

С.350

Б-245

Баращенко В.С. и др.

Б2-14-8970.



+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2945/1-45

Б 2-14-8970

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1975



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В.С.Барашенков, Т.С.Саламатина.

Б2-14-8970

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ИЗ ДВУХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ  
ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ.

Рукопись поступила  
в издательский отдел  
11 июня 1975

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИЯИ УФСА

Дубна, 1975.



## А Н Н О Т А Ц И Я

**Использование последовательных ядерных фильтров позволяет уменьшить влияние забивания. Составлена программа, рассчитывающая пропускную способность по отношению к жидкости и газу системы двух последовательных ядерных фильтров с различными диаметрами пор и различной пористостью.**

Составлена программа, позволяющая рассчитывать пропускную способность системы двух последовательных ядерных фильтров с диаметрами пор  $Z_1$  и  $Z_2$ , пористостями  $P_01$  и  $P_02$ , и толщинами  $L_1$  и  $L_2$  (см. рис. 1).

Входные данные: диаметр пор  $Z_1$  и  $Z_2$ , пористости  $P_01$  и  $P_02$ , толщина  $L_1$  и  $L_2$ .

Выходные данные: пропускная способность.

- $Z_1$  - диаметр пор первого фильтра [мм]
- $Z_2$  - диаметр пор второго фильтра [мм]
- $P_01$  - пористость первого фильтра [г/см<sup>3</sup>]
- $P_02$  - пористость второго фильтра [г/см<sup>3</sup>]
- $L_1$  - толщина первого фильтра [мм]



## 1. В В Е Д Е Н И Е.

Благодаря малой "пылеёмкости" ядерные фильтры быстро забиваются, поэтому для эффективного их использования необходимо применять различные способы принудительной очистки поверхности фильтра или использовать предфильтры.

Если загрязненность фильтруемой жидкости или газа не очень велика, то весьма эффективным оказывается использование в качестве предфильтра второго ядерного фильтра с большим диаметром пор, чем у основного фильтра. При этом несколько снижается пропускная способность фильтрующей системы, но вместе с тем уменьшается и её забиваемость, поэтому суммарное количество отфильтрованной жидкости или газа при соответствующем подборе параметров фильтров увеличивается.

Описанная ниже программа позволяет рассчитывать пропускную способность системы двух последовательных ядерных фильтров с диаметрами пор  $D_1$  и  $D_2$ , пористостями  $PO_1$  и  $PO_2$ , и толщинами  $Э_1$  и  $Э_2$  (см. рис. 1).

Программа написана на языке ФОРТРАН и реализована на ЭВМ "Минск-32".

## II. ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.

Вводными величинами являются:

- $D_1$  - диаметр пор предфильтра [мкм] ;
- $D_2$  - диаметр пор основного фильтра [мкм] ;
- $Э_1$  - толщина предфильтра [мкм] ;
- $Э_2$  - толщина основного фильтра [мкм] ;
- $PO_1$  - пористость предфильтра [ % ] ;



$PO_2$  - пористость основного фильтра [ % ] ;

$ЭТА$  - вязкость фильтруемого газа [ пуаз  $\times 10^4$  ] ;

$ЭТА1$  - вязкость фильтруемой жидкости [ пуаз  $\times 10^4$  ] ;

$N$  - число одновременно рассчитываемых случаев (рассчитывается  $N$  двухкратных фильтров, различающихся между собой значениями диаметров пор  $D_1 \neq D_2$  ;  $N \geq 1$  ).

Указанные величины приводятся на перфокартах в следующем порядке :

п/к 1 :  $N$ , вязкость фильтруемой среды  $ЭТА$  ;

п/к 2 :  $ЭЛ1, ЭЛ2, PO_1, PO_2, ЭТА, ЭТА1$  ;

п/к 3 :  $D_1, D_2$  - для 1-го случая ;

п/к 4 :  $D_1, D_2$  - для 2-го случая ;

п/к ( $N+2$ ) :  $D_1, D_2$  - для  $N$ -го случая.

Расчеты в полях выполняются в предположении, что выходное давление  $P_2 = 1$  атм (т.е. считается, что фильтрация производится под давлением  $\Delta P = P_1 - P_2$  в атмосферу; см. рис.1 ).

### II. ВИДАЧА РЕЗУЛЬТАТОВ.

Ниже на стр. 6 приводится бланк выдачи результатов.

Для контроля выданы входные данные  $PO_1, PO_2, Э 1, Э 2, P_2$ . Выданы объемы, проходящего через фильтр газа и воды при различных перепадах давления  $\Delta P$ .

### III. МЕТОД РАСЧЕТА.

Стационарное прохождение фильтруемой среды через два последовательных адерных фильтра описывается системой двух уравнений:

$$V_1 \left[ \frac{mm}{cm^2 \cdot sec} \right] = 316 \frac{PO_1 \cdot (D_1)^2}{ЭТА \cdot ЭЛ1} \cdot \frac{\Delta P_1 \cdot C_{P1}}{P_1} \left( 1 + \frac{0.893 \cdot \xi}{C_{P1} \cdot D_1} \right)$$



$$V_2 \left[ \frac{\text{мл}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}} \right] = 316 \frac{P_{O1} \cdot (D_2)^2}{\text{ЭТА} \cdot \text{ЭЛ}2} \cdot \frac{\Delta P_2 \cdot C_{P2}}{P} \left( 1 + \frac{0.893 \cdot \xi}{C_{P2} \cdot D_2} \right)$$

$$\left( V_{\text{жидк}} = V_{\text{газ}} \cdot 2 \cdot P / C_P \right)$$

при условии  $V_1 = V_2$  (см. рис. I).

Здесь  $\Delta P_1 = P_1 - P$ ,  $\Delta P_2 = P - P_2$ ,  $C_{P1} = (P_1 + P)/2$ ,  $C_{P2} = (P + P_2)/2$ ;  $\xi$  - поправочный коэффициент, равный 0,9 в случае фильтрации газа (постоянная Аддуми), и равный нулю при фильтрации жидкости [1,2].

Диаметры пор и толщины фильтров  $D_1, D_2$ ,  $\text{ЭЛ}1, \text{ЭЛ}2$  измеряются в мкм, все давления - в атмосферах, пористости  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  - в процентах, вязкость фильтруемой среды ЭТА - в единицах (пуаз.  $10^4$ )

Приравнивая правые части выражений для  $V_1$  и  $V_2$ , получим кубическое уравнение для определения величины промежуточного давления  $P$ :

$$P(x) = x^3 + Ax^2 + Bx + C = 0,$$

где коэффициенты

$$A = \frac{1}{D_1 \cdot \text{ЭЛ}1} \left[ 1,786 \cdot \xi \cdot \text{ЭЛ}1 + P_1 (D_2)^2 \cdot P_{O2} \cdot \text{ЭЛ}1 \right];$$

$$B = \frac{P_1}{D_1 \cdot \text{ЭЛ}1} \left[ 1,786 \cdot \xi \cdot \text{ЭЛ}2 - P_2 \text{ЭЛ}1 \cdot (1,786 + P_1 \cdot D_1) \right];$$

$$C = - \frac{P_1 \cdot P_2 \cdot \text{ЭЛ}2}{D_1 \cdot \text{ЭЛ}1} \left[ 1,786 \cdot \xi + D_2 \cdot P_2 \right];$$

$$\text{ЭЛ}1 = D_1 \cdot P_{O1} \cdot \text{ЭЛ}2; \text{ЭЛ}2 = D_2 \cdot P_{O2} \cdot \text{ЭЛ}1.$$

Для вычисления корней этого уравнения мы воспользовались методом скорейшего спуска с уточнением по исходному полиному  $P(x)$ . Эту часть расчетов выполняет стандартная программа SPQDP, входящая в математическое обеспечение ЭВМ "Минск-32" [3].

Пропускная способность  $V = V_1 = V_2$  вычисляется подстановкой значения промежуточного давления  $P$  в любое из приведенных выше выражений  $V_1$  и  $V_2$ .



## У. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ.

На рис. 2 показано изменение пропускной способности двух часто используемых на практике фильтров с диаметрами пор  $D=0,2$  и  $0,5$  мм в зависимости от применяемого предфильтра. (Пористости предфильтра и основного фильтра выбирались равными:  $P01 = P02 = 10\%$ ).

При использовании предфильтра с диаметром пор  $D1$  в 5-6 раз большим, чем  $D2$ , пропускная способность системы практически совпадает с пропускной способностью основного фильтра; при использовании предфильтра с диаметром пор  $D2 = D1$  пропускная способность системы вдвое меньше пропускной способности основного фильтра (в отношении пропускной способности такая система фактически эквивалентна ядерному фильтру с удвоенной толщиной  $3L2$ ).

Более реальные случаи располагаются между рассмотренными крайними.

## VI. РАСПЕЧАТКА ПРОГРАММЫ.

М. МИНСК-32

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ М0504

02.00.0

```
010 FUNCTION PR(AKSI, D1, D2, P01, P02, 3L1, 3L2, P1, P2)
020 DIMENSION A(3), R(3)
030 RR=1.
040 E=0.0001
050 A(1)=(1.786*AKSI*D1*P01*3L2+
060 +D2**2*P02*P1*3L1)/(D1**2*P01*3L2)
070 A(2)=(1.786*AKSI*P1*3L1*D2*P02+
080 +P1**2*D1**2*P01*3L2-1.786*AKSI*D1*P1*
090 +P01*3L2)/(D1**2*P01*3L2)
100 A(3)=(-D2**2*P2**2*P1*P02*3L1-
110 +1.786*AKSI*D2*P02*P2*P1*3L1)/(D1**2*P01*3L2)
120 CALL SPQDR(R, A, RR, E, 2M11)
130 DO 11 K=1, 3
140 IF(R(K), LE, 0.) GO TO 11
150 PR=R(K)
160 11 CONTINUE
170 RETURN
180 END
```



```

010 010      DIMENSION V1(25),V2(25)
010 020      АКСИ=0.9
010 030      АКС2=0.
010 040      P2=1.
010 050      READ(BK1,100)M
010 060      READ(BK1,1)3L1,3L2,P01,P02,3TA,3TA1
010 070      DO 90 KK=1,M
010 080      READ(BK1,2)D1,D2
010 090      WRITE(ПЧ1,6)D1,D2,P2,P01,P02,3L1,3L2
010 100      WRITE(ПЧ1,9)
010 110      WRITE(ПЧ1,11)
010 120      WRITE(ПЧ1,9)
010 130      DP=0.1
010 140      DO 8 I=1,15
010 150      P1=P2+DP
010 160      P=PR(АКСИ,D1+D2,P01,P02,3L1,3L2,P1,P2)
010 170      V1(I)=((316.*P01*D1**2+(P1-P)*((P1+P)/
010 180      *2.))/(3TA*3L1*P1))*((1.-(10.893*АКСИ)/
010 190      *(((P1+P)/2.)*D1)))
010 200      V1(I)=V1(I)*0.06
010 210      30      A1=P01*D1**2/3L1
010 220      A2=P02*D2**2/3L2
010 230      V2(I)=(632./3TA1)*A1*A2*(P1-1.)/(A1+A2)
010 240
010 250
010 260      WRITE(ПЧ1,4)DP,V1(I),V2(I)
010 270      IF(DP.LT,1.) GO TO 5
010 280      DP=DP*2
010 290      GO TO 8
010 300      5 DP=DP+0.1
010 310      8 CONTINUE
010 320      WRITE(ПЧ1,9)
010 330      90 CONTINUE
010 340      4 FORMAT(20X,1H:,F7.1,5X,1H:,E14.2,6X,
010 350      *1H:,E14.2,6X,1H:)
010 360      100 FORMAT(I2)
010 370      1 FORMAT(6F6.2)
010 380      2 FORMAT(2F4.1)
010 390      6 FORMAT(///30X,3HD1=,F4.1,
010 400      *5X,3HD2=,F4.1,5X,3HP2=,F4.1/
010 410      */19X,4HP01=,F4.1,6H/ПРОЦ/,4X,4HP02=,F4.1,6H/
010 420      *ПРОЦ/,4X,3HL1=,F4.1,2HMK,4X,3HL2=,F4.1,2HMK///)
010 430      9 FORMAT(20X,56H.....)
010 440      *.....)
010 450      11 FORMAT(20X,1H:,5X,2HDP,5X,1H:,
010 460      *5X,8HV/ВОЗД./,7X,1H:,6X,7HV/ВОДА/,
010 470      *7X,1H:/20X,1H:,3X,5H(ATM),4X,1H:,
010 480      *3X,14H(Л/КВ СМ МИН.),3X,1H:,3X,
010 490      *15H(МЛ/КВ СМ МИН.),2X,1H:)
010 500      STOP
010 510      END

```



D1 = 1.0

D2 = 0.2

P2 = 1.0

P01 = 10.0 / ПРОЦ /

P02 = 10.0 / ПРОЦ /

L1 = 10.0 МК

L2 = 10.0 МК

DP (АТМ)	V / ВОЗД. / (Л / КВ СМ МИН.)	V / ВОДА / (МЛ / КВ СМ МИН.)
0.1	0.17+000	0.24-001
0.2	0.32+000	0.49-001
0.3	0.46+000	0.73-001
0.4	0.57+000	0.97-001
0.5	0.68+000	0.12+000
0.6	0.77+000	0.15+000
0.7	0.86+000	0.17+000
0.8	0.94+000	0.19+000
0.9	0.10+001	0.22+000
1.0	0.11+001	0.24+000
3.0	0.20+001	0.73+000
5.0	0.25+001	0.12+001
7.0	0.30+001	0.17+001
9.0	0.35+001	0.22+001
11.0	0.39+001	0.27+001



ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1. Система двух последовательных ядерных фильтров. В стационарных условиях через любое поперечное сечение системы проходит одинаковый объем жидкости или газа.

Рис.2. Пропускная способность системы двух последовательных ядерных фильтров с равной пористостью  $PO1 = PO2 = 10\%$  в зависимости от перепада давления на системе  $=P1-P2$ .

- диаметр пор основного фильтра в мкм.

Диаметры пор предфильтров:

1. -  $D = 3$  мкм; 2. -  $D = 1$  мкм;  
3 -  $D = 0,5$  мкм; 4. -  $D = 1$  мкм;  
5. -  $D = 0,5$  мкм; 6. -  $D = 0,2$  мкм.



ЛИТЕРАТУРА:

1. С. Дашман; Научные основы вакуумной техники, изд-во ИИ, М., 1950.
2. В.С. Барашенков, Т.С. Саламатина; Расчет на ЭВМ параметров ядерных фильтров, депонированная публикация ОИЯИ БЛ-14-8803, Дубна, 1974.
3. Математическое обеспечение ЭВМ "Мичек-32" ( выпуск 1).

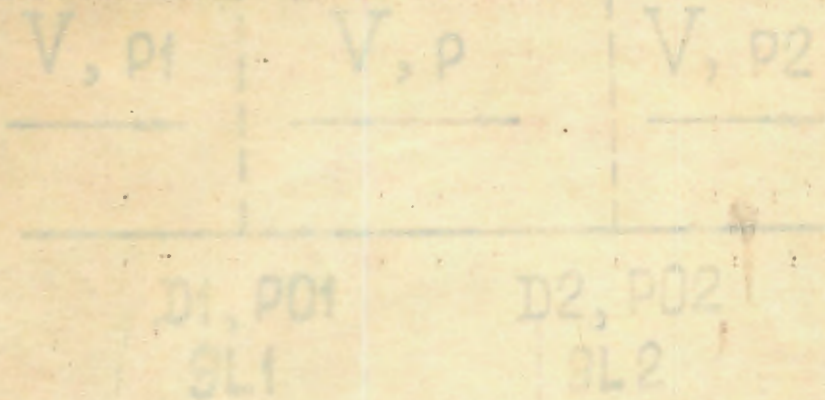


рис. 1

Саша  
ВЮа



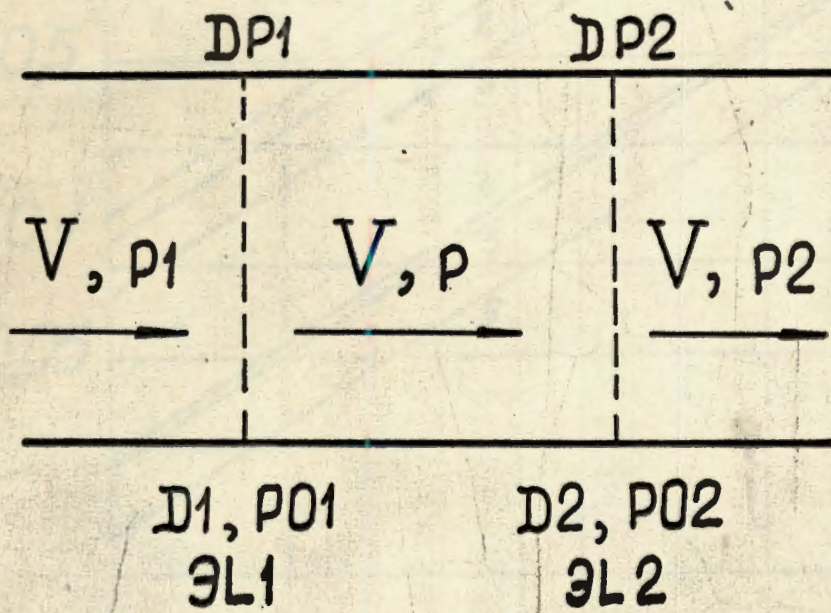


Рис. 1



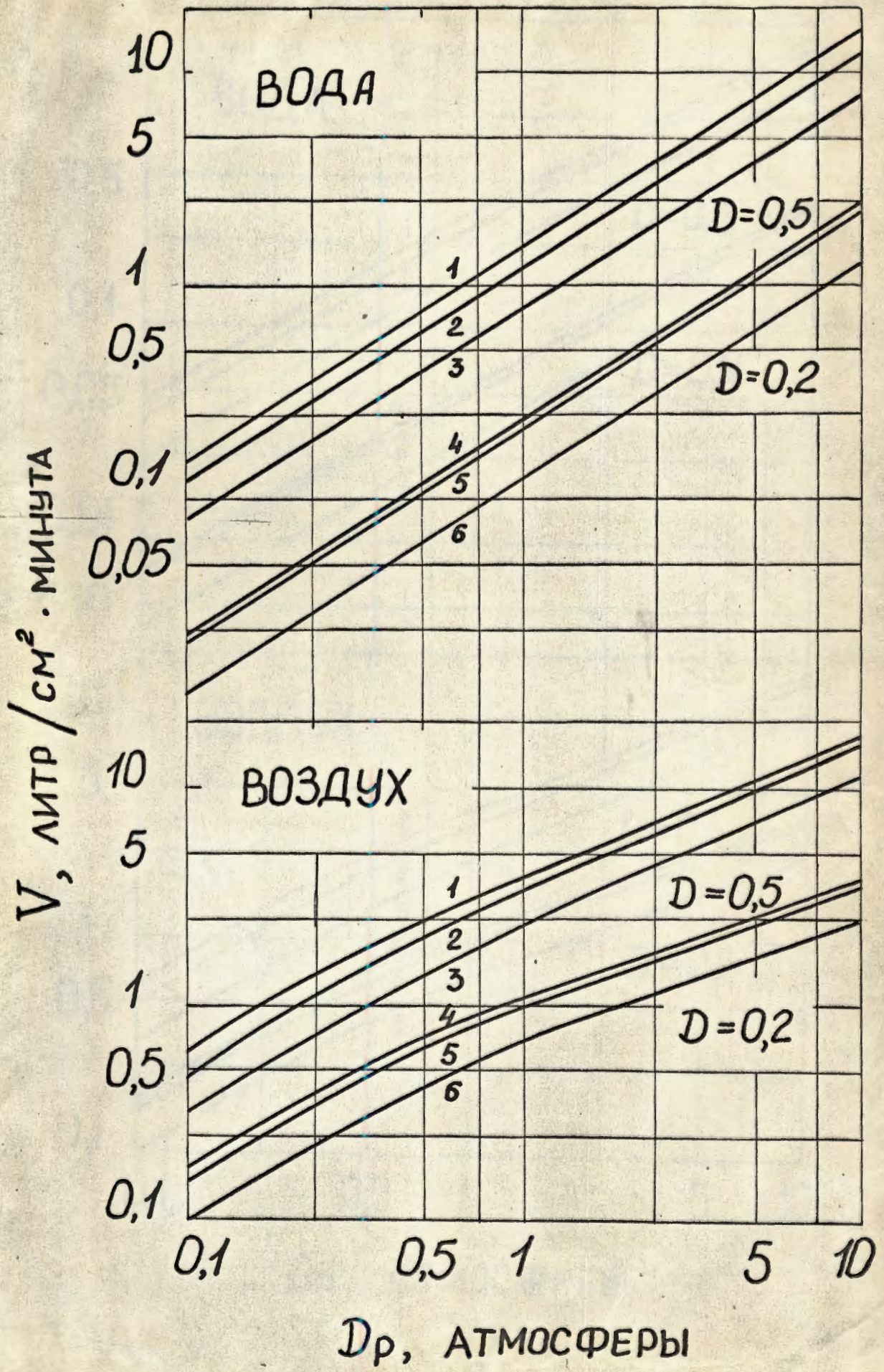


Рис. 2