

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

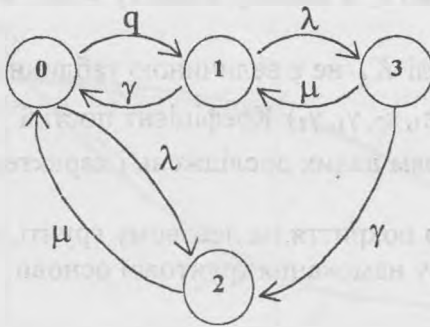
ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ПОЛЬОТИ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ НА ТРАСАХ

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.



Граф станів аналізованої ділянки траси

нунуваних: $\mu = \frac{1}{T_2}$ і хмарності на ділянці траси випадковий і розподілений показниково з параметром $\lambda = \frac{1}{T_1}$ (T_1 – тривалість часу, протягом якого польоти на ділянці траси можливі), час існування грозового осередку на ділянці траси).

Ситуації на даній ділянці траси можуть бути описані такими диференціальними рівняннями:

Нормуюча умова має такий вигляд: $\sum_{i=0}^3 p_i(t) = 1$, де $p_i(t)$, $i=0, 1, 2, 3$ – ймовірність виникнення i -ї ситуації на ділянці траси.

В усталеному режимі (при $t \rightarrow \infty$) одержуємо розв'язок цих рівнянь у вигляді:

де $K_r = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$ – коефіцієнт готовності ділянки траси для здійснення польотів за метеорологічними умовами.

Ймовірність того, що черговий ПК одержить можливість здійснити проліт даної ділянки траси дорівнює $p_{\text{обсл}} = p_0$.

При ідеальних погодних умовах, коли $\lambda = 0$, одержуємо

Проте на практиці для диспетчера керування повітряним рухом, який дає дозвіл на польоти на даній трасі, інформація про метеорологічні умови надходить або від метеорадіолокатора, або за повідомленнями літака-зондувальника.

Якщо розташування хмарності, її конфігурація, розміри, напрямок прямування, швидкість переміщення та інші характеристики визначаються радіолокаційним методом, то необхідно враховувати, що є труднощі виміру оберненого розсіяного зображення і точність вимі-

При цьому будемо дотримуватись таких припущень:

– потік ПК на ділянці траси найпростіший з параметром q , час прольоту ділянки траси внаслідок впливу метеорологічних умов та інших чинників випадковий, показниково розподілений з параметром $\gamma = \frac{1}{\tau}$ (τ – математичне сподівання тривалості часу прольоту даної ділянки траси);

– час між послідовними моментами виникнення грозових осередків на ділянці траси розподілений показниково з параметром $\lambda = \frac{1}{T_1}$ (T_1 – тривалість часу, протягом якого польоти на ділянці траси можливі), час і-

снування грозового осередку на ділянці траси).

ру цих характеристик залежить від стану хмарності і характеру опадів. Ефективна поверхня хмарності, що відбиває електромагнітні хвилі, являє собою ефективну площу її розсіювання. Вона залежить від багатьох чинників і є величина випадкова.

Внаслідок обмеженої чутливості приймального пристрою радіолокаційної станції обмірювання розміри і конфігурація хмарності на індикаторі не повною мірою відповідають реальності, що повинні враховувати диспетчер керування повітряним рухом і екіпаж ПК.

Якщо відображені на індикаторі розміри хмарності відрізняються від фактичних відповідно до нормального закону розподілу похибок, то визначені по індикатору розміри хмарності менші фактичних максимально на розмір 3σ , де σ – середнє квадратичне відхилення похибки. Це значить, наприклад, що фактично час існування грозового осередку в зоні аналізованої ділянки траси може бути більшим на величину $3\sigma_{T_2}$: $T_2' = T_2 + 3\sigma_{T_2}$, що призведе до зменшення розміру

Цей факт призводить до зменшення ймовірності того, що ПК одержить можливість здійснити проліт аналізованої ділянки траси:

Величина похибки $\Delta p_{\text{обсл}} = p_{\text{обсл}} - p'_{\text{обсл}}$ на практиці може бути істотною, що може відбитися як на безпеці, так і економічності повітряного руху.

Під час вивчення умов польоту мають місце похибки визначення розташування і розмірів осередків грозової діяльності у бік як збільшення, так і зменшення їхніх розмірів, що відбивається на визначенні часу відсутності умов для польотів.

При цьому можуть бути випадки, коли

Для цих двох значень можна визначити відповідні значення ймовірностей $p'_{\text{обсл}}$ і $p''_{\text{обсл}}$. Тоді ймовірність наявності необхідних умов для польотів на ділянці траси буде знаходитись в межах: $p'_{\text{обсл}} \leq p_{\text{обсл}} \leq p''_{\text{обсл}}$.

Аналогічна ситуація може виникнути і внаслідок похибок визначення характеристик хмарності літаком-зондувальником через похибки виміру і старіння одержуваної інформації. Фактичний стан хмарності весь час змінюється, тому інформацію про її стан необхідно враховувати.

На практиці при польотах ПК треба враховувати можливість виникнення небезпечних метеорологічних явищ, що обмежують польоти. При цьому може бути декілька ситуацій. Якщо на трасі під час польоту певного ПК існують нормальні умови, то перешкод для виходу на цю трасу і завершення польоту на ній немає. При відносно великій протяжності траси на деякому її відрізку можуть виникати небезпечні для польоту метеорологічні явища (грозова хмарність, турбулентність). Ці явища характеризуються певною тривалістю існування. Якщо до підльоту ПК до місця перебування зони такого явища воно зникає під впливом вітру або інших чинників, то ПК продовжує політ без обмежень. Якщо під час польоту таке явище виникає раптово, то цей політ не може продовжуватись в ризикованих умовах при відсутності умов для обходу зони дії цього явища.

Розглянемо певну трасу польотів протяжністю L . На відстані ℓ_1 від її початку виникає небезпечна грозова хмара, що існує в цій зоні протягом часу t_2 . Тривалість часу польоту від початку траси до місця існування цієї хмарності складає $t_1 = \frac{\ell_1}{V}$, де V – шляхова швидкість

польоту ПК. Дозвіл для польоту на цій трасі можна дати літаку, якщо $t_1 \leq t_2$. Якщо $t_1 < t_2$, треба або затримати політ, або визначити маршрут його польоту в обхід небезпечної зони.

Якщо вважати, що розподіл інтервалів часу між двома сусідніми ПК показниковий з параметром q , то кількість ПК, що одночасно знаходяться на трасі, дорівнює $n = qT$, $T = \frac{L}{V}$.

З них у небезпечній зоні може знаходитися $n_1 = \frac{\ell_1}{L} qT$ ПК, а в зоні нормальних польотів:

$$n_2 = n - n_1 = qT \left(1 - \frac{\ell_1}{L}\right).$$

Дозвіл на польоти по цій трасі одержує тільки той ПК, для якого виконується умова $t_1 > t_2$. При цьому випуск ПК на трасу здійснюється із затримкою на час $\Delta t = t_2 - t_1$, якщо $t_2 > t_1$.

Прогнозування метеорологічних обставин дозволяє своєчасно затримати ПК перед входом у зону керування на цій трасі, якщо розрахунки показують, що він може потрапити в небезпечну зону.

На практиці закони розподілу часу існування небезпечного метеорологічного явища на трасі й інтервалу часу між послідовними появами таких чинників можуть відрізнятися від експоненціальних, що ускладнить аналітичну оцінку станів обслуговування польотів. У цьому випадку доцільно моделювати польоти ПК у складних метеорологічних умовах за допомогою ЕОМ.

Під час побудови моделей процесів, що відбуваються на повітряних трасах під впливом складних метеорологічних умов, використовується аналітичний апарат математичної теорії масового обслуговування. Однак незважаючи на всі переваги описаного підходу головна складність пов'язана з формалізацією досліджуваного процесу і побудовою початкової математичної моделі для нього. Навіть у тих задачах, де вдається застосувати аналітичні методи опису за допомогою диференціальних рівнянь, цей метод завжди потребує певних припущень (наприклад, про пуассонівський характер потоків подій, марковський процес, незалежність або слабку залежність випадкових величин) і часто виникає питання про оцінку їхньої точності. Цих недоліків позбавлений метод статистичного моделювання випробувань, [1; 2].

Метод статистичного моделювання дозволяє визначити показники ефективності обслуговування ПК на трасах, які значно залежать від випадкових чинників. Алгоритм дозволяє накопичити статистичний матеріал для вирішення задач оптимізації систем масового обслуговування. Розроблені машинні моделі дають можливість оцінювати результати моделювання для різних законів розподілу часу вказаних інтервалів. Аналіз показує, що експоненціальний закон розподілу призводить до найгірших умов польотів на трасах. Запропоновані ймовірнісні показники функціонування авіатрас у складних умовах, наведені результати досліджень дають змогу удосконалювати прогнозування показників функціонування аеропортів з урахуванням складних метеоумов.

Список літератури

1. Бусленко Н.П., Голенко Д.И., Соболев И.М., Срагович В.Г., Шрейдер Ю.А. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). – М.: Физматгиз, 1962. – 331 с.
2. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. – М.: Мир, 1965. – 302 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.01.