

## К вопросу электро моделирования задач фильтрации из каналов трапециoidalного сечения<sup>1</sup>

*В. Н. Остапенко*

1. При расчете каналов основным является определение фильтрационного расхода и кривой депрессии. Существующие теоретические методы позволяют определить эти элементы в случае фильтрации из каналов в виде выемки в однородном грунте. Значительно больший интерес представляет фильтрация в неоднородном грунте. Для определения фильтрационного потока в этом случае находит широкое применение метод ЭГДА [1, 3] академика Н. Н. Павловского.

В приборе ЭГДА, разработанном в Институте математики АН УССР, в качестве проводящей среды применена электропроводная бумага. Для разных сортов бумаги удельное сопротивление может колебаться от десятков ом до десятков мегом, что позволяет моделировать любой геологический разрез грунтов. Ничтожная контактная разность потенциалов позволяет работать на постоянном токе, легкость обработки электропроводной бумаги значительно упрощает и ускоряет изготовление моделей и решение задач.

2. Методика решения задач следующая. Для решения каждой задачи изготавливается две модели: модель для нахождения линий равного потенциала и модель для нахождения линий тока. Если  $k$  — коэффициент фильтрации,  $\rho$  — сопротивление бумаги, то в первом случае должно быть  $k\rho = \text{const}$ , во втором должно быть  $k\frac{1}{\rho} = \text{const}$ .

Каждая модель склеивается из соответствующих сортов электропроводной бумаги при помощи электропроводного клея.

Граничные условия на модели для нахождения эквипотенциалей осуществляется присоединением латунных эквипотенциальных шин там, где напор  $h = \text{const}$ , и установкой изоляции по линии  $\frac{\partial h}{\partial n} = 0$ . Изоляция устанавливается непосредственно разрезом электропроводной бумаги.

Для нахождения кривой депрессии модель изготавливается так, чтобы кривая депрессии проходила заведомо ниже края бумаги. Подрезая бумагу, мы добиваемся совпадения кривой депрессии с краем бумаги (осуществляя условие  $h = y$  на границе бумаги). Граничные условия на

<sup>1</sup> Работа выполнялась на установке ЭГДА в Институте математики АН УССР под руководством П. Ф. Фильчакова.

T	H	B	α	Q			Q <sub>ср.</sub>	Q <sub>теор.</sub>
				I изм.	II изм.	III изм.		
20	1,84	23,7	0,15	30,5	29,8	31,9	30,7	29,65
30	2,13	16,8	0,20	2,34	24,5	24,7	24,2	23,28
20	3,09	57,1	0,20	74,9	73,2	71,2	73,2	72,96

модели для линий тока осуществляются присоединением шин на линии  $\frac{\partial h}{\partial n} = 0$  и установкой изоляции по линии  $h = \text{const}$ .

Гидродинамическую сетку строим следующим образом: найденные точки равного потенциала и точки, принадлежащие линиям тока, соединяются плавными кривыми.

После этого обе картины совмещаются.

3. Для определения точности моделирования воспользуемся теоретическим решением, полученным членом-корр. АН УССР Ю. Д. Соколовым [2]. Примем те же обозначения, что и в цитированной работе [2], а именно:

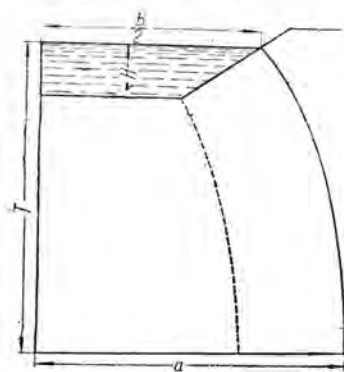


Рис. 1.

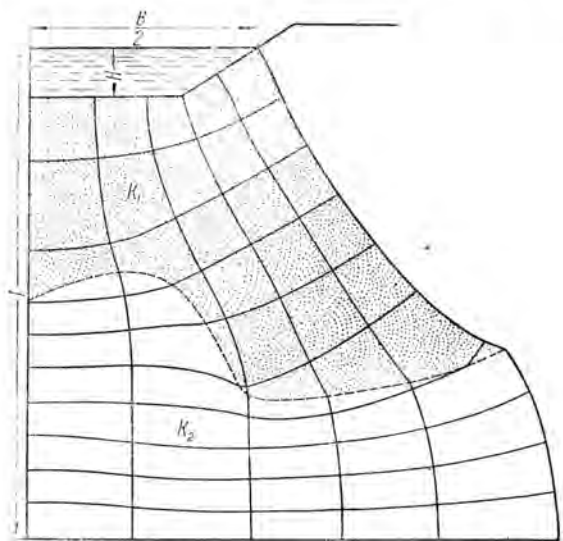


Рис. 2.

$T$  — глубина дренирующего слоя (в метрах),

$H$  — глубина канала,

$B$  — ширина зеркала,

$\alpha$  — угол заложения откосов канала,

$Q$  — приведенный расход,

$Q_s$  — приведенный расход через откосы канала,

$a$  — абсцисса точки пересечения кривой депрессии с верхней границей дренирующего слоя (рис. 1).

$Q$  и  $Q_s$  определим обычными методами [1], величину  $a$  определяем при построении кривой депрессии; после получения кривой депрессии

$\delta Q$ %	$Q_{с\text{ средн}}$	$Q_{с\text{ теор.}}$	$\delta Q_{с}$ %	$a$			$a_{с\text{ средн}}$	$a_{с\text{ теор.}}$	$\delta a$ %
				I изм.	II изм.	III изм.			
3,5	9,84	9,42	4,5	14,8	14,5	14,0	14,4	14,3	0,7
4,0	9,02	8,607	4,8	11,5	11,7	11,8	11,7	11,6	0,9
0,3	12,8	12,53	2,5	31,7	31,8	32,5	32,0 $\frac{1}{5}$	32,3	0,9

гидродинамическая сетка строится так же, как для обычной краевой задачи с заданными границами.

В данных контрольных задачах каждый эксперимент был повторен три раза, и в качестве окончательного результата принято среднее арифметическое.

В таблице сопоставлены теоретические результаты и результаты, полученные на приборе ЭГДА, где  $\delta Q$ ,  $\delta Q_{с}$ ,  $\delta a$  — относительные погрешности в процентах.

Таким образом, максимальная погрешность не превосходит 5%, что дает хорошее совпадение теоретических и измеренных результатов.

4. В заключение, в виде примера, который показывает возможности электропроводной бумаги, приведем гидродинамическую сетку для аналогичной задачи фильтрации из канала трапециoidalного сечения через неоднородный грунт (слой песка и слой суглинка; см. рис. 2). Отношение коэффициентов фильтрации  $k_1 : k_2 = 5 : 1$ .

Принятые размеры:  $a = 0,20$ ;  $T = 20$ ;  $B = 17,6$ ;  $H = 2$  (единиц длины).

Приведенная на том же рис. 2 гидродинамическая сетка полностью решает задачу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Нумеров и В. И. Аравии, Фильтрационные расчеты гидродинамических сооружений, Стройиздат, (1948).
2. Ю. Д. Соколов, Фильтрация без подпора из незакольтатированного канала трапециoidalного сечения в однородном грунте, Украинск. математич. журнал т. IV, № 1 (1952).
3. П. Ф. Фильчаков, Электромоделирование задач фильтрации в разнородном грунте, ДАН СССР, т. LXVI, № 4 (1949).

Получена 3 ноября 1951 г.