

PROGNOZOWANIE NIEZAWODNOŚCI URZĄDZEŃ DRENARSKICH
W FAZIE PROJEKTOWANIA

Zdzisław Stąpel

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty

Niezawodność urządzeń drenarskich stanowi najważniejszą cechę ich jakości [1, 4], natomiast w praktyce jakość drenowania wiąże się zwykle ze spełnieniem określonych wymogów, dotyczących samego wykonania poszczególnych elementów systemu drenarskiego. Takie podejście nie zawsze uwzględnia funkcję drenowania i może doprowadzić do niejednoznacznych ocen. Jakość drenowania należy zatem utożsamiać z przydatnością użytkową. Drenowanie jest przydatne i użyteczne, jeśli spełnia swoją funkcję w sposób niezawodny i jeśli jest potrzebne. Można np. wykonać drenowanie, które w danych warunkach klimatyczno-glebowych będzie niepotrzebne i chociażby było wykonane niezwykle starannie będzie nieprzydatne, a jego jakość niedostateczna. Istotne przy tym jest rozróżnienie niezawodności urządzeń drenarskich widocznych na zewnątrz, które można kontrolować okresowo, tj. rowów, wylotów i studzienek oraz niezawodności samej sieci drenarskiej, znajdującej się pod ziemią. W niniejszym opracowaniu rozpatrywana będzie ocena niezawodności tylko sieci drenarskiej na końcu fazy projektowania.

Wskaźniki niezawodności sieci drenarskiej już w momencie oddania projektu do realizacji są mniejsze od 1,0 i zależą od dokładności wyznaczenia wielu parametrów charakteryzujących warunki klimatyczno-glebowe, na podstawie których opracowany został projekt. Dokładność wyznaczania tych parametrów można regulować. Istnieją więc możliwości sterowania niezawodnością sieci drenarskiej w fazie badań przedmelioracyjnych i w projektowaniu bezpośrednim.

Ogólnie przyjmuje się, iż sieć drenarska powinna zapewnić odpowiednią intensywność odwadniania gleby q m/d [6]. Należy jednak liczyć się z tym, że praktycznie niemożliwe jest takie zaprojektowanie i wykonanie drenowania, aby w każdym punkcie danego pola osiągnięte zostało założone q . Wynika to między innymi stąd, iż w każdej glebie występuje znaczna zmienność przestrzenna właściwości fizyko-wodnych, a badania glebowe mają z reguły charakter wrywkowy. Ponadto sieć drenarska jest tak zbudowana, iż sama jest źródłem przestrzennej zmienności q . Tak więc w praktyce możliwe jest jedynie ukształtowanie na danym obszarze określonego zbioru q o z góry zadanych parametrach \bar{q} i Sq . Zagadnienie to ma duże znaczenie praktyczne i wiąże się z tzw. przystawalnością metod projektowania do warunków rzeczywistych.

W praktyce obserwuje się duże rozbieżności między schematami obliczeniowymi, możliwymi do przyjęcia w fazie projektowania, a olbrzymią różnorodnością form i układów, jakie występują w naturze, nawet na niewielkiej stosunkowo przestrzeni. Stąd powstaje niechęć do poszukiwania i stosowania ścisłych i zdeterminowanych rozwiązań, dotyczących każdej z tych form i układów z osobna.

Ogólnie można powiedzieć, że każdy projekt melioracyjny stanowi zbiór różnych orzeczeń, które w większości powinny mieć charakter orzeczeń prawdopodobnych. Wynika to stąd, iż warunki klimatyczno-glebowe charakteryzują się na ogół dużą zmiennością losową w przestrzeni i czasie, i w stosunku do nich można formułować i tworzyć jedynie orzeczenia prawdopodobne. Tymczasem obecne metody projektowania [5] w większości oparte są na charakterystykach uśrednionych, które traktuje się milcząco jako orzeczenia pewne. Określenie np. stosunków wodnych w glebie za pomocą uwilgotnienia średniego W nie zawiera właściwych informacji, a niekiedy może prowadzić do błędnych wniosków, ponieważ w warunkach naturalnych uwilgotnienie gleby będzie oscylować wokół W . Tak więc rzeczywiste stany uwilgotnienia gleby mogą znacznie odbiegać w górę i w dół od stanu średniego, a zatem mogą to być stany w większości szkodliwe dla roślin, podczas gdy stan średni może być stanem optymalnym. Uwaga ta dotyczy również metod bardziej kompleksowych, np. opartych na bilansie wodnym gleby, jeżeli nie ujmują one uwilgotnienia gleby jako ciągłego procesu o charakterze stochastycznym.

W związku z powyższym wielu specjalistów z dziedziny melioracji uważa, iż wszelkie rozwiązania oparte na naukowych podstawach nie mają szans praktycznego zastosowania, a właściwe rozwiązania projektowe można uzyskać, kierując się jedynie praktycznym doświadczeniem.

Takie rozumowanie prowadzi do traktowania melioracji jako sztuki dostępnej tylko dla wtajemniczonych i jest równoznaczne z odrzuceniem całego dotychczasowego dorobku naukowego i cofnięciem się do praktyki rzemieślniczej.

Obecnie w projektowaniu melioracyjnym rachunek prawdopodobieństwa stosuje się głównie do określania przepływów wody w ciekach, natomiast do opisu stosunków wodnych w glebie ciągle wykorzystuje się metody właściwe dla warunków zdeterminowanych. Tak więc obecny stan praktyki projektowej z punktu widzenia przystawalności stosowanych metod do warunków naturalnych należy ocenić krytycznie.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono nowe podejście do projektowania sieci drenarskiej, które bardziej przystaje do rzeczywistości niż sposoby tradycyjne. Podejście to w ogólnym zarysie polega na wprowadzaniu do obliczeń prawie całych zbiorów poszczególnych wielkości i parametrów, a nie tylko ich wartości uśrednionych. Chodzi o to, że większość charakterystyk dotyczących gleby, klimatu, hydrologii itp. ma charakter zmiennych losowych o określonych rozkładach prawdopodobieństw ich występowania w przestrzeni i w czasie. Nie można np. mówić, że

zawartość części spławialnych w glebie średnio wynosi CS, bo wartość taka w rzeczywistości może w ogóle nie wystąpić, jest bowiem wyłącznie tworem naszej wyobraźni. Wartość CS może natomiast być wykorzystywana jako jeden z parametrów określających np. rozkład prawdopodobieństwa występowania CS w danej warstwie gleby.

Nowe podejście umożliwia określenie początkowej niezawodności zaprojektowanej sieci drenarskiej oraz pozwala oceniać w sposób ilościowy wszelkie innowacje dotyczące badań przedmelioracyjnych oraz konstrukcji i wykonawstwa drenowania. Podejście to polega na zastosowaniu modelu matematycznego, który zawiera cztery podstawowe grupy algorytmów, umożliwiające określenie napływu wody z gleby do bezpośredniego otoczenia drenu /rowka drenarskiego/, dopływu wody z gleby do wnętrza drenu, generowanie liczb losowych o rozkładzie $N(0,1)$ oraz wyznaczenie wartości oczekiwanej funkcji celu, służącej do wyznaczenia optymalnej rozstawy drenów i odpowiadającej jej intensywności odwadniania [6].

Ogólnie można zapisać, iż natężenie napływu wody z gleby do rowka drenarskiego, tj. do bezpośredniego otoczenia rurociągu drenarskiego określa funkcja

$$q_n = f_n / g_1, g_2, g_3, \dots, g_p / \quad /m/d/ \quad /1/$$

gdzie:

g_i - parametry charakteryzujące warunki klimatyczno-glebowe i hydrogeologiczne $/i=1, 2, 3, \dots, p/$.

Natężenie natomiast dopływu wody z rowka drenarskiego do wnętrza drenów określa z kolei inna funkcja, a mianowicie:

$$q_d = f_d / g_{p+1}, g_{p+2}, \dots, g_{p+r} / \quad /m/d/ \quad /2/$$

gdzie:

g_i - parametry charakteryzujące konstrukcje rurociągu drenarskiego i jego bezpośrednie otoczenie $/i = p+1, p+2, \dots, p+r/$.

Każdy z parametrów wprowadzanych do wzorów /1/ i /2/ traktowany jest jak zmienna losowa, którą określa się za pomocą parametrów rozkładu prawdopodobieństwa występowania jej w danych warunkach. Wyróżnia się przy tym dwa rodzaje rozkładów prawdopodobieństwa, tj. rozkład normalny i logarytmo-normalny. Jeśli dany parametr g_i lub g_j wykazuje rozkład normalny, charakteryzuje się go wartością średnią \bar{g}_i oraz odchyleniem standardowym σ_{g_i} /2/. W przypadku, gdy parametr g_i wykazuje rozkład logarytmo-normalny, określa się go za pomocą $\bar{y}_i = \ln \bar{g}_i$ oraz σ_{y_i} .

Proponowane obliczenia mają na celu określenie wartości średniej \bar{q} i odchylenie standardowe σ_q , a ich przebieg jest następujący:

- generator liczb losowych /numeryczny/ symuluje zmienną x_i o rozkładzie $N(0,1)$;
- wartości danego parametru określa się na podstawie x za pomocą wzoru

$$g_i = \sigma g_i \cdot x_i + \bar{g}_i \quad /3/$$

lub jeśli rozkład danego pomiaru jest asymetryczny i można go traktować jako rozkład logarytm-normalny wartość tego parametru oblicza się za pomocą wzoru

$$\ln g_i = \sigma g_i \cdot x + \bar{g}_i \quad /4/$$

a następnie

$$g_i = \exp / \ln \bar{g}_i / \quad /5/$$

Symulacje te wykonuje się dla wszystkich parametrów, tj. $g_1, g_2, g_3, \dots, g_r$, a następnie oblicza się q_n i q_d na podstawie funkcji /1/ i /2/.

Powyższe obliczenia powtarza się N -razy w celu uzyskania szeregu wartości $q_1, q_2, q_3, \dots, \dots, q_N$, na podstawie których otrzymuje się

$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_i \quad /6/$$

oraz

$$\sigma q^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N /q_i - \bar{q}/^2 \quad /7/$$

Wielkości \bar{q} i σq stanowią oceny parametrów rozkładu prawdopodobieństwa występowania zmiennej q po dokładnym wykonaniu zaprojektowanego systemu drenarskiego /w trakcie wykonawstwa z reguły zwiększa się σq /. Wyznaczone na podstawie tych parametrów prawdopodobieństwo $P/q \geq q_K$ spełniać może rolę wskaźnika początkowej niezawodności sieci drenarskiej, albo inaczej - prawdopodobieństwa czasu jej zdatności. Wskaźnik ten może również spełniać rolę miary jakości dokumentacji projektowej.

Mając wyznaczone wartości \bar{q} i σq można poszukiwać rozwiązań optymalnych w zakresie badań przedmelioracyjnych metod projektowania i doboru jakości materiałów. Duża wartość σq powoduje, iż wartość oczekiwana kosztów drenowania i strat związanych z niepełnym zabezpieczeniem gleby przed nadmiernym uwilgotnieniem jest znacznie wyższa od analogicznych kosztów przy stałym q . Różnicę tę można zmniejszać, wprowadzając odpowiednie innowacje. Ogólnie można powiedzieć, że nie wszystkie innowacje prowadzą do zmniejszenia kosztów, ponieważ są one z reguły związane również z dodatkowymi kosztami. Należy zatem każdą innowację sprawdzić pod względem efektów ekonomicznych. Sprawdzenia tego dokonuje się na podstawie funkcji celu [6], służącej do wyznaczenia optymalnej intensywności odwadniania gleby, a mianowicie:

$$S/q/ = C + \frac{10000 \cdot k_1}{A} / \sqrt{q} + \frac{1}{b} / q / \frac{t+i}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{q}} / \quad /8/$$

gdzie:

$S/q/$ - suma kosztów drenowania i strat w produkcji roślinnej spowodowanych nadmiernym uwilgotnieniem, w zł/ha;

C - część stała kosztów drenowania niezależna od rozstawy, w zł/ha;

k_1 - koszt materiałów i budowy 1 mb. rurociągu drenarskiego, w zł/mb;

q - jednostkowe natężenie odpływu wody z drenów przy krytycznej głębokości zwierciadła wody gruntowej w środku między drenami w m/d;

b, L_0, q_0 - parametry, których wartości można odczytać z przygotowanych do tego celu tablic.

$$A = L_0 \sqrt{q_0}$$

Następnie oblicza się

$$E [S/q/] = 2 \int_0^{\infty} \xi /q/ \cdot f /q/ dq \quad /9/$$

gdzie:

$$f/g/ = \frac{1}{2\sqrt{\pi} \sigma q^2} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{q - \bar{q}}{\sigma q^2} \right] \quad /10/$$

W przypadku wprowadzania innowacji dotyczącej jakiegoś elementu projektowania należy określić jej efekt w postaci zmniejszenia czy też przyrostu kosztów K_i oraz odchylenia standardowego parametru charakteryzującego ten element. Podstawą oceny danego usprawnienia będzie nowa wartość $E [S/q/]_{i+1/}$, która powinna być mniejsza od wartości $E [S/q/]_i$, występującej przed wprowadzeniem usprawnienia. Przy obliczaniu $E [S/q/]_{i+1/}$ uwzględnia się koszty innowacji oraz nowe charakterystyki parametrów, zmienione wskutek wprowadzenia danej innowacji.

Koszty innowacji K_i dodaje się do tej części kosztów drenowania $/C$ lub $k_1/$, której działanie innowacyjne dotyczy.

LITERATURA

1. Chrisanov N.J., Kamburov V.A.: Ustowija nadežnosti zakrytogo drenaža. Izd. Kołos. Moskva 1978.
2. Fisz M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna, Warszawa 1967.
3. Murałko A.J., Sapożnikow E.G.: Zaszczita drenaža ot zailenija. Mińsk Urożaj 1978.

4. Mirochułova C.E.: Nadeżnost gidromeliorativnych sooruzenij. Izd. Kołos. Moskva 1974.
5. Ostrowski J., Śniadowski Z.: Wytyczne drenowania gruntów ornych IMUZ Materiały Instruktażowe. 1978, nr 28.
6. Stapel Z.: Ustalenie optymalnej rozstawy drenów i wymaganej intensywności odwadniania gruntów ornych w różnych warunkach klimatyczno-glebowych. Synteza z badań PR - 7.06.02.04. Maszynopis, IMUZ Falenty 1983.

Zdzisław Stapel

RELIABILITYS IN DESIGNING OF DRAINAGE SYSTEMS

Summary

In this elaboration is described a new designing method of subsurface drainage networks that makes possible to define the initial reliability of them. The calculations method adapted allows to estimate the all innovations concerning the premelioration studies as well as the drainage structures construction and the drainage executive work with regard to the economical efficiency.

The point of this method is to adopt the mathematical model containing four fundamental groups of algorithms these make possible to define the ground water inflow to the drainage trench from the soil then inside of drain pipes trough their openings, to generate a random numbers with the $N(0,1)$ distribution and to calculate the criterion function expected value, serving for the drain pipes spacings and the draining intensity optymization. Above mentioned algorithms make possible-to tie up the design and executive works quality with the subsurface drainage economical effects.

Здзислав Стонпель

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Р е з ю м е

В статье представлен новый способ проектирования дренажной сети, который дает возможность определения ее начальной надежности. Принятый вычислительный метод позволяет оценить с экономической точки зрения все улучшения, касающиеся проектирования, строительства и конструкции дре-

нажных систем.

Новый способ включает математическую модель, которая содержит четыре группы алгоритмов, дающих возможность определения следующих элементов: приток воды из почвы к дренажной траншее; приток воды из траншеи к дренажной трубе через зазоры; получение случайных чисел с распределением $\Pi(0,1)$; определение математического ожидания функции критерия. Алгоритмы дают возможность связать качество проектирования и строительства с экономическими эффектами дренирования.