

PROPOZYCJE ZASTOSOWANIA NOWYCH WYKRESÓW W HYDROGEOLOGII

UKD 556.3.048(084.21)

Intensyfikacja badań hydrogeologicznych oraz powiększająca się szybko ilość zatwierdzanych dokumentacji zasobów wód podziemnych, wymaga dalszego usprawnienia w wykonywaniu powszechnie stosowanych obliczeń hydrogeologicznych. W tym celu opracowano dla czterech wzorów hydrogeologicznych

oraz dla zależności $lg \frac{R}{r}$ wykresy pozwalające bezpośrednio odczytywać uprzednio obliczone wartości. Sporządzając wykresy kierowano się zasadą maksymalnej dokładności odczytów. Zastosowanie skali logarytmicznej pozwoliło zestawić na stosunkowo niewielkiej powierzchni wykresu szeroki zakres zmian.

Korzystanie z wykresów omówionych w punktach 1, 2, 3 i 4 jest ograniczone zakresem współczynnika filtracji k , którego wartość do obliczeń przyjęto w skrajnych wielkościach od $1 \cdot 10^{-6}$ m/s dla utworów półprzepuszczalnych do $1 \cdot 10^{-2}$ — $1 \cdot 10^{-1}$ m/s dla utworów dobrze przepuszczalnych. Błąd odczytu dla wszystkich wykresów, w stosunku do wartości obliczonych, waha się w granicach 1%. Przyjęte w tekście oraz na wykresach symbole hydrogeologiczne posiadają następujące znaczenie:

- k — współczynnik filtracji w m/s,
- H — wysokość statycznego zwierciadła wody nad podstawą warstwy wodonośnej w m,
- S_1 — depresja jednostkowa = 1,0 m,
- R_1 — jednostkowy promień lejki depresyjnego w m,
- q — jednostkowa zdolność przepustowa otworu w m^3/h ,
- R — promień lejki depresyjnego w m,
- r — promień otworu w m.

Dla uproszczenia obliczeń i sporządzenia wykresów zasięgu promienia lejki depresyjnego, wg wzorów Sichardta i Kusakina, wprowadzono pojęcie jednostkowej wartości zasięgu promienia lejki depresyjnego R_1 , tj. takiej wartości promienia depresji R , jaki powstaje przy depresji $S_1 = 1,0$ m. W obliczeniach zasięgu lejki depresyjnego przy założeniu depresji $S_1 = 1,0$ m otrzymano wartości jednostkowe, dla których zostały sporządzone wykresy. Po przemnożeniu odczytanej z wykresu wartości jednostkowej przez rzeczywistą depresję uzyskaną w eksploatowanej studni, otrzymujemy wartość obliczonego promienia lejki depresyjnego.

We wzorach, w których występuje wartość $2r$ lub r przyjęto do obliczeń aktualnie stosowane średnice

hydrogeologicznych otworów eksploatacyjnych w zakresie od 6" do 20". Na wykresach odpowiadających tym wzorom każdej średnicy studni odpowiadająca oddzielna linia wykresu z oznaczoną wartością średnicy otworu. Ukośne linie wykresów dzielą powierzchnię, na której są wykreślone, na część lewą i prawą. Ogólną zasadą odczytów dla wzorów omówionych w punktach 1, 2, 3 i 4 jest prowadzenie linii pionowej od skali poziomej do linii wykresu i następnie prowadzenie linii poziomej do skali pionowej w tej samej części wykresu. Np. jeżeli współczynnik filtracji, dla którego szukamy odpowiedniej wartości jednostkowej znajduje się na górnej linii poziomej, to odczytu dokonujemy na lewej skali pionowej i odwrotnie, jeżeli współczynnik filtracji znajduje się na dolnej skali poziomej, to odczytu dokonujemy na prawej skali pionowej.

1. Wykres jednostkowego zasięgu promienia lejki depresyjnego wg wzoru Sichardta $R_1 = 3000 S_1 \sqrt{k}$ (ryc. 1).

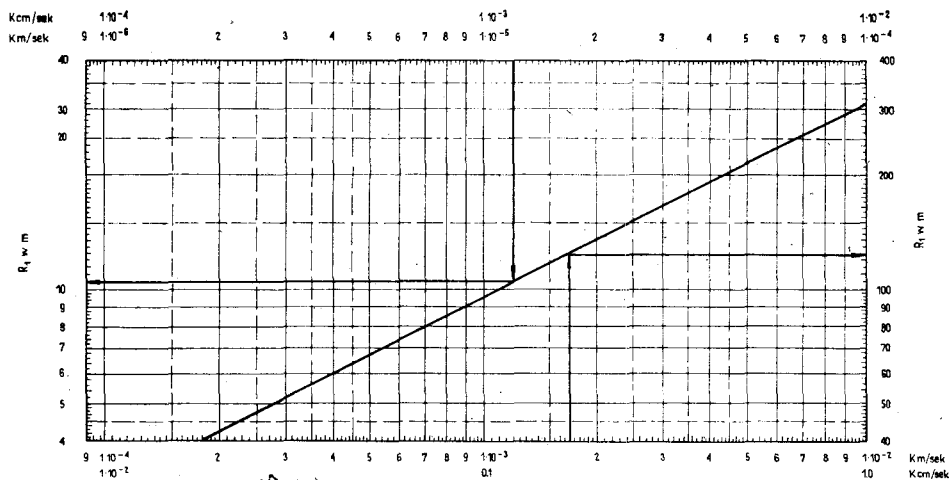
Na osiach poziomych wykresu odczytuje się wielkość współczynnika filtracji k w m/s lub cm/s. Następnie prowadzi się linię pionową do przecięcia z linią ukośną na wykresie. Linia pozioma poprowadzona w lewo lub w prawo od tego miejsca do osi pionowej, daje poszukiwaną wielkość jednostkowego zasięgu lejki depresyjnego. Dla wielkości współczynnika filtracji k od $1 \cdot 10^{-6}$ m/s do $1 \cdot 10^{-4}$ m/s korzysta się z górnej części lewej strony wykresu, a dla wartości k od $1 \cdot 10^{-4}$ m/s do $1 \cdot 10^{-2}$ m/s z dolnej części i prawej strony wykresu.

Przykłady:

- 1) mając dane $k = 1,2 \cdot 10^{-5}$ m/s odczytujemy w lewej części wykresu wartość $R_1 = 10,5$ m. Obliczona wielkość $R_1 = 10,39$ m. Błąd odczytu wynosi 1,1% (ryc. 1);
- 2) mając dane $k = 1,7 \cdot 10^{-3}$ m/s odczytujemy w prawej części wykresu wartość $R_1 = 124$ m. Obliczona wielkość $R_1 = 125$ m. Błąd odczytu wynosi 0,8% (ryc. 1).

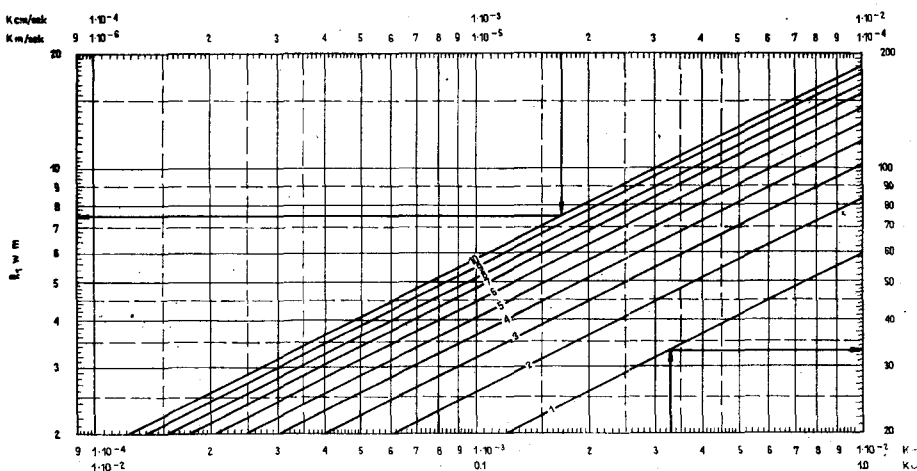
2. Wykres jednostkowego zasięgu promienia lejki depresyjnego wg wzoru Kusakina $R_1 = 575 S_1 \sqrt{kH}$ (ryc. 2).

Sposób wykonywania odczytów jest podobny jak dla wykresu nr 1. Różnica polega na tym, że po odczytaniu na osi poziomej wielkości współczynnika fil-



Ryc. 1.

Fig. 1.



Ryc. 2.

Fig. 2.

tracji k w m/s lub cm/s, prowadzi się linię pionową aż do przecięcia się z odpowiednią linią ukośną określającą wysokość statycznego zwierciadła wody nad podstawą warstwy wodonośnej — H .

Z tego punktu prowadzi się linię poziomą do skali pionowej, na której odczytuje się poszukiwaną jednostkową wartość zasięgu leja depresyjnego. Wykres sporządzono dla H od 1 m do 10 m kierując się zasadą, że ujęcia wód podziemnych przy pełnym zafiltrowaniu warstw wodonośnych o swobodnym zwierciadle powyżej 10 m nad podstawą warstwy wodonośnej zdarzają się stosunkowo rzadko. Sposób, w jaki wykonano wykres ogranicza jego zastosowanie do warstw o wartościach H wyrażonych tylko w liczbach naturalnych.

Przykłady:

- 1) mając dane $k = 1,7 \cdot 10^{-5}$ m/s, $H = 10$ m odczytujemy w lewej części wykresu $R_1 = 7,5$ m. Obliczona wielkość $R_1 = 7,49$ m. Błąd odczytu wynosi 0,14% (ryc. 2),
- 2) mając dane $k = 3,3 \cdot 10^{-3}$ m/s, $H = 1,0$ m odczytujemy w prawej części wykresu $R_1 = 33,0$ m. Obliczona wielkość $R_1 = 33,04$ m. Błąd odczytu wynosi 0,1% (ryc. 2).
3. Wykres jednostkowej zdolności przepustowej otworu w stosunku do 1,0 m roboczej długości filtra wg wzoru Sichardta $\varphi = 2\pi r \frac{\sqrt{k}}{15}$ (ryc. 3).

Odczytu dokonuje się prowadząc linię pionową od znalezionej wartości k do linii ukośnej odpowiadają-

cej średnicy studni. Linia pozioma, biegnąca z tego punktu do skali pionowej, pozwala odczytać jednostkową wartość zdolności przepustowej otworu. Mnożąc tę wartość przez długość części filtrującej studni otrzymuje się całkowitą przepustowość otworu.

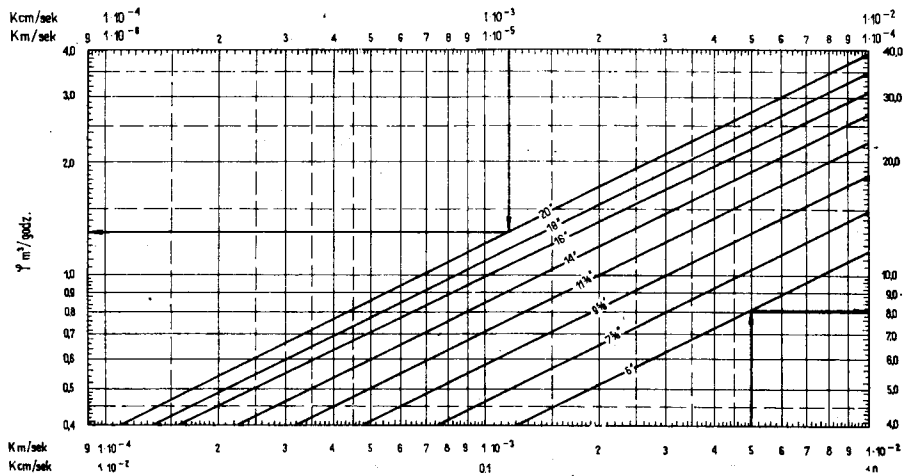
Przykłady:

- 1) mając dane $k = 1,15 \cdot 10^{-5}$ m/s, $2r = 20''$ odczytujemy w lewej części wykresu $\varphi = 1,3$ m³/h. Obliczona wielkość $\varphi = 1,297$ m³/h. Błąd odczytu wynosi 0,25% (ryc. 3);
- 2) mając dane $k = 5,0 \cdot 10^{-3}$ m/s, $2r = 6''$ odczytujemy w prawej części wykresu $\varphi = 8,1$ m³/h. Obliczona wielkość $\varphi = 8,121$ m³/h. Błąd odczytu wynosi 0,25% (ryc. 3).
4. Wykres jednostkowej zdolności przepustowej otworu w stosunku do 1,0 m roboczej długości filtra wg wzoru Abramowa $\varphi = 130\pi r \sqrt[3]{k}$ (ryc. 4).

Przyjęte do obliczeń wielkości k w m/d zamieniono na wykresie w jednostki powszechnie używane k w m/s. Wielkości jednostkowej przepustowości przedstawiono na wykresie również w najczęściej używanych jednostkach, tj. w m³/h. Zasada dokonywania odczytu jest podobna jak dla wykresu omówionego w punkcie 3.

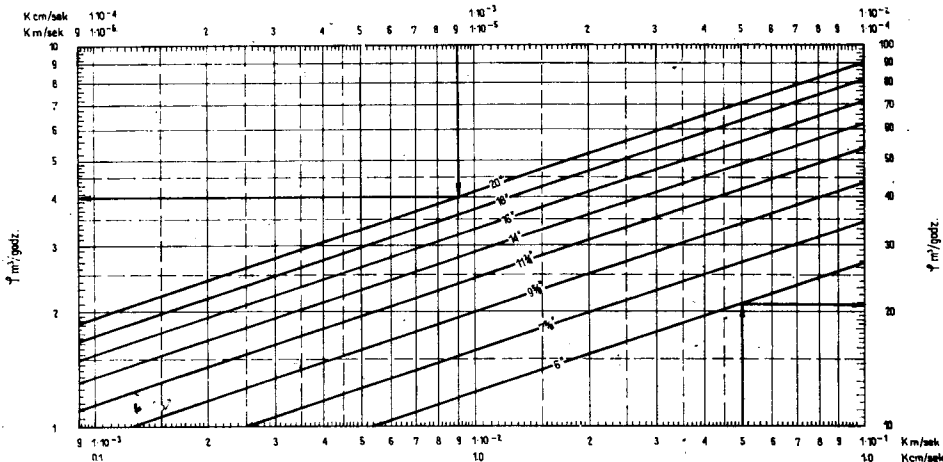
Przykłady:

- 1) mając dane $k = 9,0 \cdot 10^{-6}$ m/s, $2r = 20''$ odczytujemy w lewej części wykresu $\varphi = 4,0$ m³/h.



Ryc. 3.

Fig. 3.



Ryc. 4.

Fig. 4.

Obliczona wielkość $\varphi = 3,973 \text{ m}^3/\text{h}$. Błąd odczytu wynosi $0,9\%$ (ryc. 4);

2) mając dane $k = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$, $2r = 6''$ odczytujemy w prawej części wykresu $\varphi = 20,8 \text{ m}^3/\text{h}$. Obliczona wielkość $\varphi = 20,57 \text{ m}^3/\text{h}$. Błąd odczytu wynosi $1,1\%$ (ryc. 4).

5. Wykres zależności logarytmicznej stosunku zasięgu promienia leja depresyjnego R do promienia studni r (ryc. 5).

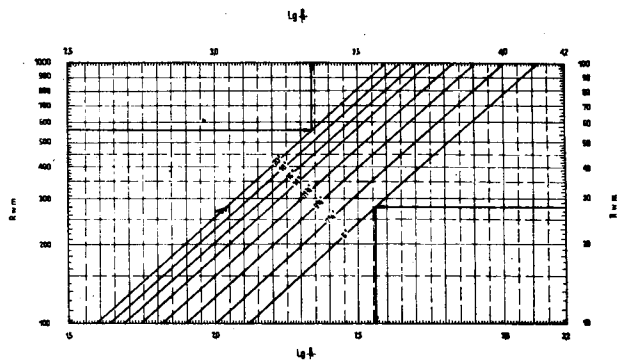
Zależność $\lg \frac{R}{r}$ występuje w wielu wzorach hydrogeologicznych. Wyliczenie jej podczas dokumentowania jest najbardziej pracochłonną czynnością w obliczeniach wymagającą posługiwania się maszyną liczącą i tablicami logarytmicznymi. Sporządzony wykres obejmuje najczęściej spotykane w Polsce wartości R od 10 m do 1000 m . Aby odczytać wielkość

$\lg \frac{R}{r}$ należy znaleźć na osi pionowej wartości R .

Następnie prowadzi się linię poziomą do przecięcia z linią ukośną o określonej wartości r (na wykresie oznaczono średnice), a z tego punktu linię pionową w górę lub w dół aż do przecięcia z osią poziomą, na której odczytuje się wartość poszukiwanego logarytmu. Dla wielkości R do 100 m korzysta się z prawej części wykresu i dolnej osi poziomej. Wartości R od 100 m do 1000 m odczytuje się z lewej części wykresu i na górnej skali poziomej.

Przykłady:

1) mając dane $R = 560 \text{ m}$, $2r = 20''$ odczytujemy na górnej osi poziomej wartość $\lg \frac{R}{r} = 3,34$.



Ryc. 5.

Fig. 5.

Obliczona wartość $\lg \frac{R}{r} = 3,3432$. Błąd odczytu wynosi $0,1\%$ (ryc. 5);

2) mając dane $R = 28 \text{ m}$, $2r = 6''$ odczytujemy na dolnej osi poziomej wartość $\lg \frac{R}{r} = 2,56$. Ob-

liczona wartość $\lg \frac{R}{r} = 2,5654$. Błąd odczytu wynosi $0,25\%$ (ryc. 5).

Przydatność omówionych wykresów może być znaczna podczas projektowania ujęć, a zwłaszcza w czasie prowadzenia prac terenowych w warunkach, kiedy brak jest maszyn liczących i tablic logarytmicznych.

LITERATURA

1. Bażyński J., Turek S. — Słownik hydrogeologii i geologii inżynierskiej. Wyd. Geol., 1969.
2. Dobrzański Z. — Polowe metody oznaczania współczynnika przepuszczalności skał wodonośnych i gruntów. Wyd. Geol., 1956.
3. Gawriko W. M. — Filtry studzien ujęciowych, odwodnieniowych i hydrogeologicznych. Wyd. Geol., 1964.
4. Ignut R., Kłębek A., Puchalski R. — Terenowe badania geologiczno-inżynierskie. Wyd. Geol., 1970.
5. Majewski J. — Hydrogeologia. Wyd. Geol., 1966.

SUMMARY

The following diagrams have been elaborated to improve hydrogeological calculations:

1 — diagram of unit range of a depression cone radius according to Sichardt's formula $R_1 = 3000 S_1 \sqrt{k}$ (Fig. 1);

2 — diagram of unit range of a depression cone radius according to Kusakin's formula $R_1 = 575 S_1 \sqrt{kK}$ (Fig. 2);

3 — diagram of unit capacity of hole in relation to 1,0 m of working length of filter according to Sichardt's formula $\varphi = 2\pi r \frac{\sqrt{k}}{15}$ (Fig. 3);

4 — diagram of unit capacity of hole in relation to 1,0 m of working length of filter according to Abramov's formula $\varphi = 130\pi r \sqrt[3]{k}$ (Fig. 4);

5 — diagram of logarithmic dependence of the relation between the range of depression cone radius R and well radius r (Fig. 5).

To simplify the calculations and to construct the diagrams given in points 1 and 2 a notion has been introduced of unit value of range of depression cone radius R_1 , i.e. such a value of the depression radius R_1 , which arises when the depression amounts to $S_1 = 1,0$ m. In formulae, in which the value $2r$ or r occurs, for calculation are taken the values of the diameters of hydrogeological exploitation bore holes, applied in Poland, that is from 6" to 20". In these diagrams to each diameter of wells corresponds a line with the marked bore hole diameter. During the execution of the diagram presented in point 4, the values k used for calculations in metres per 24 hours have been transformed into the commonly used units k in m/sec, and the values of unit capacity of hole in m³/hour. As compared with the values calculated, the reading error for all the diagrams ranges within 1 per cent.

6. Manchacz W. — Hydrogeologia. Wyd. Geol., 1960.
7. Pazdro Z. — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., 1964.
8. Praca zbiorowa — Sprawozdanie rękodźstwo geologiczne. Leningrad, 1967.
9. Przewłocki O., Tkaczhenko A., Czarnocki K. — Studnie. Wyd. Geol., 1970.
10. Skabałanowicz I. A. — Gidrogeologiczskie rasczety po dynamice podziemnych wod. Moskwa, 1954.
11. Tolman C. F. — Ground Water. New York, 1957.
12. Wieczysty A. — Hydrogeologia inżynierska. Warszawa — Kraków, 1970.

РЕЗЮМЕ

С целью усовершенствования гидрогеологических расчетов были составлены следующие графики:

1. График удельной величины радиуса депрессии по формуле Зихардта $R_1 = 3000 S_1 \sqrt{k}$ (фиг. 1),
2. График удельной величины радиуса депрессии по формуле Кусакина $R_1 = 575 S_1 \sqrt{kK}$ (фиг. 2).

3. График удельной производительности скважины по отношению к 1,0 м рабочей длины фильтра, по формуле Зихарта $\varphi = 2\pi r \frac{\sqrt{k}}{15}$

(фиг. 3).
4. График удельной производительности скважины по отношению к 1,0 м рабочей длины фильтра, по формуле Абрамова $\varphi = 130\pi r \sqrt[3]{k}$ (фиг. 4),

5. График логарифмической зависимости отношения радиуса депрессии R к диаметру скважины r (фиг. 5).

Для облегчения вычислений и составления графиков 1 и 2 введено понятие удельной величины радиуса депрессии R_1 , представляющей величину радиуса депрессии R_1 при понижении уровня воды $S_1 = 1,0$ м. Вычисления по формулам, в которых представлены величины $2r$ или r производились при учете применяемых в Польше диаметров гидрогеологических эксплуатационных скважин в пределах 6—20". На перечисленных графиках каждому диаметру соответствует отдельная линия. При составлении графика 4 значения k , выраженные в вычислениях в м/сут заменены единицами, выраженными в м/сек, а величины удельной производительности скважины — в м³/час. Ошибка определений по всем графикам, в сопоставлении с вычисленными значениями, составляет около 1%.

Для облегчения вычислений и составления графиков 1 и 2 введено понятие удельной величины радиуса депрессии R_1 , представляющей величину радиуса депрессии R_1 при понижении уровня воды $S_1 = 1,0$ м. Вычисления по формулам, в которых представлены величины $2r$ или r производились при учете применяемых в Польше диаметров гидрогеологических эксплуатационных скважин в пределах 6—20". На перечисленных графиках каждому диаметру соответствует отдельная линия. При составлении графика 4 значения k , выраженные в вычислениях в м/сут заменены единицами, выраженными в м/сек, а величины удельной производительности скважины — в м³/час. Ошибка определений по всем графикам, в сопоставлении с вычисленными значениями, составляет около 1%.