіусом R через точку A . Призму зрушення ABC ділять вертикальними лініями на n відсіків. Підсумовують силу ваги кожного відсіку з його зовнішнім навантаженням і зносять рівнодіючу на поверхню ковзання. Цю силу F_i для кожного відсіку розкладають на дві складові: N_i , що діє нормально до заданої поверхні ковзання, і T_i , дотичну до цієї поверхні. Крім того, враховують зчеплення ґрунту по всій поверхні ковзання і тертя по цій поверхні.

Якщо у виразі (14) чисельник і знаменник скоротити на R , то в остаточному вигляді отримаємо:

$$\gamma_n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i f_i + \sum_{i=1}^n C_i l_i + \sum_{i=j+1}^n T_{i,rt}}{\sum_{i=1}^j T_{i,s}}, \quad (15)$$

де f_i , C_i – відповідно коефіцієнт внутрішнього тертя і питоме зчеплення на i -тій ділянці поверхні ковзання, б/р, Па; l_i – довжина дуги поверхні ковзання на i -тій ділянці, м; $T_{i,rt}$ – дотична складова, спрямована проти руху призми зрушення; $T_{i,s}$ – дотична складова, спрямована по ходу руху призми зрушення; j – число відсіків, в межах яких дотична складова спрямована по ходу руху призми зрушення.

Через точку A можна провести безліч круглоциліндричних поверхонь. Однак, при розрахунку цікавить мінімальне значення коефіцієнта надійності. Для встановлення координат центра найбільш небезпечної кривої ковзання x_0 и z_0 використовується діаграма Янбу [8].

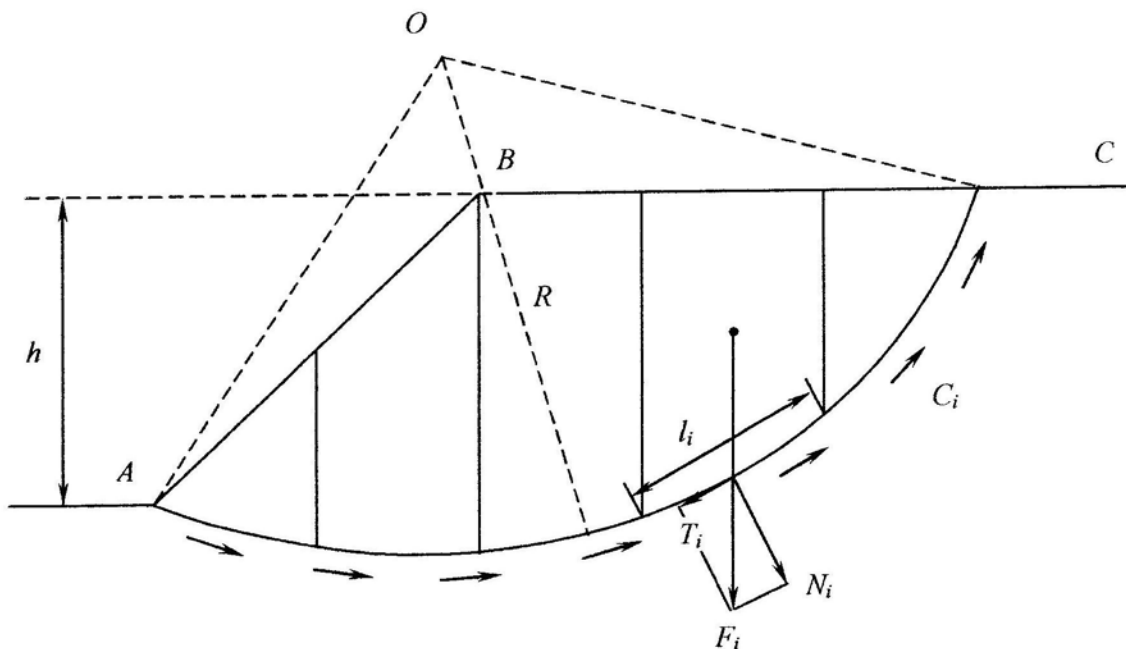


Рис. 4. Схема до визначення стійкості укосу методом круглоциліндричних поверхонь ковзання

Порядок виконання. Використовуючи програму, лістинг якої наведено у кінці цього пункту, виконати такі завдання.

1. Дотримуючись відповідності горизонтального та вертикального масштабів побудувати геометричний профіль ґрунтового укосу з кутом нахилу до горизонту α .

2. За допомогою діаграми Ямбу згідно заданих параметрів міцності визначити положення центру обертання для круглоциліндричної поверхні ковзання з мінімальним значенням коефіцієнта надійності.

3. В межах визначеної призми зсуву з урахуванням кількості розрахункових блоків задати координати їх вершин x_i та z_i .

4. Ввести значення координат блоків та виконати розрахунок коефіцієнту запасу стійкості схилу K .

5. Повторюючи п.п. 1–4 визначити коефіцієнт запасу стійкості схилу K при різних значеннях параметрів α , C , φ . Результати розрахунків представити у вигляді таблиці 1.4; зробити висновки щодо впливу параметрів C_s і φ_s на стійкість укосу.

Вихідні дані. Ґрунтовий схил висотою $H_s = 20$ м, довжиною a і кутом нахилу до горизонту α складений однорідною породою питомою вагою $\gamma_s = 18 \text{ кН/м}^3$.

Таблиця 1.4

Фізико-механічні властивості	K		
	$\alpha_1 = 20^\circ$	$\alpha_2 = 25^\circ$	$\alpha_3 = 30^\circ$
$C_1\varphi_1$			
$C_2\varphi_2$			
$C_3\varphi_3$			

$$C_1 = 10 + j/10 \text{ кН/м}^2, C_2 = 12 + j/10 \text{ кН/м}^2, C_3 = 15 + j/10 \text{ кН/м}^2;$$

$$\varphi_1 = 10 + j/10 \text{ град}, \varphi_2 = 15 + j/10 \text{ град}, \varphi_3 = 18 + j/10 \text{ град}.$$

1.5. Контрольні питання та завдання для перевірки умінь роботи в середовищі MathCad

Контрольні питання.

1. Описати структуру інтерфейсу в середовищі *MathCad*.
2. Описати порядок виконання програми в середовищі *MathCad* та основні оператори.
3. Пояснити призначення палітр інструментів (*Calculator, Graph, Matrix, Calculus, Boolean, Programming, Greek*) та основних кнопок на них.
4. Як використовувати вбудовані функції *MathCad*? Навести приклад п'яти вбудованих функцій.
5. Як задати й використовувати функції користувача? Навести приклад.
6. Які засоби використовуються для побудови одновимірних графіків виду $y = f(x)$?
7. Як визначити діапазони та індекси, створити одновимірний масив?
8. Як визначити діапазони та індекси, створити матрицю?
9. Як проводити арифметичні операції з елементами масивів та матриць (підсумовування, добутки та ін.)?
10. Як визначається та використовується умовний оператор?
11. Як здійснити читання з файлу та запис у файл?

Завдання для самостійної роботи та поточної перевірки умінь.

1. Робота з функціями.

Записати у програмі безперервну функцію двох або більшої кількості змінних виду $y = f(x, p_1, p_2, \dots)$. Всі аргументи функції, крім першого, вважати параметром і задавати фіксованими. Побудувати графік функції при трьох різних значеннях одного з параметрів.

Приклад
$$H(x, L, H_0, H_L) = \sqrt{H_0^2 + \frac{x}{L}(H_L^2 + H_0^2)}$$

2. Робота з одновимірним графіком.

У побудованому графіку змінити тип, колір лінії, її товщину, вид і розмір символу. Показати осі, сітку на графіку, змінити її колір. Вставити графік з *Mathcad* в документ *Word* з повним відображенням усіх ліній на графіку.

3. Створення та обробка одно- та двовимірних масивів.

Створити діапазони, одновимірні масиви й матриці. Знайти суму й добуток елементів матриці, її стовпчиків та рядків.

Приклад. Масив $a_i, i=1, \dots, 10$, матриця $B_{ij}, i=0, \dots, 3, j=0, \dots, 4$.

4. Введення та запис інформації з одно- та двовимірних масивів.

Ввести дані із зовнішнього файлу до масиву чи матриці та записати результати до іншого зовнішнього файлу. Створити графік функції, заданої двома одновимірними масивами. Приклад узяти з попереднього завдання.

5. Побудова з дво- та тривимірними графіками.

Побудувати матрицю на основі значень функції двох змінних у заданому діапазоні, показати її з у вигляді контурної карти та поверхні.

Приклад. Функція $S(x, y) = \frac{200}{2\pi \cdot 50} \ln\left(\frac{r(x+100.5, y-100)}{r(x-100.5, y-100)}\right)$, у діапазоні $0 < x < 200$, $0 < y < 200$ з кроком 1,0 уздовж обох координатних осей. Прийняти $r(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2}$.

6. Редагування дво- та тривимірних графіків.

Використовувати матрицю, побудовану в результаті виконання попереднього завдання. Виконати редагування зовнішнього вигляду карт, змінюючи колір, тип і підписи ізоліній. Побудувати векторну карту на основі матриці. Накласти дві карти на одному рисунку.

5. Рішення нелінійного рівняння і системи двох рівнянь.

Записати квадратичне рівняння та систему двох рівнянь з двома змінними. Використовуючи оператори *root*, *given*, *find*, виконати розрахунки при різних значеннях коефіцієнтів рівнянь.

Приклад. Система рівнянь має вигляд
$$\begin{cases} x^2 + z^2 = 1200, \\ y = 0.6x. \end{cases}$$

Залікові завдання з контролю знань та умінь роботи у програмі

1. Обчислити рівень підземних вод на ділянці прибережного водоносного горизонту довжиною 300 м від межі $x=0$ ($0 < x < 300$ м) з кроком dx м у моменти часу t_1 , t_2 за формулою (16):

$$H(x, t) = 50 + \Delta H \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right), \quad (16)$$

Результати представити на графіку кривими різного кольору, показати у вигляді таблиць та записати у зовнішній файл.

Варіанти розрахунків

№	a , м ² /добу	t_1 , діб	t_2 , діб	dx , м	ΔH , м
1	100	100	500	10	5
2	200	100	200	20	10
3	300	150	300	15	12
4	400	50	300	10	7
5	500	20	100	20	10

2. Побудувати графік поверхні рівня підземних вод у моменти часу t_1 , t_2 за формулою (17):

$$H_1(x, y, t) = H_0 - \frac{0,183Q}{K m} \lg\left(\frac{2,25at}{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}\right), \quad (17)$$

де x_0, y_0 – координати свердловини, $a = K m_0 / \mu$.

Сумістити дві поверхні на одному графіку в прямокутній ділянці водоносного горизонту ($0 < x < 200$ м, $0 < y < 200$ м). Значення параметрів $m = 10$ м, $\mu = 0,2$, $x_0 = 100$ м, $y_0 = 100,5$ м, $H_0 = 60$ м. Графік перенести до файлу *Word*.

Варіанти розрахунків

№	t_1 , діб	t_2 , діб	Q , м ³ /добу	K , м/добу
1	100	500	100	5
2	100	200	200	10
3	150	300	150	12
4	50	300	100	20
5	20	100	200	10

3. Пониження рівня підземних вод у водоносному горизонті навколо свердловини дебітом Q визначається за формулою (18):

$$S(r, t) = \frac{0,183Q}{Km} \lg\left(\frac{2,25at}{r^2}\right). \quad (18)$$

Визначити за допомогою функції *root*, на якій відстані від свердловини пониження дорівнюватиме S_0 . Показати на графіку дві криві депресії та положення точок із заданим пониженням при різних значеннях K . Значення параметрів: $m = 10$ м, $H_0 = 20$ м, $a = Km_0/\mu$, $\mu = 0,2$.

Варіанти розрахунків

№	t , діб	Q , м ³ /добу	K , м/добу	S_0 , м
1	500	100	5; 10	2
2	200	200	10; 20	0,5
3	300	150	3; 6	1
4	300	100	2; 50	1
5	100	200	10; 20	0,5

4. Показати на графіку положення схилу висотою H при кутах нахилу α_1 та α_2 . Контури показати лініями різного кольору. За діаграмою Янбу визначити положення двох точок – центрів кіл ковзання, показати їх на графіках. Параметри H , α_1 , α_2 зчитати із зовнішнього файлу, інші задати в програмі. Прийняти $\gamma = 18$ кгс. Графік перенести до файлу *Microsoft Word*.

Варіанти розрахунків

№	H , м	α_1, α_2 , град	C , кН/м ²	ϕ , град
1	40	20, 15	10	10
2	20	20, 25	12	13
3	30	20, 30	14	16
4	30	15, 25	16	20
5	20	20, 30	12	15

Список літератури

1. Васильев А.Н. MathCad 13 на примерах. – СПб.: БХВ - Петербург, 2006. – 528 с.: ил.
2. Силин-Бекчурин А.И. Динамика подземных вод. С основами гидравлики [Текст] / А.И. Силин-Бекчурин. – М.: МГУ, 1965. – 380 с.
3. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем / С.В. Васильев, Н.Н. Веригин, Б.А. Глейзер и др. – М.: Колос, 1970. – 440 с.
4. Бочеввер Ф.М. Основы гидрогеологических расчетов [Текст] / Ф.М. Бочеввер, И.В. Гармонов. – М.: Недра, 1969. – 357 с.
5. Справочное руководство гидрогеолога [Текст] / В.М. Максимов, В.Д. Бабушкин, Н.Н. Веригин и др. – Л.: Недра, Т.1. – 1979. – 512 с.
6. Жернов И.Е. Динамика подземных вод [Текст] / И.Е. Жернов. – К.: Высшая школа, 1982. – 324 с.
7. Проектирование водозаборов подземных вод [Текст] / за ред. Ф.М. Бочеввера. – М.: Стройиздат, 1976. – 292 с.
8. Котов М.Ф. Механика грунтов в примерах. [Текст] / М.Ф. Котов. – М.: Высшая школа, 1968. – 271 с.

Формула для розрахунку напору у недосконалій свердловині:

$$Hn1(r0, a, t, lf) := Sn0 - \frac{0.183 \cdot Q0}{k \cdot m0} \cdot \left(\log\left(\frac{2.25a \cdot t}{r0^2}\right) + \zeta1(lf, m0, r0) \right)$$

$$\zeta1(lf, m, r0) := 2 \cdot \left(\frac{m}{lf} - 1 \right) \cdot \left(\ln\left(\frac{1.47 \cdot lf}{r0}\right) - 2.65 \cdot \frac{lf}{m} \right) \quad \zeta1(10, 20, 0.2) = 5.945$$

$\zeta1$ – поправка на недосконалість свердловини за ступінню перетину водоносного горизонту; lf – довжина фільтра; $Hn1$ – рівень у недосконалій свердловині.

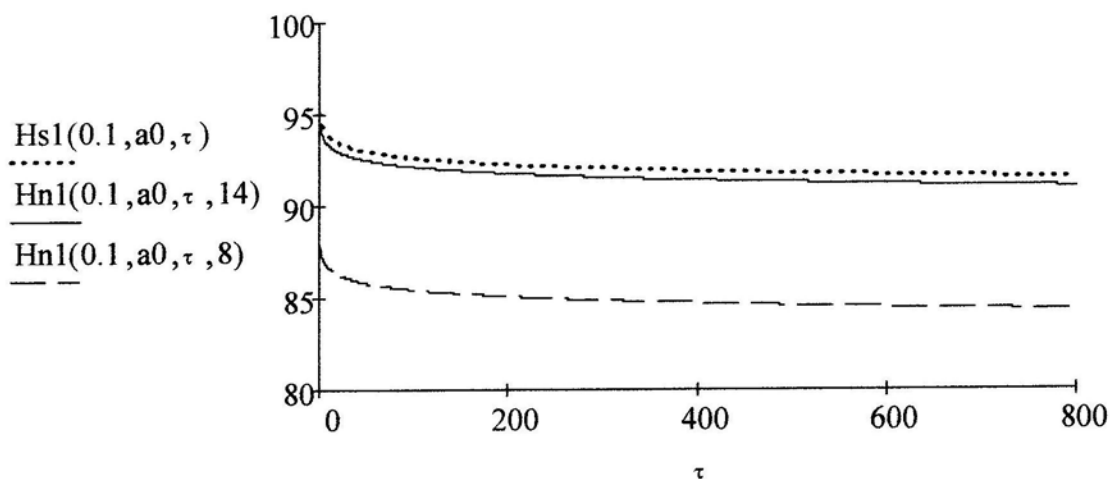


Рис. 3. Положення рівня води в досконалій $Hs1$ та в недосконалій $Hn1$ свердловинах однакового радіуса за різної довжини робочої частини фільтра та залежно від тривалості відкачування τ

Лабораторна робота №2

Розрахунок пониження у системі взаємодіючих свердловин

x, y – координати свердловин; kf – коефіцієнт фільтрації; sp – початковий рівень підземних вод; $m0$ – потужність водоносного горизонту; np – пористість; Tr – провідність; $a0$ – рівнепровідність; Q – дебіт; rs – радіус свердловин.

$i := 0.. 5$	$j := 0.. 5$	$np := 0.3$				
$x_0 := 400$	$y_0 := 200$	$kf_0 := 5$	$m0_0 := 15$	$Q_0 := 100$	$rs_0 := 0.1$	$sp_0 := 10$
$x_1 := 500$	$y_1 := 550$	$kf_1 := 5$	$m0_1 := 15$	$Q_1 := 200$	$rs_1 := 0.1$	$sp_1 := 13$
$x_2 := 200$	$y_2 := 100$	$kf_2 := 5$	$m0_2 := 15$	$Q_2 := 100$	$rs_2 := 0.1$	$sp_2 := 10$
$x_3 := 100$	$y_3 := 400$	$kf_3 := 5$	$m0_3 := 15$	$Q_3 := 300$	$rs_3 := 0.1$	$sp_3 := 12$
$x_4 := 500$	$y_4 := 200$	$kf_4 := 5$	$m0_4 := 15$	$Q_4 := 100$	$rs_4 := 0.1$	$sp_4 := 15$
$x_5 := 200$	$y_5 := 300$	$kf_5 := 5$	$m0_5 := 15$	$Q_5 := 250$	$rs_5 := 0.1$	$sp_5 := 15$

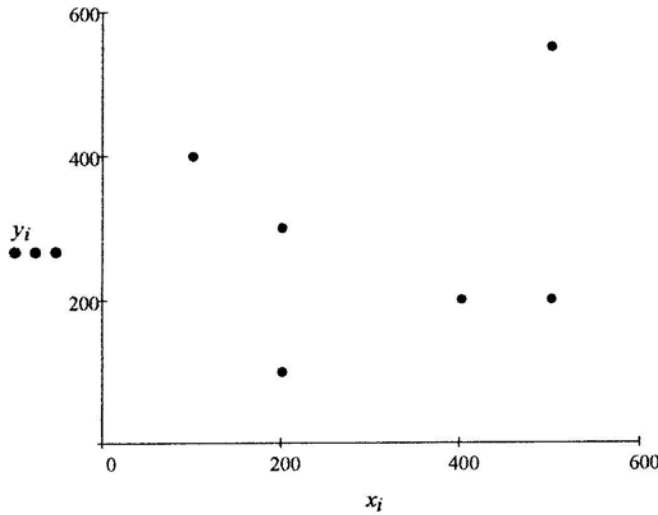


Рис. 1. Схема розташування свердловин у плані

$$Tp_i := kf_i \cdot m0_i \quad a0_i := \frac{Tp_i}{np} \quad Tp = \begin{pmatrix} 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \\ 75 \end{pmatrix} \quad a0 = \begin{pmatrix} 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \\ 250 \end{pmatrix}$$

Ts, as – середні значення провідності та рівнепровідності:

$$Ts := \text{mean}(Tp) \quad as := \text{mean}(a0)$$

$$Ts = 75 \quad as = 250$$

r – відстань між свердловинами; Rp, Rps – радіус впливу.

$$r(\xi, \eta) := \sqrt{\xi^2 + \eta^2}; \quad Rp(t) := 1.5\sqrt{as \cdot t}; \quad Rps := Rp(1000)$$

Spn – матриця системи рівнянь відносно дебіту свердловин:

$$Spn_{i,j} := \begin{cases} \left(\frac{0.366}{Tp_j} \cdot \log \left(\frac{Rps}{r(x_i - x_j, y_i - y_j)} \right) \right) & \text{if } i \neq j \\ \left(\frac{0.366}{Tp_j} \cdot \log \left(\frac{Rps}{rs_i} \right) \right) & \text{if } i = j \end{cases}$$

$$Spn = \begin{pmatrix} 0.019 & 1.532 \times 10^{-3} & 2.565 \times 10^{-3} & 1.552 \times 10^{-3} & 4.27 \times 10^{-3} & 2.565 \times 10^{-3} \\ 1.532 \times 10^{-3} & 0.019 & 6.93 \times 10^{-4} & 1.193 \times 10^{-3} & 1.615 \times 10^{-3} & 1.383 \times 10^{-3} \\ 2.565 \times 10^{-3} & 6.93 \times 10^{-4} & 0.019 & 1.83 \times 10^{-3} & 1.83 \times 10^{-3} & 2.801 \times 10^{-3} \\ 1.552 \times 10^{-3} & 1.193 \times 10^{-3} & 1.83 \times 10^{-3} & 0.019 & 1.096 \times 10^{-3} & 3.536 \times 10^{-3} \\ 4.27 \times 10^{-3} & 1.615 \times 10^{-3} & 1.83 \times 10^{-3} & 1.096 \times 10^{-3} & 0.019 & 1.83 \times 10^{-3} \\ 2.565 \times 10^{-3} & 1.383 \times 10^{-3} & 2.801 \times 10^{-3} & 3.536 \times 10^{-3} & 1.83 \times 10^{-3} & 0.019 \end{pmatrix}$$

Вирішення системи рівнянь відносно дебіту свердловин: $Qf := \text{lsolve}(Spn, sp)$

$$Qf = \begin{pmatrix} 201.056 \\ 542.966 \\ 302.762 \\ 418.014 \\ 595.101 \\ 545.629 \end{pmatrix}$$

Визначення сумарного дебіту свердловин: $Qsum := \sum_{i=0}^5 Qf_i$ $Qsum =$

$$2.606 \times 10^3$$

Визначення сумарного пониження $Sump$ у свердловинах при заданому дебіті: $Q_j := \frac{Qsum}{6}$ $k := 0..5$:

$$Sump_k := \begin{cases} \left[\frac{0.366}{Ts} \left[\sum_{j=0}^{k-1} \left(Q_j \cdot \log \left(\frac{Rps}{r(x_k - x_j, y_k - y_j)} \right) \right) \right] + \sum_{j=k+1}^5 \left(Q_j \cdot \log \left(\frac{Rps}{r(x_k - x_j, y_k - y_j)} \right) \right) \right] & \text{if } k > 0 \wedge k < 5 \\ \left[\frac{0.366}{Ts} \left[\sum_{j=1}^5 \left(Q_j \cdot \log \left(\frac{Rps}{r(x_k - x_j, y_k - y_j)} \right) \right) \right] \right] & \text{if } k = 0 \\ \left[\frac{0.366}{Ts} \left[\sum_{j=0}^4 \left(Q_j \cdot \log \left(\frac{Rps}{r(x_k - x_j, y_k - y_j)} \right) \right) \right] \right] & \text{if } k = 5 \end{cases}$$

$$Sump = \begin{pmatrix} 5.421 \\ 2.786 \\ 4.221 \\ 3.998 \\ 4.621 \\ 5.261 \end{pmatrix}$$

Лабораторна робота №3

Розрахунок припливу води до прибережного водозабору

x, y – координати свердловин; kf – коефіцієнт фільтрації; $m0$ – потужність водоносного горизонту; np – пористість; Tr – провідність; $a0$ – рівнепровідність; Q – дебіт свердловин.

$$i := 0..5 \quad j := 0..5 \quad np := 0.3$$

$$\begin{array}{llll} xs_0 := 405 & ys_0 := 200 & Q_0 := 300 & kf := 5 \quad m0 := 15 \\ xs_1 := 505 & ys_1 := 550 & Q_1 := 400 & \\ xs_2 := 210 & ys_2 := 100 & Q_2 := 400 & \\ xs_3 := 120 & ys_3 := 400 & Q_3 := 300 & \\ xs_4 := 520 & ys_4 := 200 & Q_4 := 600 & \\ xs_5 := 205 & ys_5 := 300 & Q_5 := 250 & \end{array}$$

$$T_p := k_f \cdot m_0 \quad a_0 := \frac{T_p}{np} \quad T_p = 75 \quad a_0 = 250$$

r – відстань між свердловинами; R_p, R_{ps} – радіус впливу:

$$r(\xi, \eta) := \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \quad R_p(t) := 1.5\sqrt{as \cdot t} \quad R_{ps} := R_p(1000) \quad R_{ps} = 750$$

Формула розрахунку пониження під час роботи одиночної свердловини:

$$S_0(x, y, Q_1, \xi, \eta) := \frac{Q_1}{2 \cdot \pi \cdot T_p} \cdot \ln\left(\frac{r(x + \xi, y - \eta)}{r(x - \xi, y - \eta)}\right)$$

Сумарне пониження рівня під час роботи декількох свердловин:

$$S_sum(x, y) := \sum_{i=0}^5 S_0(x, y, Q_i, x_{s_i}, y_{s_i})$$

$$i_1 := 0..600 \quad j_1 := 0..600$$

$$x_{i_1} := 0.5 + 1 \cdot i_1 \quad y_{j_1} := 0.5 + 1 \cdot j_1$$

$$S_s_{0_{i_1, j_1}} := S_sum(x_{i_1}, y_{j_1})$$

$$S_0(200, 100, Q_1, x_{s_1}, y_{s_1}) = 0.366$$

$$S_sum(200, 100) = 5.785$$

Рівень підземних вод до роботи свердловин:

$$H_0 := 20 \quad HL := 30 \quad L_v := 1500$$

$$H_e(x) := H_0 + (HL - H_0) \cdot \frac{x}{L_v}$$

Рівень підземних вод до роботи свердловин після початку відкачки:

$$H_s(x, y) := H_e(x) - S_sum(x, y) \quad H_{s_0_{i_1, j_1}} := H_s(x_{i_1}, y_{j_1})$$

Розрахунок припливу річкових вод: $f(y) := \frac{-T_p}{0.1} \cdot (H_s(0.1, y) - H_s(0, y))$;

$$FS(y_1, y_2) := \int_{y_1}^{y_2} f(\eta) d\eta.$$

f – питомий приплив; FS – сумарний приплив.

Визначення ділянки на березі ріки, де відбувається приплив у водоносний горизонт:

$$y_{10} := -200 \quad y_{11} := \text{root}(f(y_{10}), y_{10}) \quad y_{11} = -333.503$$

$$y_{20} := 600 \quad y_{21} := \text{root}(f(y_{20}), y_{20}) \quad y_{21} = 884.35$$

Визначення сумарного припливу з ріки до водоносного горизонту:

$$Q_river := FS(y_{11}, y_{21}) \quad Q_river = 883.559$$

Визначення сумарного дебіту свердловин: $Q_{sum} := \sum_{i=0}^5 Q_i \quad Q_{sum} = 2.25 \times 10^3$

Визначення середньої мінералізації відкачуваних вод, C_s : $C_gw := 0.3$; $C_r := 1$

$$C_s := \frac{C_r \cdot Q_river + C_gw \cdot (Q_{sum} - Q_river)}{Q_{sum}} \quad C_s = 0.575$$

C_gw – мінералізація підземних вод; C_r – мінералізація річкових вод.

Лабораторна робота №4

Визначення коефіцієнта запасу стійкості ґрунтового схилу

x_s, z_s – координати поверхні схилу; H_s – висота схилу; a – довжина схилу; α – кут нахилу до горизонту; Nsl – число відсіків для розрахунку; xsl, zsl – координати поверхні ковзання; $x0, z0$ – координати її центру; xsf, zsf – детальні координати поверхні схилу; C – сила зчеплення, кН/м^2 ; γ – питома вага, кН/м^3 ; φ – кут внутрішнього тертя, град.

1. Визначення контуру схилу.

$$H_s := 20 \quad \alpha := 30 \cdot \frac{2\pi}{360} \quad \alpha = 0.524 \quad a := H_s \cdot \cot(\alpha) \quad a = 34.641$$

$$\text{Точка біля підніжжя схилу: } x_{s1} := 0 \quad z_{s1} := 0$$

$$\text{Крайня точка зліва: } x_{s0} := -a \quad z_{s0} := 0$$

$$\text{Верхня точка схилу: } x_{s2} := a \quad z_{s2} := H_s$$

$$\text{Крайня точка праворуч: } x_{s3} := 2a \quad z_{s3} := H_s$$

$$\text{Діапазони координат схилу: } x_{min} := x_{s0} \quad x_{max} := x_{s3}$$

$$z_{min} := z_{s0} - \frac{H_s}{2} \quad z_{max} := z_{s3} + 5$$

2. Задання фізико-механічних властивостей порід масиву та визначення центру кола ковзання.

$$C_s := 10 \quad \varphi_s := 15 \cdot \frac{2\pi}{360} \quad \varphi_s = 0.262 \quad \gamma_s := 18 \quad \lambda := \gamma_s \cdot H_s \cdot \frac{\tan(\varphi_s)}{C_s} \quad \lambda = 9.646$$

$$x0 := x_{s1} + 0.3 \cdot H_s \quad x0 = 6 \quad z0 := z_{s1} + 1.8 \cdot H_s \quad z0 = 36$$

3. Положення крайніх точок кола ковзання на схилі.

$$\text{Перша точка у підніжжя схилу: } xsl_0 := x_{s1} \quad zsl_0 := z_{s1}$$

$$\text{Радіус кола ковзання: } Rsl := \sqrt{(x0 - xsl_0)^2 + (z0 - zsl_0)^2}$$

Друга точка визначається шляхом рішення системи рівнянь. Приблизне положення другої точки: $x := x_{s2} \quad z := H_s$

Перший можливий випадок: точка за гребінцем схилу. Уточнення її положення по системі рівнянь:

Given

$$(x0 - x)^2 + (z0 - z)^2 = Rsl^2 \quad z = H_s$$

$$\begin{pmatrix} xc0 \\ zc0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, z)$$

$$xc0 = 38.80243893 \quad zc0 = 20.$$

Перший можливий випадок: точка на схилі. Уточнення її положення по системі рівнянь:

Given

$$(x0 - x)^2 + (z0 - z)^2 = Rsl^2 \quad z = \tan(\alpha) \cdot x \quad \begin{pmatrix} xcl \\ zcl \end{pmatrix} := \text{Find}(x, z)$$

$$xcl = 40.17691454 \quad zcl = 23.19615242.$$

4. Положення поверхні ковзання. Задання кількості блоків:

$$Nsl := 9 \quad i := 1.. Nsl.$$

Вибір другої крайньої точки поверхні ковзання: $xsl_{Nsl} := xc0 \quad ysl_{Nsl} := zc0$

Розмір блока під час ділення поверхні ковзання: $dxsl := \frac{xsl_{Nsl} - xsl_0}{Nsl}$

$$dxsl = 4.311.$$

Визначення координат крайніх точок блоків по горизонталі: $xsl_i := xsl_0 + i \cdot dxsl$

Визначення вертикальних координат поверхні ковзання:

$$zsl_i := z0 - \sqrt{Rsl^2 - (x0 - xsl_i)^2}$$

	0
0	0
1	4.311
2	8.623
3	12.934
4	17.246
5	21.557
6	25.868
7	30.18
8	34.491
9	38.802

	0
0	0
1	-0.457
2	-0.402
3	0.168
4	1.279
5	2.985
6	5.385
7	8.662
8	13.191
9	20

Визначення вертикальних детальних координат поверхні схилу: $zsf_0 := z_s1$

$$zsf_i := \begin{cases} t \leftarrow z_s1 + \tan(\alpha) \cdot (xsl_i - x_s1) \\ t1 \leftarrow z_s2 \\ \min(t, t1) \end{cases}$$

	0
0	0
1	2.489
2	4.978
3	7.468
4	9.957
5	12.446
6	...

5. Розрахунок суми сил, що діють на частину схилу вище поверхні ковзання.

Визначення площі блоків, що пропорційна їх масі:

$$hsl_i := zsf_i - zsl_i \quad Sbl_i := \frac{(hsl_i - hsl_{i-1})}{2} \cdot dxsl_i.$$

Визначення координат розрахункових точок на лінії ковзання:

$$xc_sl_i := \frac{(xsl_i + xsl_{i-1})}{2} \quad zc_sl_i := \frac{(zsl_i + zsl_{i-1})}{2}$$

$$\text{Довжина лінії на поверхні ковзання: } ls_i := \sqrt{(xsl_i - xsl_{i-1})^2 + (zsl_i - zsl_{i-1})^2}$$

	0		0		0		0		0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2.947	1	6.352	1	2.156	1	-0.229	1	4.336
2	5.381	2	17.951	2	6.467	2	-0.43	2	4.312
3	7.299	3	27.334	3	10.778	3	-0.117	3	4.349
4	8.678	4	34.441	4	15.09	4	0.724	4	4.452
5	9.461	5	39.101	5	19.401	5	2.132	5	4.637
6	9.55	6	40.981	6	23.713	6	4.185	6	4.935
7	8.762	7	39.474	7	28.024	7	7.024	7	5.415
8	6.723	8	33.38	8	32.335	8	10.927	8	6.253
9	$-7 \cdot 10^{-15}$	9	14.492	9	36.647	9	16.595	9	8.059

$$\text{Визначення значень } \sin \text{ та } \cos \text{ кутів: } \sin \alpha_i := \frac{zsl_i - zsl_{i-1}}{ls_i} \quad \cos \alpha_i := \frac{dxsl}{ls_i}$$

$$\varphi_i := \varphi_s \quad \gamma_i := \gamma_s \quad Csl_i := Cs \quad f_{tr_i} := \tan(\varphi_i)$$

Визначення нормальних та дотичних складових сил:

$$Nf_i := Sbl_i \cdot \gamma_i \cdot \cos \alpha_i \quad Tf_i := Sbl_i \cdot \gamma_i \cdot \sin \alpha_i$$

	0		0		0		0		0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-0.106	1	0.994	1	0.268	1	0.262	1	18
2	0.013	2	1	2	0.268	2	0.262	2	18
3	0.131	3	0.991	3	0.268	3	0.262	3	18
4	0.25	4	0.968	4	0.268	4	0.262	4	18
5	0.368	5	0.93	5	0.268	5	0.262	5	18
6	0.486	6	0.874	6	0.268	6	0.262	6	18
7	0.605	7	0.796	7	0.268	7	0.262	7	18
8	0.724	8	0.69	8	0.268	8	0.262	8	18
9	0.845	9	0.535	9	0.268	9	0.262	9	18

Визначення сил, що утримують та зрушують:

$$Ts_s := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in i \\ s \leftarrow s + Tf_j \text{ if } Tf_j > 0 \end{cases} \quad Ts_r := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in i \\ s \leftarrow s + Tf_j \text{ if } Tf_j < 0 \end{cases}$$

$$Ts_s = 1.927 \times 10^3$$

$$Ts_r = -12.065.$$

Визначення коефіцієнта запасу стійкості схилу:

$$K_zap := \frac{\sum_{i=1}^{Nsl} (Nf_i \cdot f_{tr_i}) + \sum_{i=1}^{Nsl} (Csl_i \cdot ls_i) + Ts_r}{Ts_s}$$

$$K_zap = 0.785.$$

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гідрогеології та інженерної геології**

**ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ У СЕРЕДОВИЩІ MATHCAD**

**Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни
«Комп'ютерна обробка гідрогеологічної та
інженерно-геологічної документації»**

для студентів напрямку підготовки 6.040103 Геологія

Дніпропетровськ
НГУ
2014

Рудаков Дмитро Вікторович
Перкова Тетяна Іванівна

ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ У СЕРЕДОВИЩІ MATHCAD

Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни
«Комп'ютерна обробка гідрогеологічної та
інженерно-геологічної документації»

для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія

Редактор

Підписано до друку ____ р. Формат 30×42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,5.
Обл.-вид. арк. 1,5. Тираж 50 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.