

# Расчет дебита фильтрующейся жидкости для различных видов пористости

## 1. Оценка дебита жидкости при линейном режиме равномерной фильтрации

Рассмотрим случай субкапиллярной фильтрации, т.е. фильтрация равномерная и проходит через всю площадь образца, имеющего субкапиллярную пористость.

Дебит жидкости при линейном режиме оценивается *уравнением Дарси*:

$$Q = k_{пр} \cdot F \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot L}, \quad (1)$$

где  $k_{пр}$  – проницаемость, м<sup>2</sup>;  
 $F$  – площадь фильтрации, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta P$  – перепад давления, Па;  
 $\mu$  – вязкость, Па\*с;  
 $L$  – длина, м.

### Задача 1

Дан кубик породы размером 10x10x10 см, имеющий проницаемость  $k_{пр}$ , через который фильтруется жидкость при градиенте давления ( $\Delta P/L$ ). Определить дебит жидкости.

## 2. Оценка дебита жидкости при фильтрации через неравномерно-проницаемый коллектор

Проницаемость жидкости при фильтрации через капилляр оцениваем из соотношения уравнений Дарси:

$$Q = k_{пр.кап} \cdot F \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot L} \quad (2)$$

и Пуазейля:

$$Q = \frac{F \cdot r^2 \cdot \Delta P}{8 \cdot \mu \cdot L}, \quad (3)$$

откуда:

$$k_{пр.кап} = \frac{r^2}{8}, \quad (4)$$

где  $k_{пр.кап}$  – проницаемость при фильтрации жидкости через капилляр, м<sup>2</sup>;  
 $F$  – площадь фильтрации, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta P$  – перепад давления, Па;  
 $\mu$  – вязкость, Па\*с;  
 $L$  – длина, м.

### Задача 2

Дан кубик породы размером 10x10x10 см, имеющий проницаемость  $k_{пр}$ , через который фильтруется жидкость вязкостью при градиенте давления ( $\Delta P/L$ ). В этом кубике существует один капилляр диаметром  $D_k$ . На сколько увеличится суммарный дебит при прочих равных параметрах  $\mu$  и  $\Delta P/L$ ?

### 3. Оценка дебита жидкости при фильтрации через трещиноватый коллектор

Допустим, в кубике с субкапиллярной проницаемостью вместо канала имеется трещина вдоль всего образца длиной  $L_{тр}$ , высотой  $h_{тр}$ . Оценить проницаемость трещины (щели) для жидкости, фильтрующейся через образец, можно, используя соотношение уравнений Буссинеска и Дарси:

$$\Delta P = \frac{h_{тр}^2}{k_{пр.тр}}, \quad (6)$$

$$\Delta P = \frac{v \cdot \mu \cdot L_{тр}}{k_{пр.тр}}, \quad (7)$$

где  $k_{пр.тр}$  – проницаемость при наличии трещиноватой фильтрации,  $m^2$ ;  
 $v$  – линейная скорость движения жидкости,  $m/c$ ;  
 $\Delta P$  – перепад давления,  $Pa$ ;  
 $\mu$  – вязкость,  $Pa \cdot c$ ;  
 $L_{тр}$  – длина трещины,  $m$ ;  
 $h_{тр}$  – высота трещины,  $m$ .

Приведя параметры к одной размерности в единицах СИ, получим эмпирическое уравнение для оценки коэффициента проницаемости при трещиноватой фильтрации:

$$k_{пр.тр} = 0,844 \cdot h^2. \quad (8)$$

#### Задача 3

Дан кубик породы размером  $10 \times 10 \times 10$  см, имеющий проницаемость  $k_{пр}$ , через который фильтруется жидкость при градиенте давления ( $\Delta P/L$ ). В этом кубике будет существовать одна трещина длиной  $L_{тр}$ , высотой  $h_{тр}$ . На сколько увеличится суммарный дебит при прочих равных параметрах  $\mu$  и  $\Delta P/L$ ?

Исходные данные, имеющие соответствующие обозначения, представлены в таблице 1:

$k_{пр}$  – проницаемость при субкапиллярной фильтрации,  $mD$ ;  
 $\mu$  – вязкость жидкости,  $cPz$ ;  
 $\Delta P/L$  – перепад давления,  $atm/m$ ;  
 $N_k$  – число капилляров;  
 $D_k$  – диаметр капилляра,  $mm$ ;  
 $L_{тр}$  – длина трещин,  $cm$ ;  
 $h_{тр}$  – высота трещины,  $mm$ ;

Таблица 1 – Исходные данные

<b><i>B</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>2</i></b>	<b><i>3</i></b>	<b><i>4</i></b>	<b><i>5</i></b>	<b><i>6</i></b>	<b><i>7</i></b>	<b><i>8</i></b>	<b><i>9</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>11</i></b>
$k_{пр}, мД$	9	20	13	17	9	16	18	19	15	12	13
$\mu, сПз$	1,6	1,7	3,0	1,6	1,8	1,9	2,8	3,0	2,0	2,0	1,3
$\Delta P/L, атм/м$	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,22	0,28	0,3	0,28	0,24
$N_k, ед.$	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1	2
$D_k, мм$	0,22	0,26	0,3	0,31	0,28	0,29	0,26	0,2	0,25	0,18	0,2
$L_{тр}, см$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}, мм$	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,3	0,18	0,26	0,24	0,27	0,18
<b><i>B</i></b>	<b><i>12</i></b>	<b><i>13</i></b>	<b><i>14</i></b>	<b><i>15</i></b>	<b><i>16</i></b>	<b><i>17</i></b>	<b><i>18</i></b>	<b><i>19</i></b>	<b><i>20</i></b>	<b><i>21</i></b>	<b><i>22</i></b>
$k_{пр}, мД$	11	9	13	16	17	8	9	12	13	10	11
$\mu, сПз$	3,0	2,5	3,0	1,5	2	1,3	3,0	1,2	1,4	1,8	2,0
$\Delta P/L, атм/м$	0,25	0,28	0,31	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,22	0,28
$N_k, ед.$	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$D_k, мм$	0,22	0,24	0,25	0,16	0,3	0,27	0,28	0,24	0,16	0,15	0,22
$L_{тр}, см$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}, мм$	0,23	0,24	0,22	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,3	0,18	0,26
<b><i>B</i></b>	<b><i>23</i></b>	<b><i>24</i></b>	<b><i>25</i></b>	<b><i>26</i></b>	<b><i>27</i></b>	<b><i>28</i></b>	<b><i>29</i></b>	<b><i>30</i></b>	<b><i>31</i></b>	<b><i>32</i></b>	<b><i>33</i></b>
$k_{пр}, мД$	9	8	12	10	11	15	9	18	13	14	10
$\mu, сПз$	2,2	2,5	3,0	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8	1,6	1,9
$\Delta P/L, атм/м$	0,3	0,23	0,26	0,25	0,3	0,36	0,26	0,27	0,24	0,2	0,22
$N_k, ед.$	1	2	1	1	2	3	2	1	2	1	2
$D_k, мм$	0,23	0,24	0,33	0,28	0,26	0,3	0,22	0,19	0,21	0,22	0,23
$L_{тр}, см$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}, мм$	0,24	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19	0,18	0,21	0,28	0,27	0,28