

УДК 624.131.23:625.717.001.2 (045)

ББК 0513-044.100.1 - 082.22

М. В. Березівський

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОСТІЛІ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ, СКЛАДЕНОЇ ЛЕСОВИМИ ГРУНТАМИ

*Подано розрахункову схему визначення коефіцієнта постілі лесових зволжених ґрунтів.*

За діючим СНиП 2.05.08-85 визначення коефіцієнта постілі в лесових ґрунтах не відрізняється від нескладних ґрунтів. Рекомендовані заходи, що враховують особливості просадочних ґрунтів, зводяться лише до виконання умови:

(1)

де  $\sigma_{zp}$  – вертикальне стискальне напруження в ґрунті від експлуатаційного навантаження;  
 $\sigma_{zg}$  – вертикальне стискальне напруження від власної ваги ґрунту та аеродромного одягу;  
 $p_{sc}$  – початковий просадочний тиск (мінімальний тиск, при якому проявляються явища просадки ґрунту при його повному водонасиченні).

Якщо умова (1) виконується, то передбачається лише ущільнення верхнього шару просадочного ґрунту. У разі невиконання даної умови необхідно, крім ущільнення верхнього шару, передбачати заходи щодо запобігання просадочних явищ (попереднє зволоження просадочної товщі, повну або часткову заміну ґрунту подушками з піску, гравію, щебеню та інших непросадочних матеріалів). В процесі проектування аеродромних покриттів, що знаходяться на ділянках із ґрунтовими умовами II типу щодо просадочності, додатково для покращення властивостей ґрунту передбачається влаштування гідроізоляційного шару під аеродромним одягом. Але дані заходи щодо гідроізоляції основи або покращення її властивостей на практиці часто бувають малоефективні [1].

Просадочні, переважно лесові, ґрунти в межах України займають більше 70% її території. Відмінна особливість просадочних ґрунтів полягає в тому, що, знаходячись в напруженому стані, під дією навантаження чи власної ваги ґрунту, у випадку зволоження водою, вони дають додаткові осадки [2].

Леси, лесоподібні суглинки та пілуваті супіски при зволоженні можуть знижувати свою структурну міцність. Під дією власної ваги та навантажень на структурно-нестійкі ґрунти в водонасиченому стані виникають швидкоплинні деформації. Недоущільнений лесовий ґрунт в стані природної вологості витримує вплив зовнішнього навантаження і може знаходитися в стані рівноваги досить довгий час, поки не відбудеться зволоження даного виду ґрунту. У зволоженому стані деформації лесових ґрунтів найбільш точно можуть визначатися на основі моделі Фуса-Вінклера. Так, з лабораторного дослідження осадки під штампом, що встановлений на зразок зволоженого лесового ґрунту, видно, що осадка поверхні зразка проходить тільки в межах прикладання навантажень. Під навантаженням не вся товщина зразка задіяна у формуванні осадки. Нижні прошарки зразка осадки не зазнають.

Основними ознаками лесових ґрунтів, що відрізняються від інших видів, і мають майже однакові властивості, є: пілуватий колір, недоущільненість, яка обумовлена наявністю макропор, вертикальних каналців, покритих зовні налітом вуглекислих солей, вапна, гіпсу та остатків рослин, досить швидке розмокання в воді; велика водопроникність, максимальний вміст солей в середніх по глибині найменш вологих горизонтах; переважність пілуватих фракцій (до 50%) та незначний (до 20%) вміст глинистих частинок; однорідність гранулометричного складу.

Тверда фаза включає породоутворюючі (кварц, польові шпати, карбонати –70% ваги), глинисті (гідрослюда, монтморолоніт, каолініт –20%) та інші мінерали [3]. Основними структурними елементами твердої фази є прості частинки, агрегати та плуагрегати. Між простими частинками формуються слабкі структурні зв'язки, агрегати та плуагрегати відрізняються більш міцними зв'язками. Переважна більшість лесових ґрунтів має глинисті агрегати, що складаються із зерен кварцу, польових шпатів різних розмірів, зв'язаних глинистим цементом кварцгідрослюдного складу.

Рідка фаза лесових ґрунтів може мати різні властивості в залежності від кількісного співвідношення з твердою фазою та інтенсивності взаємодії з мінеральними частинками. У газоподібній фазі частинки ґрунту адсорбують на своїй поверхні оболонки повітря, товщина яких змінюється в залежності від зовнішніх факторів та переважно від температури.

У випадку зволоження лесового ґрунту зверху гравітаційні сили вільної води зрівноважуються капілярним натиском менісків в межах зони зволоження. Збільшення вологості порушує існуючу рівновагу. Спочатку виникає інфільтрація, коли ненасичений потік наближається до зон з тонкими плівками води. У міру заповнення пор водою та стабілізації її витрат розвивається фільтрація, під дією сил тяжіння волога рухається через весь поровий простір.

Неводостійкість водно-колоїдних та кристалізаційних зв'язків при зволоженні лесових ґрунтів під навантаженням призводить до руйнування структури та більш сильного ущільнення частинок ґрунту. В ґрунтах з неводостійкою структурою для розвивання осадок достатньо зв'язаної та капілярної вологи, що призводить до миттєвого розклинювання гідрофільних частинок та зв'язків, а згодом – до розчинення, що має затяжний характер.

Властивості лесових ґрунтів визначаються за методикою “двох кривих”. Принцип визначення властивостей таких ґрунтів базується на компресійних дослідженнях двох зразків лесових ґрунтів при різних вологостях. Один зразок досліджується в компресійному приладі з природною вологістю, а інший – з підвищеною або повністю водонасичений. На основі таких досліджень отримують дві компресійні криві (рис. 1).

З допомогою такого дослідження визначаються дві основні характеристики лесового ґрунту: тиск на основу зволоженого лесового ґрунту  $P_k$ , при якій осадка відсутня, напруга в лесовому ґрунті  $\sigma_d$ , при якій має місце найбільша різниця між величинами осадок зволоженого ґрунту і ґрунту природної вологості.

З механіки ґрунтів відомо, що осадка ґрунту товщою  $h_r$  визначається за формулою [4]:

$$S = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} h_r, \quad (2)$$

де  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  – коефіцієнти пористості ґрунту до та після навантаження;  $h_r$  – товща ґрунту, що зазнає деформації.

Користуючись залежністю (2), визначимо, як змінюється величина осадки товщі лесового ґрунту в межах ґрунтової основи аеродромного покриття за умови, що ґрунтова основа зволожена внаслідок проникання води через шов в покритті. Розрахункову схему для визначення змінної величини осадки показано на рис. 2.

Виходячи з виразу (1), визначимо величину осадки елементарного паралелепіпеду зволоженого ґрунту в межах ґрунтової основи аеродромного покриття. Закон ущільнення ґрунту в межах елементарного паралелепіпеду (рис. 2) запишеться у вигляді двох складових, оскільки в межах стискальної товщі  $H$  існують ґрунти з різними фізичними властивостями:

$$dw(x) = dw_1(x) + dw_2(x);$$

$$dw_1(x) = \frac{\varepsilon_0 - a_1 \gamma_1 y - \varepsilon_0 + a_1 \left( \gamma_1 y + \varphi(x) \frac{H-y}{H} \right)}{(1 + \varepsilon_0 - a_1 \gamma_1 y) H} dy; \quad (3)$$

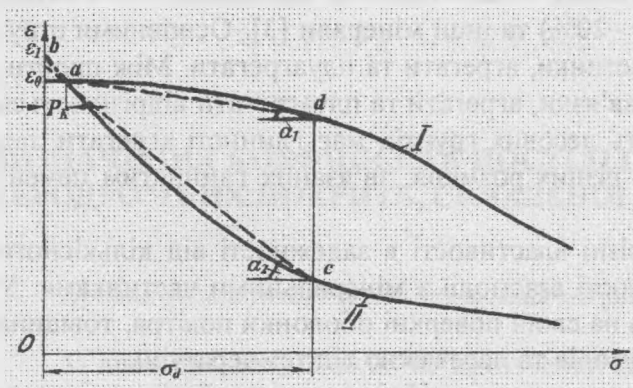


Рис. 1

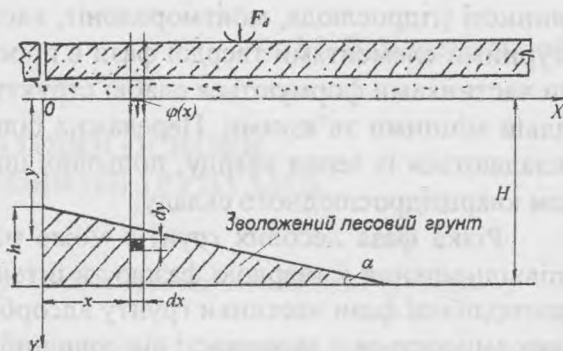


Рис. 2

$$dw_2(x) = \frac{A-B}{1+A} dy \quad (4)$$

де  $\varepsilon_0 - a_1 \gamma_1 y$  – коефіцієнт пористості ґрунту в межах елементарного паралелепіпеду до навантаження;  $\varepsilon_0 + a_1 \left( \gamma_1 y + \varphi(x) \frac{H-y}{H} \right)$  – коефіцієнт пористості ґрунту в межах елементарного паралелепіпеду після навантаження;  $a_1, a_2$  – коефіцієнти ущільнення ґрунту до та після зволоження;  $\gamma_1, \gamma_2$  – об'ємна вага ґрунту до та після зволоження;  $\varphi(x)$  – реакція аеродромного покриття, тобто тиск на ґрунтову основу, який передається плитою покриття від навантаження літака;  $H$  – товща ґрунтової основи, що ущільнюється під навантаженням;  $dy$  – товщина елементарного паралелепіпеду;

– коефіцієнт пористості зволоженого лесового ґрунту в межах елементарного паралелепіпеду до навантаження;  $\Delta_0 h_k$  – капілярний тиск;  $P_k$  – критичний тиск, тобто тиск, при якому зволожений лесовий ґрунт не набухає і не дає осадки;  $B$  – коефіцієнт пористості зволоженого лесового ґрунту в межах елементарного паралелепіпеду після навантаження;

При виводі залежностей (3), (4) виходимо з таких припущень: реакція від дії навантаження від літака  $\varphi(x)$  змінюється в межах шару, що ущільнюється (стискується) за лінійним законом.

Для визначення величини осадки ґрунтової основи в перерізі ( $x$ ) інтегруємо вирази (3), (4) в межах відповідно від 0 до  $H-h+xtg\alpha$ , та від  $H-h+xtg\alpha$  до  $H$ . Після виконання математичних дій отримаємо:

$$w(x) = \frac{\varphi(x)}{H} \left[ \frac{1}{a_1 \gamma_1^2} C - \frac{1}{a_2 \gamma_2^2} D \right], \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{де} \quad C &= (1 + \varepsilon_0 - a_1 \gamma_1 H) \ln \frac{1 + \varepsilon_0}{1 + \varepsilon_0 - a_1 \gamma_1 (H - h + xtg\alpha)} + a_1 \gamma_1 (H - h + xtg\alpha); \\ D &= (1 + \varepsilon_1 - a_2 (\gamma_2 H + (\gamma_1 - \gamma_2) (H - h + xtg\alpha) + \Delta_0 h_k - P_k)) \times \\ &\times \ln \frac{1 + \varepsilon_1 - a_2 (\gamma_1 (H - h + xtg\alpha) + \Delta_0 h_k - P_k)}{1 + \varepsilon_1 - a_2 ((\gamma_1 - \gamma_2) (H - h + xtg\alpha) - \gamma_2 H + \Delta_0 h_k - P_k)} - a_2 \gamma_2 (h - xtg\alpha). \end{aligned}$$

Згідно з гіпотезою Фуса-Вінклера значення коефіцієнта постілі  $K_s$  є величина постійна по  $x$ . Аналізуючи отриману залежність (5), робимо висновок, що величина, яка є складовою

добутку реакції аеродромного покриття  $\varphi(x)$  і змінюється по  $x$ , в даному випадку може вважатися коефіцієнтом постілі  $K_s$ .

Виходячи з отриманих залежностей, коефіцієнт постілі  $K_s$  не є величиною табличною, а залежить від досить значної кількості факторів ( $H, a_1, a_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \gamma_1, \gamma_2$ ). Коефіцієнт постілі  $K_s$  слід обчислювати для кожної ділянки покриття з врахуванням даних досліджень і характеристик ґрунтів.

Характер пружно-деформованого стану аеродромного покриття на лесовому ґрунті, що осідає при зволоженні, в значній мірі залежить від характеру намокання ґрунтової основи.

### Список літератури

1. СНиП 2.05.08-85. Аэродромы.
2. Клепиков С.Н. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах. – К.: Будівельник, 1987. – 196 с.
3. Ананьев В.П., Гильман Я.Д., Коробкин В.И. Лессовые породы как основания зданий и сооружений. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1976. – 216 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Высш. шк. 1983. – 288 с.

Стаття надійшла до редакції 30.04.01.

ББК 0 880. 216 661.3

УДК 656.7.004

Е.В. Майкова, Н.Ф. Халімон

### ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ПОЛЬОТИ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ НА ТРАСАХ

*Розглянуто результати дослідження систем керування рухом повітряного транспорту за допомогою застосування апарата теорії масового обслуговування. Показана можливість моделювання роботи аеропорту в складних метеорологічних умовах як системи масового обслуговування. Наведено аналіз ефективності функціонування аеропорту.*

Метеорологічні умови значною мірою впливають на безпеку, регулярність і економічність повітряного руху. Погіршення метеорологічних умов на трасах може різним способом відбиватися на можливостях здійснення польотів повітряних кораблів (ПК). Погіршення видимості на трасі ускладнює умови польоту, але не викликає їх припинення. Виникнення, наприклад, грозових осередків призводить до того, що ділянки трас або траси в цілому стають непридатними для безпечних польотів. При цьому ділянки трас необхідно обходити або переривати польоти на час існування таких осередків. Згодом ці осередки під впливом вітру або в процесі розрядів зникають і польоти відновляються.

Розглянемо ділянку однієї з трас, на якій польоти можуть перериватися внаслідок виникнення грозових осередків. Ділянка траси на визначеному вертикальному ешелоні може знаходитися в таких станах використання (див. рисунок):

- 0 – умови для польотів нормальні, але польотів немає;
- 1 – умови для польотів нормальні, на ділянці знаходиться ПК, протяжність ділянки траси не перевищує мінімуму поздовжнього ешелонування,
- 2 – на ділянці траси спостерігається грозова хмарність, тому польотів немає;
- 3 – грозова хмарність утворилася на трасі під час польоту даної ділянки ПК, у несприятливих умовах політ продовжується.