

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский Государственный Университет
им. М. В. Ломоносова»

Механико-математический факультет

Кафедра вычислительной математики



Курсовая работа

**Особенности реализации объектов в графе
геолого-гидродинамического моделирования на языке Питон**
**Objects implementation features in Python workflow in static and
dynamic modeling**

Работу выполнил:

студент 3 курса Сибгатуллин Артур Петрович

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,

профессор К. Ю. Богачев

Москва, 2021

Оглавление

1.	Введение	2
	Список литературы	4

1. Введение

1.1. Координатная запись

1 уравнение: $H_t + 0.5(V\hat{H}_{\dot{x}} + (V\hat{H})_{\dot{x}} + HV_{\dot{x}}) = 0$

Распишем его в приведенных выше обозначениях, и выделим коэффициенты при H и V на $n + 1$ временном слое:

$$\frac{H_m^{n+1} - H_m^n}{\tau} + \frac{V(\hat{H}_{m+1}^n - \hat{H}_{m-1}^n)}{4h} + \frac{(V\hat{H}_{m+1}^n) - (V\hat{H}_{m-1}^n)}{2h} + \frac{H(V_{m+1}^n - V_{m-1}^n)}{2h} = 0$$

$$H_{m-1}^{n+1} \left(-\frac{V}{4h} - \frac{V_{m-1}^n}{2h} \right) + H_m^{n+1} \left(\frac{1}{\tau} \right) + H_{m+1}^{n+1} \left(\frac{V}{4h} + \frac{V_{m+1}^n}{2h} \right) + V_{m-1}^{n+1} 0 + V_m^{n+1} 0 +$$

$$V_{m+1}^{n+1} 0 + H \left(\frac{(V_{m+1}^n - V_{m-1}^n)}{2h} - \frac{1}{\tau} \right) = 0$$

2 уравнение:

$$H_{t,0} + 0.5((V\hat{H})_{x,0} + H_0 V_{x,0}) - 0.5h((HV)_{x\bar{x},1} - 0.5(HV)_{x\bar{x},2} +$$

$$+ H_0(V_{x\bar{x},1} - 0.5V_{x\bar{x},2})) = 0$$

Распишем его в приведенных выше обозначениях, и выделим коэффициенты при H и V на $n + 1$ временном слое:

$$\frac{H_0^{n+1} - H_0^n}{\tau} + 0.5 \left(\frac{V_0^n H_1^{n+1} - V_0^n H_0^{n+1}}{h} + H_0^n \left(\frac{V_1^n - V_0^n}{h} \right) \right) -$$

$$- \frac{h}{2} \left(\frac{H_0^n V_0^n - 2H_1^n V_1^n + H_2^n V_2^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{H_1^n V_1^n - 2H_2^n V_2^n + H_3^n V_3^n}{h^2} \right) \right) -$$

$$- \frac{h}{2} \left(H_0 \left(\frac{V_0^n - 2V_1^n + V_2^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_1^n - 2V_2^n + V_3^n}{h^2} \right) \right) \right) = 0$$

$$H_0^{n+1} \left(\frac{1}{\tau} - \frac{V_0^n}{2h} \right) + H_1^{n+1} \left(\frac{V_0^n}{2h} \right) + V_0^{n+1} 0 + V_1^{n+1} 0 - \frac{H_0^n}{\tau} + \frac{H_0^n (V_1^n - V_0^n)}{2h} -$$

$$- \frac{h}{2} \left(\frac{H_0^n V_0^n - 2H_1^n V_1^n + H_2^n V_2^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{H_1^n V_1^n - 2H_2^n V_2^n + H_3^n V_3^n}{h^2} \right) \right) -$$

$$- \frac{h}{2} \left(H_0 \left(\frac{V_0^n - 2V_1^n + V_2^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_1^n - 2V_2^n + V_3^n}{h^2} \right) \right) \right) = 0$$

3 уравнение:

$$H_{t,M} + 0.5((V\hat{H})_{x,M} + H_0 V_{x,M}) - 0.5h((HV)_{x\bar{x},M-1} - 0.5(HV)_{x\bar{x},M-2} +$$

$$+ H_M(V_{x\bar{x},M-1} - 0.5V_{x\bar{x},M-2})) = 0$$

Распишем его в приведенных выше обозначениях, и выделим коэффициенты при H и V на $n + 1$ временном слое:

$$\begin{aligned} & \frac{H_M^{n+1} - H_M^n}{\tau} + 0.5 \left(\frac{V_M^n H_{M-1}^{n+1} - V_M^n H_M^{n+1}}{h} + H_M^n \left(\frac{V_{M-1}^n - V_M^n}{h} \right) \right) - \\ & - \frac{h}{2} \left(\frac{H_M^n V_M^n - 2H_{M-1}^n V_{M-1}^n + H_{M-2}^n V_{M-2}^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{H_{M-1}^n V_{M-1}^n - 2H_{M-2}^n V_{M-2}^n + H_{M-3}^n V_{M-3}^n}{h^2} \right) \right) - \\ & - \frac{h}{2} \left(H_M \left(\frac{V_M^n - 2V_{M-1}^n + V_{M-2}^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_{M-1}^n - 2V_{M-2}^n + V_{M-3}^n}{h^2} \right) \right) \right) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & H_M^{n+1} \left(\frac{1}{\tau} - \frac{V_M^n}{2h} \right) + H_{M-1}^{n+1} \left(\frac{V_M^n}{2h} \right) + V_M^{n+1} 0 + V_{M-1}^{n+1} 0 - \frac{H_M^n}{\tau} + \frac{H_M^n (V_{M-1}^n - V_M^n)}{2h} - \\ & - \frac{h}{2} \left(\frac{H_M^n V_M^n - 2H_{M-1}^n V_{M-1}^n + H_{M-2}^n V_{M-2}^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{H_{M-1}^n V_{M-1}^n - 2H_{M-2}^n V_{M-2}^n + H_{M-3}^n V_{M-3}^n}{h^2} \right) \right) - \\ & - \frac{h}{2} \left(H_M \left(\frac{V_M^n - 2V_{M-1}^n + V_{M-2}^n}{h^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_{M-1}^n - 2V_{M-2}^n + V_{M-3}^n}{h^2} \right) \right) \right) = 0 \end{aligned}$$

4 уравнение:

$$V_t + \frac{1}{3}(V\hat{V}_{\dot{x}} + (V\hat{V})_{\dot{x}}) + \frac{p(H)_{\dot{x}}}{H} = \tilde{\mu}\hat{V}_{x\bar{x}} - \left(\tilde{\mu} - \frac{\mu}{H}\right)V_{x\bar{x}} + f$$

Распишем его в приведенных выше обозначениях, и выделим коэффициенты при H и V на $n + 1$ временном слое:

$$\begin{aligned} & \frac{V_m^{n+1} - V_m^n}{\tau} + \frac{1}{3} \left(V_m^n \frac{V_{m+1}^{n+1} - V_{m-1}^{n+1}}{2h} + \frac{V_{m+1}^n V_{m+1}^{n+1} - V_{m-1}^n V_{m-1}^{n+1}}{2h} \right) + \\ & + \frac{p(H)_{m+1}^n - p(H)_{m-1}^n}{2hH_m^n} - \tilde{\mu} \frac{V_{m-1}^{n+1} - 2V_m^{n+1} + V_{m+1}^{n+1}}{h^2} + \left(\tilde{\mu} - \frac{\mu}{H_m^n} \right) \frac{V_{m-1}^n - 2V_m^n + V_{m+1}^n}{h^2} - f_m^n = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & V_{m-1}^{n+1} \left(-\frac{V_m^n + V_{m-1}^n}{6h} - \frac{\tilde{\mu}}{h^2} \right) + V_m^{n+1} \left(\frac{1}{\tau} + \frac{2\tilde{\mu}}{h^2} \right) + V_{m+1}^{n+1} \left(\frac{V_m^n - V_{m+1}^n}{6h} - \frac{\tilde{\mu}}{h^2} \right) + \\ & + H_{m-1}^{n+1} 0 + H_m^{n+1} 0 + H_{m+1}^{n+1} 0 - \\ & - \frac{v_m^n}{\tau} + \frac{p(H)_{m+1}^n - p(H)_{m-1}^n}{2hH_m^n} + \left(\tilde{\mu} - \frac{\mu}{H_m^n} \right) \frac{V_{m-1}^n - 2V_m^n + V_{m+1}^n}{h^2} - f_m^n = 0 \end{aligned}$$

Список литературы

1. tNavigator User Guide, *Rock Flow Dynamics*, 2021
2. Калинин Н.В, Реализация взаимодействия графического приложения на C++ и языка Python для автоматизации рабочего процесса, *МГУ им. Ломоносова*, 2018
3. RFC 4122, ISO/IEC 9834-8:2005, *IETF*, 2005
4. Pybind11 Reference manual