

Работа №2. Моделирование динамического режима движения жидкости в простой гидравлической системе

- во всех трубах протекает однофазный поток жидкости, температура которого одинакова на всех участках;
- все трубы располагаются на одном уровне, в системе нет рециркуляционных (обратных) потоков, или рециклов, не учитываются местные сопротивления и перепады давлений в трубах, т. е. рассматриваются, так называемые короткие трубопроводы;
- системы включают только клапаны (вентили) с постоянными, неизменяющимися коэффициентами пропускной способности и закрытые емкости (аккумуляторы), давление газа в которых подчиняется идеальным законам;
 - газ в емкости - идеальный;
 - цилиндрическая форма закрытой емкости с площадью поперечного сечения S и геометрической высотой H^G ;
 - одинаковое давление газа P_N в емкостях, не заполненных жидкостью.

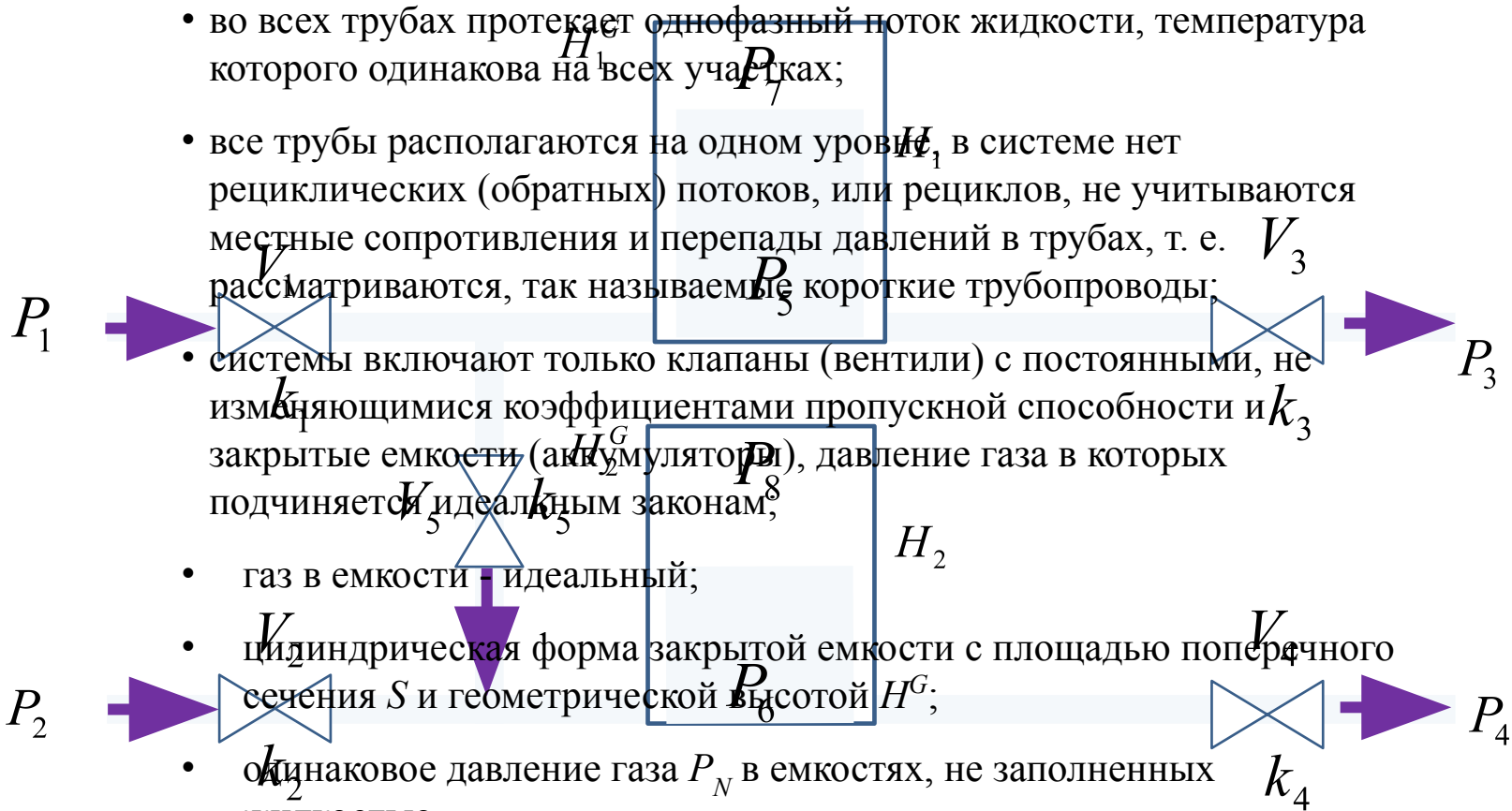


Схема простой гидравлической системы



МО (математическое описание)

$$1. V_1 = k_1 \sqrt{|P_1 - P_5|} \cdot \text{sgn}(P_1 - P_5)$$

$$2. V_2 = k_2 \sqrt{|P_2 - P_6|} \cdot \text{sgn}(P_2 - P_6)$$

$$3. V_3 = k_3 \sqrt{|P_5 - P_3|} \cdot \text{sgn}(P_5 - P_3)$$

$$4. V_4 = k_4 \sqrt{|P_6 - P_4|} \cdot \text{sgn}(P_6 - P_4)$$

$$5. V_5 = k_5 \sqrt{|P_5 - P_6|} \cdot \text{sgn}(P_5 - P_6)$$

$$6. V_1 - V_3 - V_5 = 0 \quad v_1 - v_3 - v_5 = \frac{dV_1^R}{dt}$$

$$7. V_2 + V_5 - V_4 = 0 \quad v_2 + v_5 - v_4 = \frac{dV_2^R}{dt}$$

$$8. P_5 = P_7 + \rho g H_1 = 0$$

$$9. P_7 = P_N \frac{H_1^G}{H_1^G - H_1} \quad V^R = S \cdot H$$

$$10. P_6 = P_8 + \rho g H_2 = 0$$

$$11. P_8 = P_N \frac{H_2^G}{H_2^G - H_2}$$

$$1. V_1 = k_1 \sqrt{|P_1 - P_5|} \cdot \text{sgn}(P_1 - P_5)$$

$$2. V_2 = k_2 \sqrt{|P_2 - P_6|} \cdot \text{sgn}(P_2 - P_6)$$

$$3. V_3 = k_3 \sqrt{|P_5 - P_3|} \cdot \text{sgn}(P_5 - P_3)$$

$$4. V_4 = k_4 \sqrt{|P_6 - P_4|} \cdot \text{sgn}(P_6 - P_4)$$

$$5. V_5 = k_5 \sqrt{|P_5 - P_6|} \cdot \text{sgn}(P_5 - P_6)$$

$$\frac{dH_1}{dt} = \frac{v_1 - v_3 - v_5}{S_1} \quad 6^* \frac{H_1(t^{(k)}) - H_1(t^{(0)})}{\Delta t} \cong \frac{v_1 - v_3 - v_5}{S_1} \equiv f_6$$

$$\frac{dH_2}{dt} = \frac{v_2 + v_5 - v_4}{S_2} \quad 6'$$

$$H_1(t^{(0)}) = H_1^{(0)}$$

$$7^* \frac{H_2(t^{(k)}) - H_2(t^{(0)})}{\Delta t} \cong \frac{v_2 + v_5 - v_4}{S_2} \equiv f_7$$

$$7' H_2(t^{(0)}) = H_2^{(0)}$$

$$8. P_5 = P_7 + \rho g H_1 = 0$$

$$9. P_7 = P_N \frac{H_1^G}{H_1^G - H_1}$$

$$10. P_6 = P_8 + \rho g H_2 = 0$$

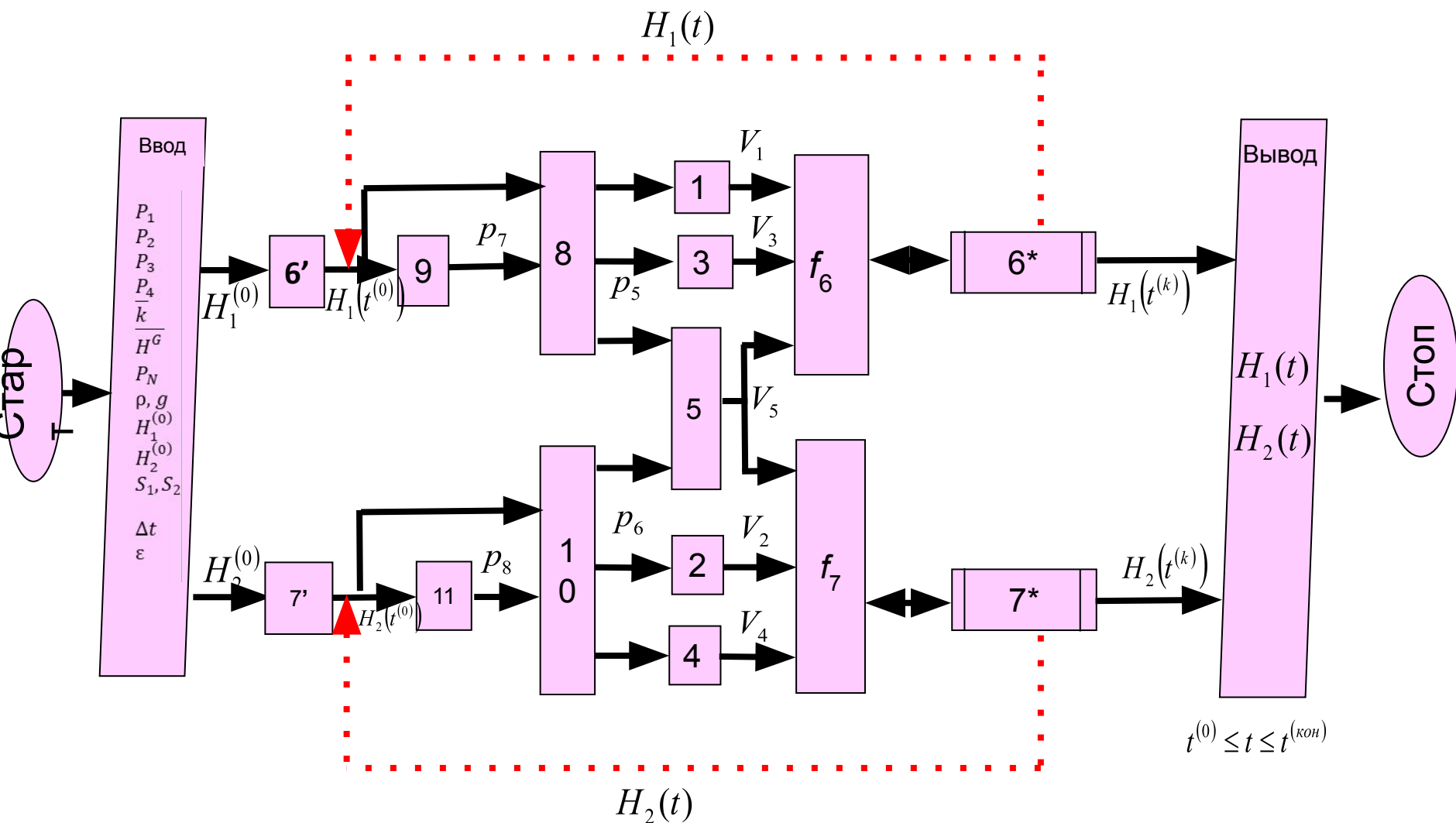
$$11. P_8 = P_N \frac{H_2^G}{H_2^G - H_2}$$



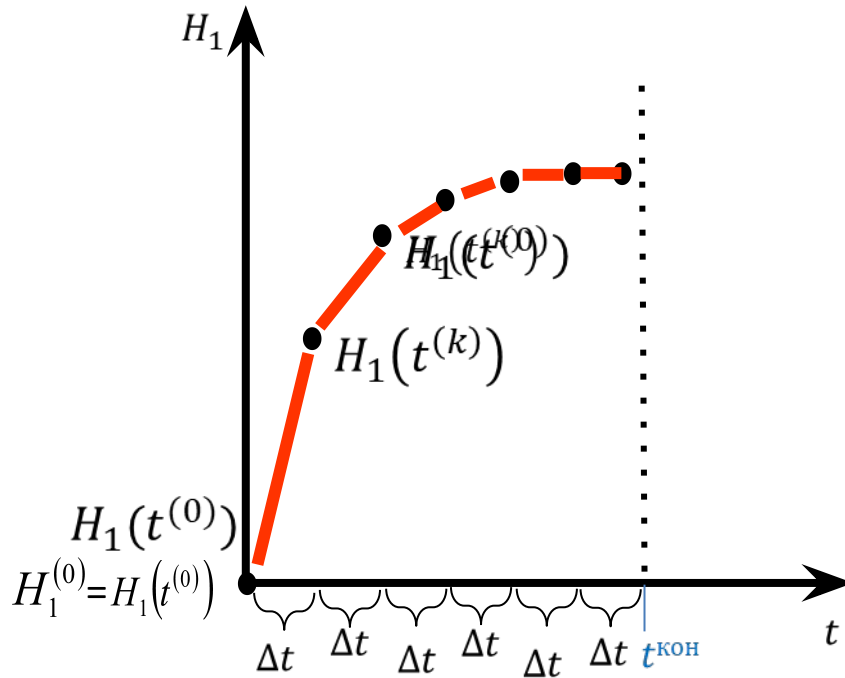
Информационная матрица (динамический режим)

| $n \setminus ?$ | V_1 | V_2 | V_3 | V_4 | V_5 | p_5 | p_6 | p_7 | p_8 | $H_1(t^0)$ | $H_1(t^k)$ | $H_2(t^0)$ | $H_2(t^k)$ | \underline{N}_0 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 6* | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 6' | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 7* | | | | | | | | | | | | | | 13 |
| 7' | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | 7 |

Блок-схема алгоритма поверочно-оценочного расчёта



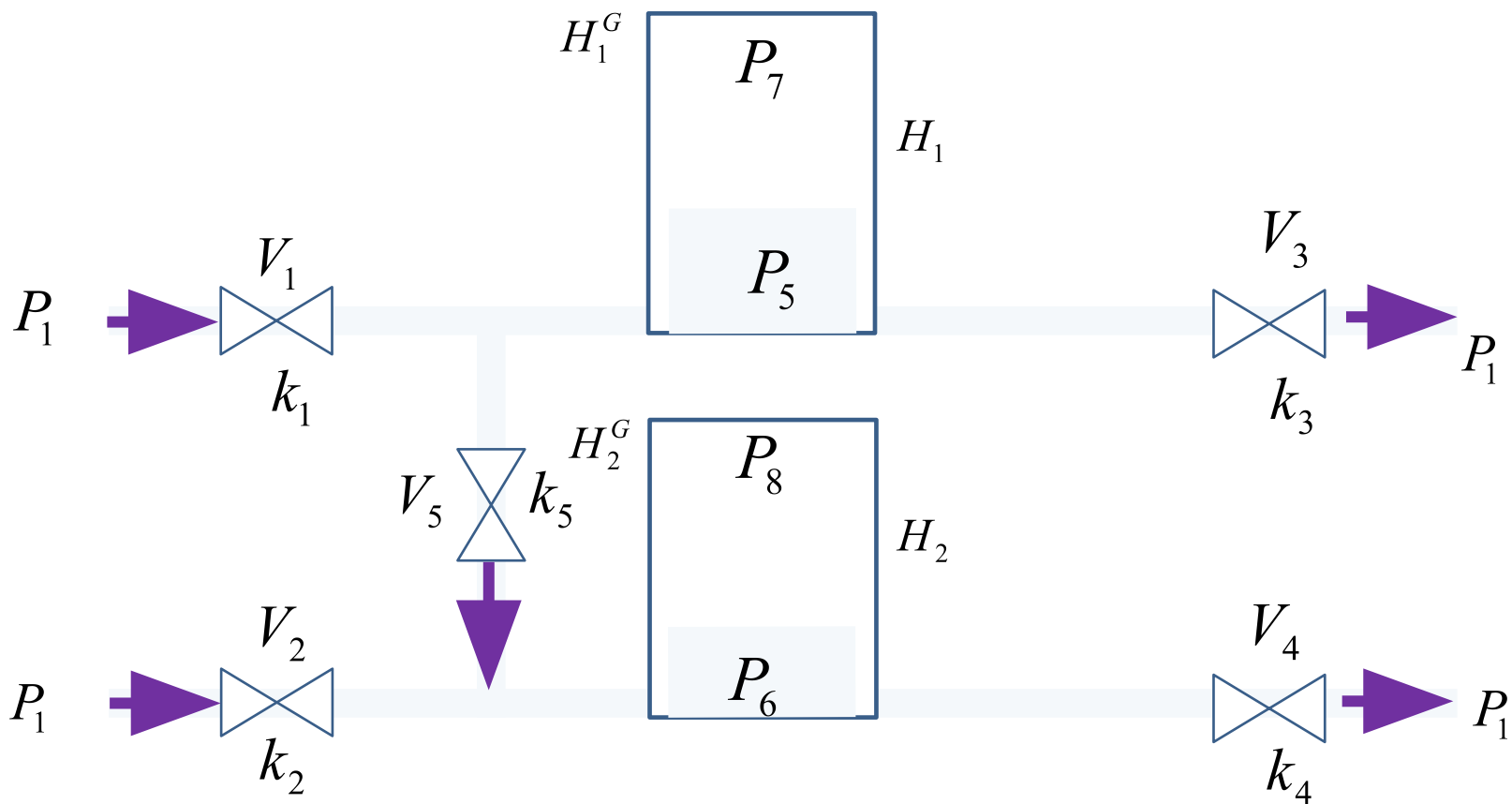
Графическая интерпретация метода Эйлера



$$\frac{H_1(t^{(k)}) - H_1(t^{(0)})}{\Delta t} \cong \frac{v_1 - v_3 - v_5}{S_1}$$

$$6^* \frac{H_1(t^{(k)}) - H_1(t^{(0)})}{\Delta t} \cong \frac{v_1 - v_3 - v_5}{S_1} \equiv f_6$$

Анализ параметрической чувствительности простой гидравлической системы



Работа на компьютере

Папка: Dinam

Файлы: fpr.m

 gidr_din_ode.m

Файл-функция:

Нужно изменить под свой вариант

Файл-программа:

Нужно изменить под свой вариант

The image displays two MATLAB windows side-by-side. The left window shows a function file named 'fpr.m'. The right window shows a script file named 'gidr_din_ode_1.m'. Both windows have a red box around the function name and global variables, with a large blue arrow pointing downwards from the box.

```
function F=fpr(t,h)
global ro
global pn
global p
global ak
global vm
global hg
global g
global v
global s
p(7) = pn * hg(1) / (hg(1) - h(1));
p(8) = pn * hg(2) / (hg(2) - h(2));
p(5) = p(7) + ro * g * h(1);
p(6) = p(8) + ro * g * h(2);
v(1) = ak(1) * sign(p(1) - p(5)) * sqrt(abs(p(1) - p(5)));
v(3) = ak(3) * sign(p(5) - p(3)) * sqrt(abs(p(5) - p(3)));
v(5) = ak(5) * sign(p(5) - p(6)) * sqrt(abs(p(5) - p(6)));
v(2) = ak(2) * sign(p(2) - p(6)) * sqrt(abs(p(2) - p(6)));
v(4) = ak(4) * sign(p(6) - p(4)) * sqrt(abs(p(6) - p(4)));
F=[(v(1)-v(3)-v(5))/s(1); (v(2)+v(5)-v(4))/s(2)];
vm=ro*v
end
```

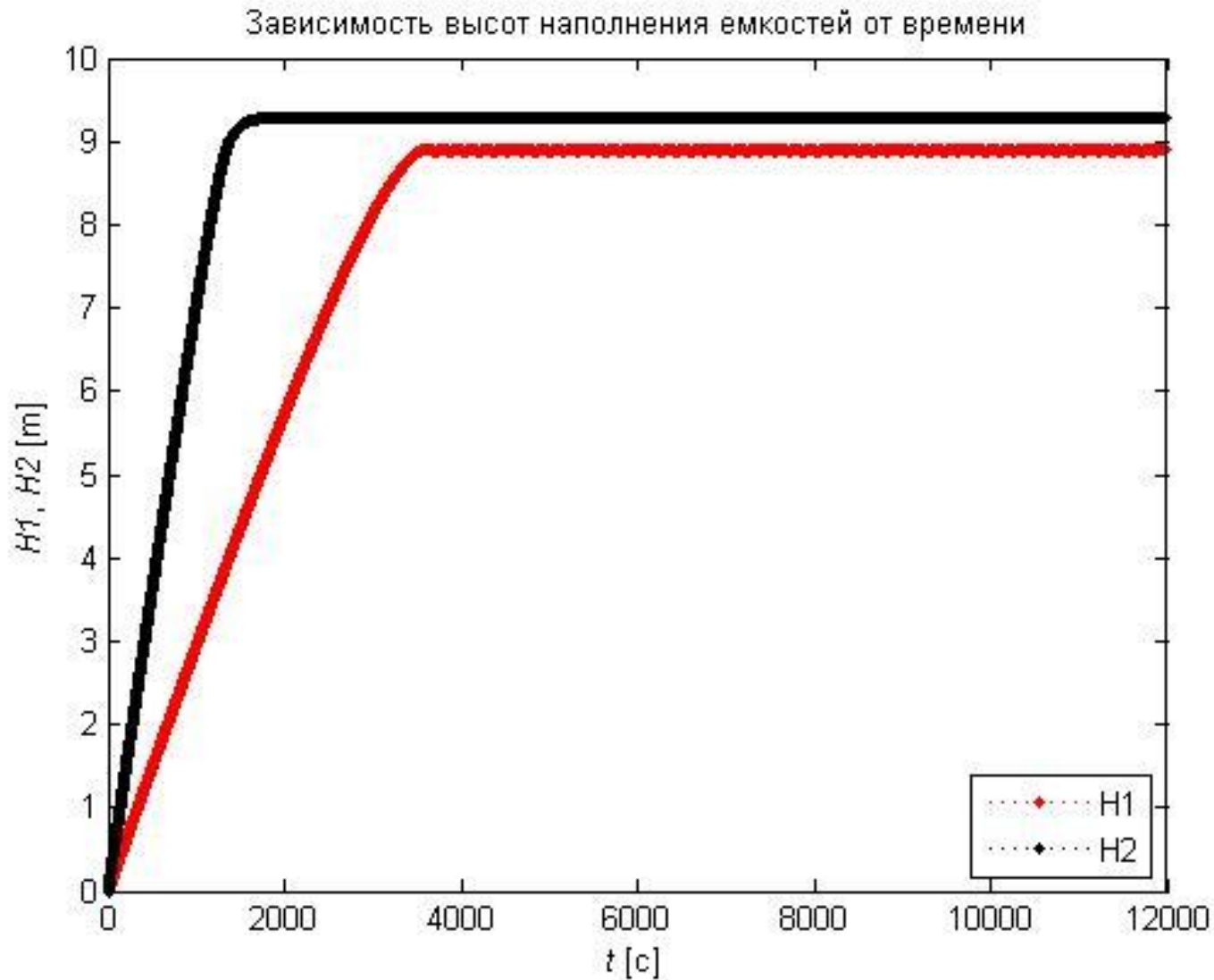
```
clc
% Динамика
global ro
global pn
global p
global ak
global vm
global hg
global g
global v
global s
np=8; nk=5; nv=11; s=[1,1]; g=9.815;
disp('Высота емкостей'); hg=[10,10];
disp('плотность (кг/м3)'); ro=1000;
disp('Начальное давление (Па)'); pn=100000;
disp('Площадь внутреннего проходного сечения трубопровода (м^2)'); S=
disp('Давление (1-4 5-8)'); p=[8000000, 2000000, 1000000, 1000000, 0
%disp('Коефф. пропускной способности (1-5)'); k=[0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01];
%disp('Коефф. пропускной способности (1-5)'); k=[0.01, 0.01, 0, 0, 0];
disp('Коефф. пропускной способности (1-5)'); k=[0.0, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01];
disp('Начальные условия, шаг'); t=[0:1:12000]; Y0=[0;0];
%перевод коэффициента открытия вентиля в величину, имеющую размерность
for i=1:5
    ak(i)=k(i)*S/sqrt(ro);
end
%СОДУ решается методом Рунге-Кутты 4-ого порядка
[T,Y]=ode45(@fpr,t,Y0);
plot(T,Y(:,1:11),'r','o')
```


Проведение расчётных исследований (симуляция)

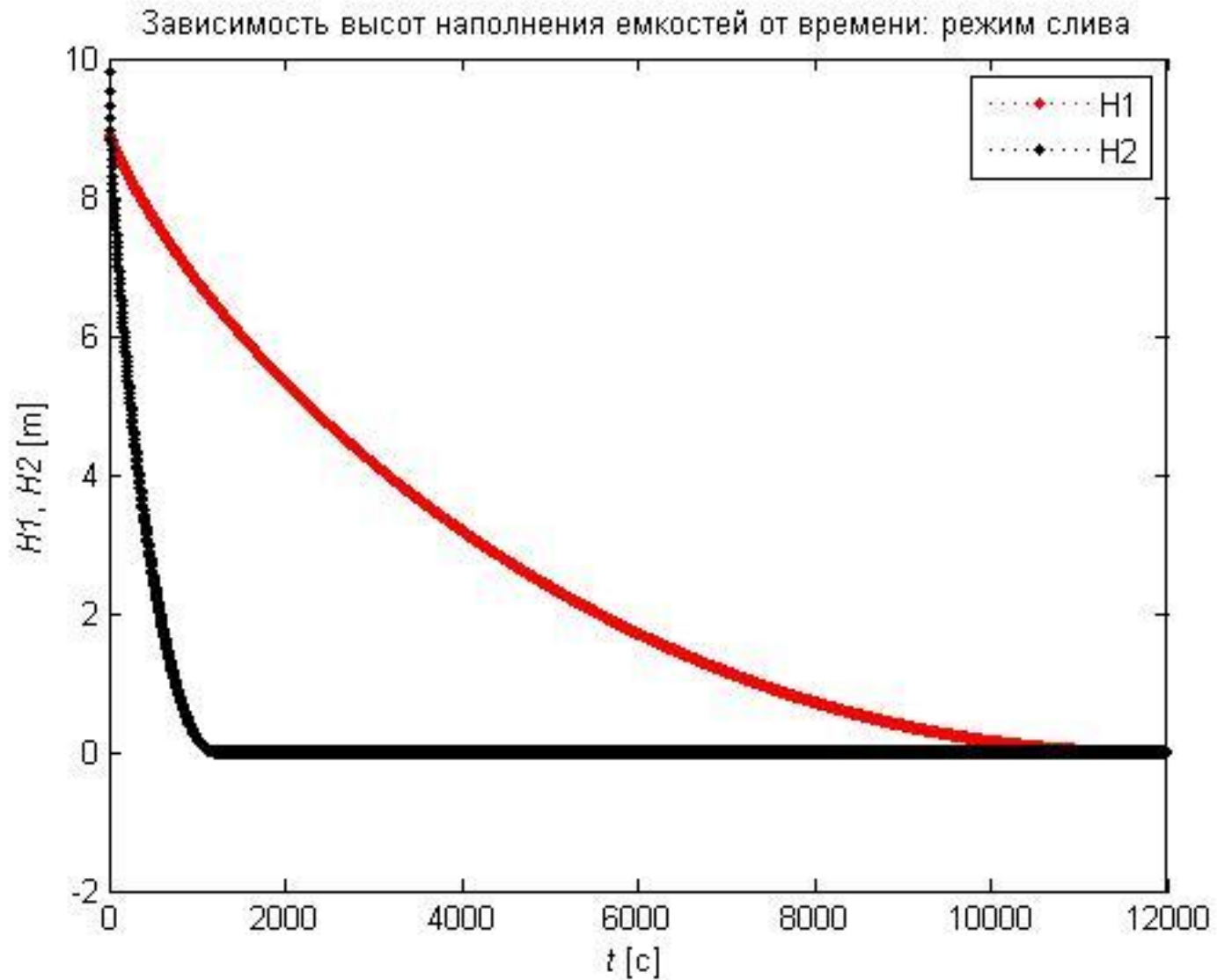
Посредством изменения значений входных переменных в файле-программе симулируем 3 ситуации:

1. Режим нормальной работы
2. Режим поломки одного из вентиляей
3. Режим слива жидкости из емкостей

Режим нормальной работы



Режим слива



Не забываем о
ВЫВОДАХ