

## Определяне на хидрогеоложките параметри в зоната на аерация чрез експресно водоналиване

Ясер Ал Мохамед, Атанас Дамянов

Висш минно-геоложки институт, 1156 София

*Y. Mohamed, At. Damyanov — Determination of hydrogeological parameters in the aeration zone through express free water injection. The present work refines to certain extent the methods for interpretation of express tests through free water injection in prospecting shafts and boreholes. Computer programs for determination of some of the parameters of the aquifers are presented.*

В хидрогеоложката практика и особено при хидромелиоративните проучвания широко се прилагат опитните водоналивания в шурфи и сондажи за определяне коефициента на филтрация в зоната на аерация. Най-често се прилагат методите, основани на стабилизиращия режим, например тези на А. К. Болдирев, Н. С. Нестеров, Н. К. Гирински (за шурф) и на В. М. Насберг (за сондаж) (М. Гълъбов, 1981, Справочное руководство, 1967; В. М. Шестаков и др., 1974). Експресните водоналивания обаче имат редица предимства, както поради съвършено простата постановка на опита, така и поради съкратената му продължителност. За съжаление този вид опити (особено в шурфи) се провеждат твърде рядко.

Целта на настоящата разработка е да усъвършенствува в известна степен методиката за интерпретация на експресните опити чрез използване на компютърна програма. Наред с това се показва възможност по данни от експресните водоналивания в шурф да се определи не само коефициентът на филтрация  $K$ , но също коефициентът на водоотдаване и височината на капилярното покачване  $h_k$ .

### Водоналиване в шурф

Спадането на нивото след мигновено създаване в пръстена на воден стълб с височина  $h_0$  в съответствие с изследванията (Шестаков и др., 1974) се описва от уравнението

$$(1) \quad v_s = k\mu(h_0 + h_k) + (1 - \mu)ks,$$

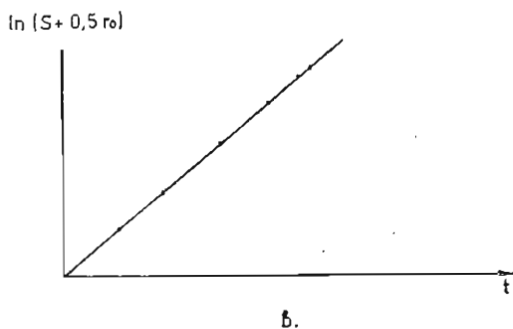
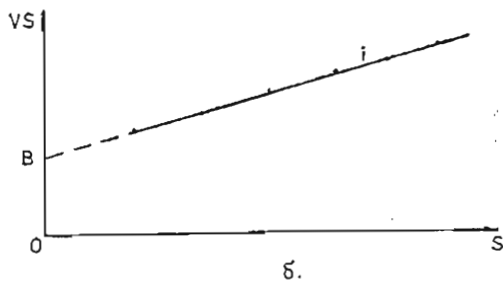
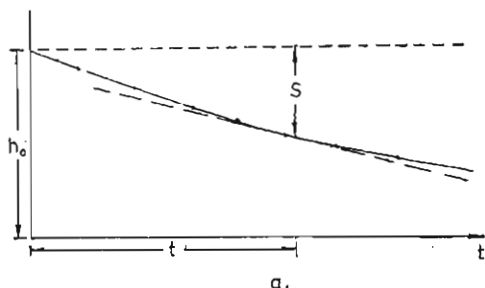
където  $S$  е понижението на нивото в момент  $t$  от началото (фиг. 1, а);  $V$  — скоростта на спадане на нивото в същия момент (наклонът на допирателната към кривата  $S(t)$  в същата точка  $V = \frac{ds}{dt}$ ).

В уравнение (1) има три неизвестни величини  $K$ ,  $\mu$  и  $h_k$ . За тяхното определяне може да се предложи следният комбиниран графоаналитичен метод.

Уравнение (1) може да се изрази чрез права линия, ако данните от опита се нанесат в координатна система  $VS=f(S)$  (фиг. 1, б).

Правата има наклон  $i=(1-\mu)K$  и отсечка от ординатната ос  $B=K \cdot \mu(h_0+h_k)$ .

По наклона на правата може приблизително да се определи коефициента на филтрация  $K$ .



Фиг. 1. Графики на нивото при експресно водо-наливане: а, б — в шурф; в — в сондаж

Както се посочва и в [В. М. Шестаков и др., 1982], стойностите на  $\mu$  слабо влияят върху наклона  $i$ . Ако се приеме една средна стойност (напр.  $\mu=0,1$ ), то грешките в изчисляването на  $K$  ще са в границите максимум на  $\pm 10\%$  (като се има предвид, че в пясъчливо-глинестите наслаги  $\mu \leq 0,2$ ...). Тогава след като се определя наклона  $i$  на правата  $VS=f(S)$ , можем да изчислим  $K$  така

$$(2) \quad K = \frac{i}{1-\mu} \approx \frac{i}{0,9},$$

Височината на капилярното покачване  $h_k$  може да бъде приблизително определена по емпиричната формула на Терцаги

$$(3) \quad h = \frac{0,4}{\sqrt{K}},$$

след което стойността на коефициента на водоотдаване да се уточни по формулата

$$(4) \quad \mu = \frac{B}{K(h_0 + h_k)},$$

където  $B$  е отсечката от ординатната ос (фиг. 1, б).

Възможно е получената стойност на  $\mu$  да се постави отново в (2) и да се внесе уточнение в значението на  $K$  и съответно на  $\mu$ . Но тази итерационна процедура води до незначителни уточнявания на двата параметъра. Затова в разработената програма EXPRES 3 (виж по-долу) е предвидено само еднократно повторение на изчисленията.

При практическото изпълнение на методиката трябва да се има предвид, че първите минути на опита (пониженията в рамките на първите 2—3 cm) понякога се отклоняват от теоретичната зависимост (1). Тези начални минути могат да бъдат пропуснати при обработката на данните. Началният воден стълб е в границите на 20—30 cm.

## Водоналиване в сондаж

При експресните водоналивания обикновено се прилага методът на Ернст [Кочев и др., 1977], наричан понякога „едносондажен метод“. Коефициентът на филтрация се определя от спадането на нивото в сондажа след едно бързо (мигновено) наливане на вода в него въз основа на формулата

$$(5) \quad K = 0,5g_0 \frac{\ln\left(S_1 + \frac{r_0}{2}\right) - \ln\left(S_2 + \frac{r_0}{2}\right)}{t_2 - t_1},$$

където  $S_1, S_2$  е остатъчният воден стълб в сондажа съответно в моментите  $t_1$  и  $t_2$  след началото.

Ако данните от опита се нанесат в координатна система  $\lg(S + 0,5r_0) \div t$ , то се получава права, по наклона на която  $i$  се изчислява коефициентът на филтрация (фиг. 1, в).

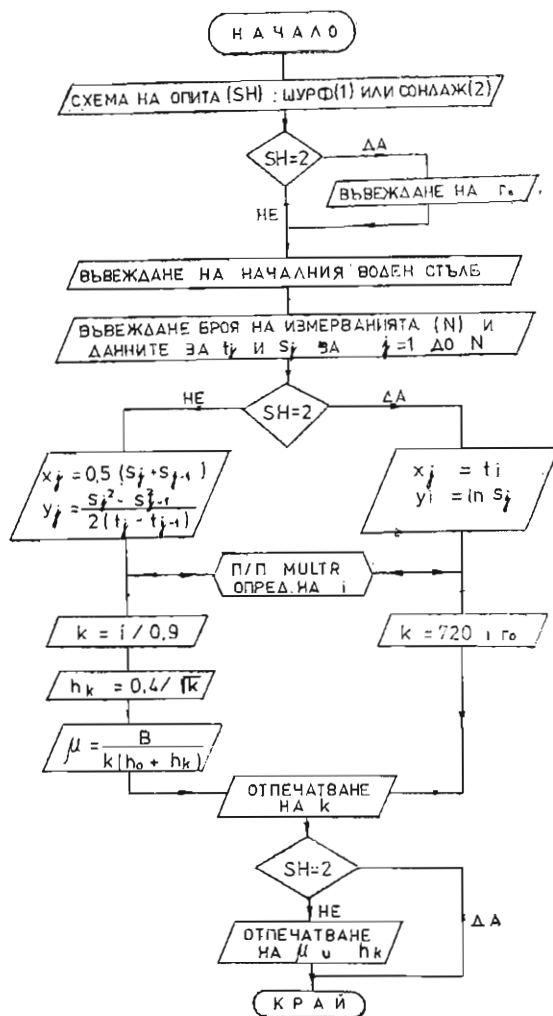
Ако времето е нанесено в минути, а радиусът на сондажа (и пониженията) в метри, то за да се получи  $K$  в m/d, трябва да се изчисли по формулата

$$(6) \quad K = 720g_0i.$$

## Описание на компютърната програма EXPRES 3

Програмата EXPRES 3 е записана на БЕЙСИК и е предназначена за микрокомпютри. В нея са включени и двата случая — водоналиване в шурф и в сондаж. Обобщеният алгоритъм на програмата е даден на фиг. 2. Всички входни данни се въвеждат в диалогов режим. Същите се отпечатват заедно с крайните резултати от изчисленията. След отпечатване на резултатите от машината се поставя въпросът: „Желаете ли изчисление на друг опит“, и при отговор  $Y$  (да) се преминава към въвеждане на данните от следващия опит.

Понякога (макар и рядко) при некачествени данни от опита или по друга причина за коефициента на филтрация може да се получи отрицателна стойност. В този случай се появява съобщението „Данните от опита не отговарят на теоретичния модел“.



Фиг. 2. Обобщен алгоритъм на програмата EXPRES 3

## Примери за прилагане на програмата EXPRES 3

За илюстрация на описаните методи и на програмата са приложени два конкретни примера (фиг. 3, 4) за водоналиване в шурф и сондаж.

Шурфът е направен в алувиалните наслаги на незаливната тераса на Бистришката река (Софийско), представени от пясъклива глина. Шурфът с диаметър  $= 0,35$  m е запълнен мгновенно с вода с височина на водния стълб  $0,30$  m.

Резултатите от изчисленията са показани на фиг. 3 във вид на машинна разпечатка. В нея се виждат както входните данни от опита, така и получените стойности на хидрогеоложките параметри:

$K = 0,16$  m/d,  $\mu = 0,044$ ,  $h_k = 0,99$  m.

Сондажът е прокаран в пролувиални пясъкливи глинени в поройния конус на р. Блатница (Новозагорско).

Дълбочина на сондажа —  $1,0$  m.

ПРОГРАМА EXPRESS  
 ЕКСПРЕСНО ВОДОНАЛИВАНЕ В ЗОНАТА НА АЕРАЦИЯ  
 НАЛИВАНЕ В ШУРФ (1) ИЛИ В СОНДАЖ (2) ? 1  
 НАЧАЛЕН ВОДЕН СТЬЛЪ (М).  $SO=0.30$   
 БРОЙ НА ИЗМЕРВАНИЯТА.  $N=15$

ВРЕМЕ ОТ НАЧАЛОТО T (МИН) И ПОНИЖЕНИЕ S (МЕТРИ)

1.	T, S	8.0.015
2.	T, S	15.0.018
3.	T, S	20.0.019
4.	T, S	25.0.02
5.	T, S	47.0.025
6.	T, S	63.0.03
7.	T, S	83.0.035
8.	T, S	111.0.04
9.	T, S	214.0.06
10.	T, S	234.0.065
11.	T, S	264.0.07
12.	T, S	297.0.075
13.	T, S	321.0.08
14.	T, S	358.0.085
15.	T, S	437.0.10

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗЧИСЛЕНИЯТА

КОЕФИЦИЕНТ НА ФИЛТРАЦИЯ:  
 $K = .16264876$  М/ДЕН

КОЕФИЦИЕНТ НА ВОДОВТДАВАНЕ:  
 $MU = .0444073198$

КАПИЛЯРНО ПОКАЧВАНЕ:  
 $HK = .991824$  МЕТРА

ИСКАТЕ ЛИ ИЗЧИСЛЕНИЕ ЗА ДРУГ ОПИТ?  
 Y ИЛИ N ? Y

Фиг. 3. Експресно водоналиване в шурф (числен пример)

ПРОГРАМА EXPRES3  
ЕКСПРЕСНО ВОДОНАЛИВАНЕ В ЗОНАТА НА АЕРАЦИЯ  
НАЛИВАНЕ В ШУРФ (1) ИЛИ В СОНДАЖ (2) ? 2

НАЧАЛЕН ВОДЕН СТЬЛБ (М). S0=0.978

РАДИУС НА СОНДАЖА (М). R0=0.05

БРОИ НА ИЗМЕРВАНИЯТА. N=9

ВРЕМЕ ОТ НАЧАЛОТО Т (МИН) И ОСТАТЪЧНО ПОКАЧВАНЕ S (МЕТРИ)

1.	T, S	1.5.0.96
2.	T, S	2.5.0.952
3.	T, S	3.5.0.941
4.	T, S	4.5.0.931
5.	T, S	5.5.0.925
6.	T, S	11.5.0.886
7.	T, S	15.8.0.865
8.	T, S	20.0.835
9.	T, S	25.0.82

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗЧИСЛЕНИЯТА

КОЕФИЦИЕНТ НА ФИЛТРАЦИЯ:

K = .238683155 М/ДЕН

ИСКАТЕ ЛИ ИЗЧИСЛЕНИЕ ЗА ДРУГ ОПИТ?

Y ИЛИ N ?Y

Фиг. 4. Експресно водоналиване в сондаж (числен пример)

Начален воден стълб — 1,0 m.

$r_0$  на сондажа — 0,005 m.

Резултатите от интерпретацията на експресното водоналиване са представени на фиг. 4.

Получен е коефициент на филтрация  $K=0,24$  m/d.

Така описаната методика с използване на изчислителната програма EXPRES 3 може широко да бъде прилагана в хидрогеоложките проучвания за целите на хидро-мелиоративното проектиране.

Авторите изказват своята благодарност на проф. д-р Михаил Гълъбов за неговата помощ при обсъждане на методическите въпроси и за съставяне на изчислителната програма.

## Л и т е р а т у р а

- Гълъбов, М. 1981. *Динамика на подземните води*. С., Техника. 378 с.
- Кочев, К., З. Дянков, Ц. Динчев, Г. Велковски. 1977. Бърз метод за изследване коефициента на филтрацията при отводнителните обекти. — *Хидротехника и мелиорации*, 5, 8—11.
- Справочное руководство гидрогеолога*, 1967. М., Недра. 202 с.
- Шестаков, В. М., И. С. Пашковски, А. М. Соифер. 1982. *Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях*. М., Недра. 256 с.
- Шестаков, В. М., Д. Н. Башкатов. 1974. *Опытно-фильтрационные работы*. М., Недра. 202 с.

(Постъпила на 13. XI. 1986 г.)