УДК 625.717.02: 625.86.6.510(045)

І.В. Ципріанович, А.І. Баришпол

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ОСУШЕННЯ ДРЕНАЖНОГО ШАРУ АЕРОДРОМНОГО ПОКРИТТЯ

З метою подальшого вдосконалення нормативної бази проектування аеродромних покриттів у напрямку підвищення ефективності їх функціонування розглянуто задачу визначення часу осушення дренажного шару аеродромних покриттів, його потужності і гідравлічного ухилу з отриманням найбільш економічних результатів. Наведено результати рішення задачі, які можуть бути використані як при обгрунтуванні удосконалення норм проектування аеродромних покриттів, так і при конкретних гідрогеологічних розрахунках дренажних покриттів з підвищеною ефективністю дренування поверхневих і підземних вод.

Діючі норми проектування аеродромних покриттів [2] мають суттєві недоліки. В них майже відсутні рекомендації щодо гідрогеологічного розрахунку дренажних шарів. На відміну від норм проектування [1] в них не тільки відсутні рекомендації щодо часу їх осушення, але навіть закладені хибні рекомендації - з однієї сторони, відносно мінімально припустимих коефіцієнтів фільтрацій (7 м/доба), а з другої - стосовно конструкції аеродромних споруд, коли дренажні шари покриттів взагалі не передбачаються у таких природних умовах, де вони обов'язково повинні бути. Існуючі закордонні методи розрахунку дренажних шарів [1, 5] призначені для умов стаціонарної фільтрації, яка взагалі не відповідає фізичній картині їх осушення. Отже, треба визнати, що проблема вдосконалення проектування аеродромних покриттів в різних природних умовах України ще не втратила своєї актуальності. Відомо, що чим скоріше відбувається осушення шарів аеродромного покриття, тим більше часу воно працюватиме у сприятливому (неперезволоженому) режимі і тим тривалішим буде строк його служби у роботоздатному стані, тим вищими будуть рівень забезпечення та регулярності польотів і віддачі від інвестицій у будівництво аеродрому.

Згідно з американськими нормами час осушення аеродромних покриттів не повинен перевищувати двох годин, а дорожнього одягу - півгодини після припинення дощу [1]. Отже, щоб задовольнити такі вимоги, треба мати розрахункову методику, за якою можна було б призначити відповідні водопроникність, потужність та гідравлічний ухил дренажного шару покриття.

Вивчення вже відомих математичних моделей нестаціонарної фільтрації підземних вод та їх припливу до дренажних споруд дозволило дійти до висновку, що найбільш відповідною є модель, розроблена Ю.Д. Соколовим [4, 5]. Однак розрахункова схема області фільтрації, яка відповідає умовам роботи аеродромного покриття, дещо відрізняється від схеми підземної галереї Ю.Д. Соколова. Тому з'явилась необхідність переробити її у відповідності до умов функціонування дренажного шару покриття, сформулювати крайову задачу та винайти її розв'язання. Згідно з цим після припинення дощу дренажний шар аеродромного покриття слід розглядати як область фільтрації з верхньою і нижньою водонепроникними границями (відповідно власно покриття і гідроізоляція) та боковими границями, одна з яких є водопроникною, а друга - непроникною(глинистий грунт з дуже низьким коефіцієнтом фільтрації). За таких обставин цільовий зміст задачі можна сформулювати так: визначити час осушення дренажного шару аеродромного покриття і загальну витрату дренажних вод в умовах нестаціонарної фільтрації, якщо цей процес буде відповідати рівнянню Бусінеска

$$k\frac{\partial}{\partial x}\left(y\frac{\partial H}{\partial x}\right)=\mu\frac{\partial H}{\partial t},$$

де y - глибина дренажних вод у дренажному шарі у розрахунковому перетині, м; H - п'єзометричний напір, м; μ - коефіцієнт водовіддачі; k - коефіцієнт фільтрації матеріалу дренажного шару, м/доба; t - час фільтрації дренажних вод, год.

Крайова задача повинна бути розв'язана за такими початковими умовами:

при $t = 0$ і $x = 0$ $h = h_n$;

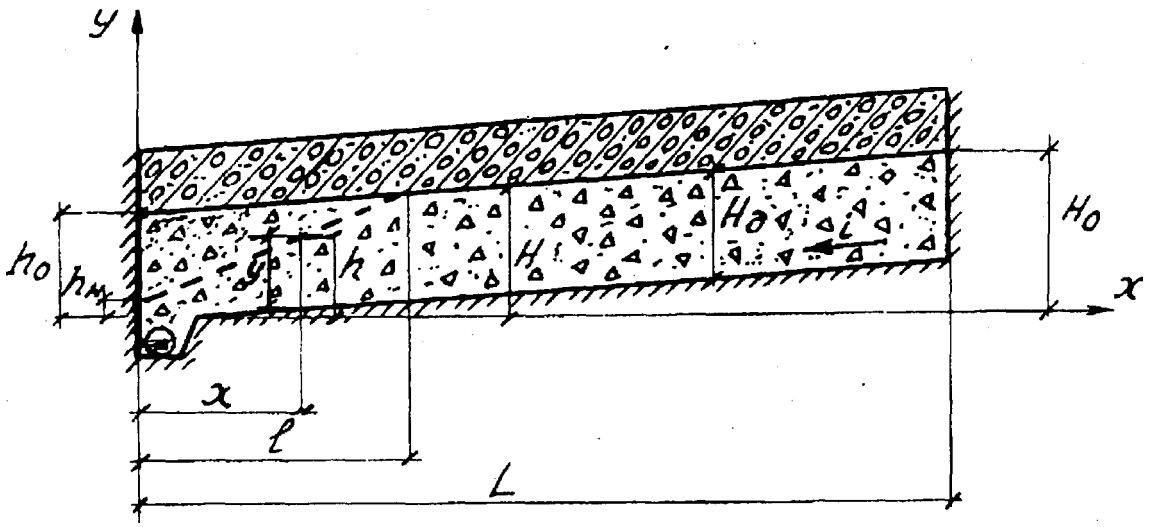
при $t = 0$ і $x = L$ $H_0 = iL + H_\partial$

і граничними умовами:

при $t = 0$ і $x = 0$ $h = h_n = const$;

при $t \neq 0$ і $x = L$ $H = f(t)$; q = 0; $\left(\frac{\partial H}{\partial y} = 0\right)$ $\Bigg\}$ $W = 0$,

де h_n - висота п'єзометричного напору на початку лінії депресії в момент часу t ; H - висота п'єзометричного напору дренажних вод в кінці лінії депресії в момент часу t ; L - довжина дренажного шару, м; x, y - абсциса і ордината розрахункового перетину області фільтрації (див. рисунок); W - приплив поверхневих та підземних вод у дренажний шар аеродромного покриття.



Розрахункова схема області фільтрації дренажного шару: H - потужність дренажного шару; h_0 і H_0 - висоти п'єзометричного напору на початку та в кінці дренажного шару в момент $t = 0$; h_n і H - висоти п'єзометричного напору дренажних вод на початку лінії депресії та в її кінці в момент часу t ; L - довжина дренуючого шару; l - довжина зони депресії в момент часу t ; x і y - абсциса і ордината розрахункового перетину області фільтрації

Розв'язок рівняння (1) будемо проводити наближеним методом послідовної зміни стаціонарних станів, який дає цілком прийнятні результати для практичних вимог, враховуючи формули:

$$V_l = \int_0^l y\,\partial x;\quad q = k\left(y\frac{\partial h}{\partial x}\right);\quad Q = \int_0^t q\,dt\ ,$$

де V_l, q і Q відповідно об'єм води в дренажному шарі на інтервалі (0 – l) на один погонний метр довжини дрени, м^3; q -дебіт на один погонний метр довжини дрени при x = 0 в момент часу t , м^3/год; Q - загальна витрата води за час t, м^3.

Згідно з рішенням робіт [3 , 4] нестаціонарний рух дренажних вод до закромочної дрени будемо розглядати як двофазний. Перша фаза цього руху охоплює проміжок часу T_1 поширення кривої депресії від $x = L$ до $x = 0$, тобто за цей проміжок часу крива депресії повинна бути сформована на всій довжині дренуючого шару. Друга фаза нестаціонарного руху охоплює проміжок часу T_2, протягом якого рівень води на непроникній вертикальній границі зменшується від $H = H_0$ до $H = pH_0 > iL$ $(0 < p < 1)$, тобто за цей проміжок часу крива депресії повинна бути сформована на всій довжині дренажного шару.

Дотримуючись методики розв'язання задачі дренажної галереї, запропонованої Ю.Д.Соколовим [3, 4] для гідрологічного розрахунку дренажного шару покриття, були отримані такі формули:

- для визначення тривалості першої фази осушення (формування кривої депресії):

$$T_1 = \frac{\mu L^2}{3kH_0(1+\delta)^2}\left[1+2\delta+\frac{\varepsilon\left(0{,}7+3\delta+3\delta^2\right)}{(1+\delta)^2}+\frac{\varepsilon^2\left(0{,}5+3{,}5\delta+7\delta^2+7\delta^3\right)}{(1+\delta)^4}\right];$$

- для обчислення загальної витрати дренажних вод на цій фазі:

$$Q_{T_{11}} = \frac{\mu H_0(1-\delta)}{3(1+\delta)}\left[1+2\delta+\frac{0{,}17\varepsilon\left(1+4\delta+7\delta^2\right)}{(1+\delta)^2}+\frac{0{,}09\varepsilon^2\left(1+6\delta+16\delta^2+21\delta^3\right)}{(1+\delta)^4}\right],$$

де $\frac{x}{L}=\alpha$; $\frac{h}{H_0}=\beta$; $\frac{l}{L}=\gamma$; $\frac{h_n}{H_0}=\delta$; $i\frac{L}{H_0}=\varepsilon$; $\frac{L}{H_0^2}C=\eta$.

Значення η можна знайти за формулою:

$$\eta = \frac{2\varepsilon\ (\beta-\varepsilon\gamma)\ e^{2\varepsilon\ (\beta-\delta)}}{e^{2\varepsilon\ (\beta-\delta)}-1}$$

та при $h = H_0 = H + iL$ та $l = L$; $\beta = \frac{h}{H+iL}$ та $\gamma = \frac{l}{L} = 1$,

тоді $\eta = \frac{2\varepsilon\ (\beta-\varepsilon\gamma)\ e^{2\varepsilon\ (1-\delta)}}{2\varepsilon\ (1-\delta)}$.

Оскільки рівняння кривої депресії дренажних вод у дренажному шарі

$$\gamma = \frac{\left(\frac{1-\delta}{\lambda}-\delta\right)\left(e^{-\lambda}-1\right)-\delta+1}{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon}\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{(n-1)}\frac{1+\eta\ \delta}{(n+1)!}\lambda^n\ ,$$

де $\lambda = \frac{2\varepsilon\ (1-\delta)}{\eta}$

ідентичне рівнянню кривої депресії дренажних вод у підземній галереї з похилим водоупором, то при визначенні тривалості T_2 другої фази осушення дренажного шару аеродромного покриття можна вже цілком скористатися рішеннями роботи [4].

$$T_2 = \frac{1{,}33\mu\ L^2}{kH_0}\left\{\frac{1}{p}\left(1+0{,}5\frac{\delta^3}{p^3}\right)-(1-0{,}5\delta^3)+0{,}33\varepsilon\left[\frac{1}{p^2}\left(1-0{,}5\frac{\delta^2}{p^2}\right)-(1-0{,}5\delta^2)\right]+\right.$$

$$\left.+0{,}2\varepsilon^2\left(\frac{1}{p^3}-1\right)\right\}.$$

Повна витрата за час T_2 буде:

$$Q_{T_2} = 0{,}67\mu\ H_0 L\left[1-p-\delta^2\left(\frac{1}{p}-1\right)+\delta^3\left(\frac{1}{p^2}-1\right)+0{,}045\varepsilon^2\left(\frac{1}{p}-1\right)\right].$$

Час повного осушення дренажного шару аеродромного покриття складатиме суму тривалостей першої T_1 та другої T_2 фаз, тобто

$$T = T_1 + T_2 .$$

Список літератури

1. Drainage of highway and airfield pavements by Harry R. Cedergren. New York, A Wiley-Interscience Publication, 1981.-280 p.

2. СНиП 2.05.08-85. Аеродромы / Госстрой СССР.-М.: ЦИТП Госстроя СССР,1985.-59с.

3. *Соколов Ю.Д.* Про безнапірний приплив ґрунтових вод до дренажної галереї при похилій лінії водоупору. // ДАН УРСР - № 5. - 1952, - с. 370-376.

4. *Соколов Ю.Д.* Про безнапірний приплив ґрунтових вод до дренажної галереї при похилій лінії водоупору (Друга фаза нестаціонарного руху), // ДАН УРСР. - № 1. – 1953. - с. 3-5.

5. *Тулаев А.Я.* Осушение земляного полотна городских дорог. - М.: Стройиздат, 1983. - 132с.

Стаття надійшла до редакції 9 червня 1997 року.

Ігор Володимирович Ципріанович (1937) закінчив Київський інженерно-будівельний інститут у 1959 році. Кандидат технічних наук, доцент кафедри аеропортів КМУЦА. Має 54 наукових публікації у галузі теорії аеродромів.

I.V. Tsiprianovich (1937) graduated from Kiev's building engineer institute in 1959. Associate Professor of airport department of Kiev International University of Civil Aviation. Author of 54 publications in the fields of airdromes theory.

Андрій Іванович Баришпол (1970) закінчив . Київський інститут інженерів цивільної авіації у 1994 році. Аспірант кафедри аеропортів Київського міжнародного університету цивільної авіації. Спеціалізується в галузі водопроникних аеродромних покриттів.

A.I. Barishpol (1970) graduated from Kiev's Institute of Civil Aviation (1994). Post graduate student of airports department of Kiev International University of Civil Aviation. Specializes in the field of airdromes waterpermeability pavements.