

УДК 656.71.06(045)

П.В. Попов, канд. техн. наук

## НОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКА ІНФОРМАТИВНОСТІ АЕРОДРОМНОГО СВІТЛОСИГНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ПІД ЧАС ПОЛЬОТІВ У СКЛАДНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Кафедра електроенергетичних систем, НАУ, e-mail: ppv6@km.ru

*Розроблено методику забезпечення заданого рівня безпеки польотів через нормування показника інформативності функціональних груп світлосигнальних вогнів на технологічних етапах взаємодії екіпажу повітряного судна з аеродромним світлосигнальним комплексом під час польотів у складних метеорологічних умовах.*

### Постановка проблеми

Під час посадки повітряного судна (ПС) в умовах обмеженої видимості ймовірність ідентифікації пілотом функціональних груп вогнів (ФГВ) аеродромного світлосигнального комплексу (АСК) за обмежений проміжок часу істотно знижується. Точність визначення пілотом просторового положення ПС відносно злітно-посадкової смуги (ЗПС) значно ускладнюється через гострий дефіцит часу на прийняття рішення, зумовлене високою швидкістю переміщення ПС по глісаді зниження, а також мінливістю видимості в просторі й часі. Дотепер не існує методики, за якою можна одержати нормовані значення показника інформативності вогнів АСК для гарантованого забезпечення пілота візуальною інформацією про просторове положення ПС у будь-яких метеорологічних умовах під час посадки, зльоту, руху по ЗПС, рулювання по руліжних доріжках (РД) і перону, в технічному завданні на проектування перспективних АСК.

### Аналіз останніх досліджень

Публікації на цю тему можна розділити на три групи.

Першу групу публікацій [1; 2] присвячено визначенню умов видимості світлосигнальних вогнів з кабіни ПС на кінцевій ділянці глісади зниження. У цих роботах оцінюється ступінь видимості вогнів АСК під час польотів у складних метеорологічних умовах (СМУ). Основна вада цих робіт це те, що в оцінці ступеня видимості вогнів не враховується чинник мінливості видимості в атмосфері в часі й просторі. Це істотно знижує достовірність прогнозованої дальності видимості вогнів АСК у районі ЗПС і ймовірність очікуваних екіпажем умов видимості на висоті прийняття рішення (ВІР) про посадку. Запропонована в цих роботах методологія визначення дальності видимості вогнів АСК у СМУ не дозволяє вирішити головне завдання – забезпечення потрібного рівня безпеки польотів за рахунок гарантованого візуального контакту екіпажу зі світлосигнальними вогнями на кінцевому етапі посадки ПС.

Другу групу публікацій [3; 4] присвячено засобам і методам контролю світлосигнальних вогнів АСК. Причому більшість робіт присвячено контролю працездатності ламп світлосигнальних вогнів, і тільки деякі з них – методам і засобам визначення ступеня видимості вогнів у СМУ. У цих роботах здебільшого розглядають технічні питання контролю і не торкаються питань нормування показника інформативності ФГВ АСК у СМУ.

Третю групу робіт [5] присвячено питанням забезпечення експлуатаційної надійності АСК. Основним недоліком подібного типу робіт є те, що в них розглядаються показники надійності АСК у контексті працездатності окремих функціональних систем, елементів АСК у цілому без урахування чинника реального ступеня видимості екіпажем ПС світлосигнальних вогнів у СМУ як кінцевого вихідного параметра ФГВ АСК.

Таким чином, аналіз публікацій показав, що дотепер не існує загальноприйнятих методик нормування показника інформативності ФГВ АСК у СМУ. У цій статті подано один із можливих способів вирішення цієї проблеми.

**Мета** досліджень – розроблення методики нормування показника інформативності ФГВ АСК під час польотів у СМУ та для забезпечення гарантованої ідентифікації світлосигнальних вогнів екіпажем ПС у будь-яких метеорологічних умовах.

### Методика нормування показника інформативності світлосигнальних вогнів

Технологічну схему функціонального використання вогнів АСК екіпажем ПС показано на рис. 1.

Проаналізуємо сім технологічних етапів  $t_i$  взаємодії екіпажу ПС із вогнями АСК, що входять у два технологічних інтервали часу  $\Delta T_i$ , характерні для зльоту  $\Delta T_{зл}$  і посадки ПС  $\Delta T_{пос}$ :

Перший етап  $t_1$  – ділянка траєкторії зниження ПС по глісаді від точки 1 до точки 2, з моменту виявлення вогнів АСК екіпажем на висоті  $H_0$  до мінімально припустимої ВІР про відхід на друге коло  $H_{\min}$ . На першому етапі на ВІР  $H_{ВІР}$  екіпаж ПС зобов'язаний прийняти рішення про продовження посадки або про її переривання і відходу на друге коло.

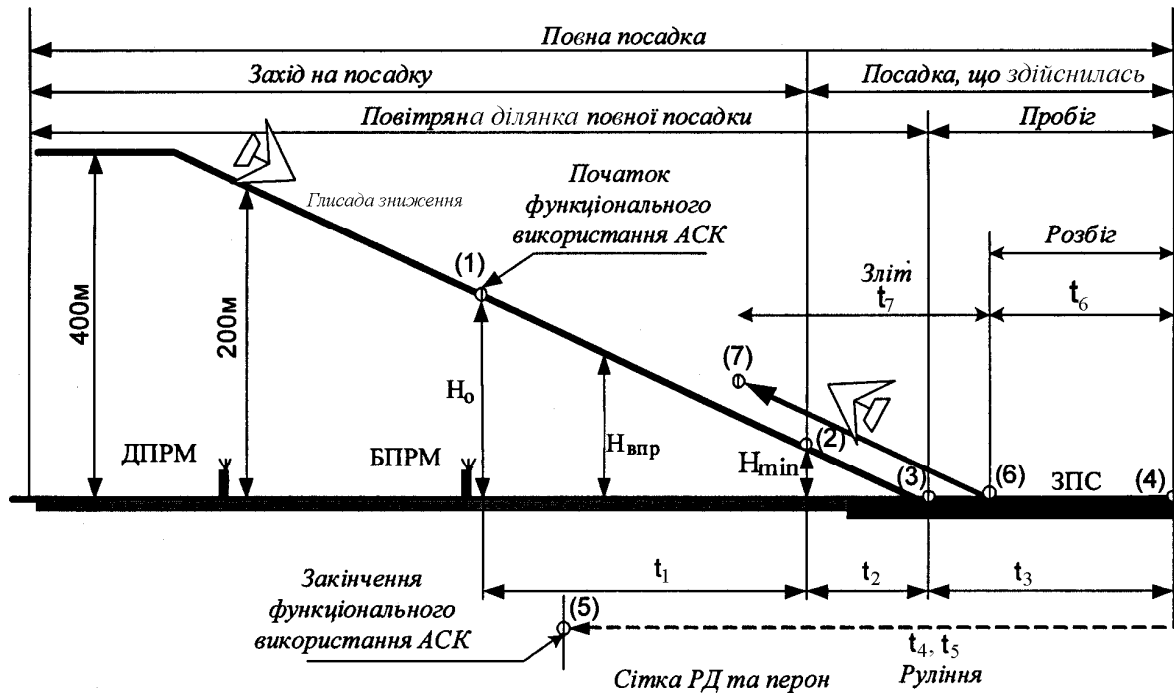


Рис. 1. Технологічна схема функціонального використання вогнів АСК екіпажем ПС під час посадки і зльоту:

$H_0$  – висота виявлення вогнів АСК;  $H_{впр}$  – ВПР;  $H_{min}$  – мінімально припустима висота відходу на друге коло; ДПРМ – дальній привідний радіомаяк; БПРМ – ближній привідний радіомаяк

Другий етап  $t_2$  – ділянка траєкторії зниження ПС від точки 2 до точки 3, з моменту часу прольоту висоти  $H_{min}$  до моменту часу торкання шасі ПС ЗПС. Другий етап характерний тим, що екіпаж уже не в змозі зробити друге коло і за будь-яких умов польоту змушений продовжувати посадку.

Третій етап  $t_3$  – ділянка руху ПС по ЗПС від точки торкання 3 до точки 4, з'їжджання ПС із ЗПС на РД. Третій етап характерний високою швидкістю руху ПС по ЗПС і поступовим її зниженням до припустимої для з'їжджання на РД.

Четвертий етап  $t_4$  – ділянка руху ПС по мережі РД і перону від точки 4 до точки 5, із моменту часу з'їжджання ПС із ЗПС до моменту часу повної зупинки ПС на пероні. Четвертий етап характерний рухом ПС по стандартному маршруту рулювання з використанням засобів АСК, що керують цим рухом. У процесі рулювання ПС по мережі РД можуть перетинатися РД, інші ЗПС, по яких зазвичай інтенсивно рухаються інші ПС і обслуговуючий аеродромний транспорт.

П'ятий етап  $t_5$  технологічно ідентичний четвертому етапу  $t_4$ , але ПС згідно з цим технологічним етапом рухається у зворотному напрямі: від місця стоянки ПС на пероні, точка 5 до точки 4 на виконавчому старті ЗПС. Для п'ятого етапу характерні такі самі умови експлуатації ПС, як і для четвертого етапу під час руління ПС по смугі РД після посадки.

Шостий етап  $t_6$  – ділянка розбігу ПС по ЗПС від точки 4 до точки 6 – відповідає моментам часу початку розбігу ПС від виконавчого старту до моменту часу відриву шасі ПС від ЗПС. Особливістю шостого технологічного етапу є те, що швидкість руху ПС по ЗПС поступово наростає: від нульової на виконавчому старті, до злітної в точці відриву шасі ПС від ЗПС. З досягненням швидкості розбігу ПС по ЗПС, близької до злітної, неприпустимі будь-які позаштатні ситуації, зокрема і втрата екіпажем візуального контакту зі світлосигнальними вогнями АСК, оскільки екіпаж не може вже припинити розбіг ПС і його зліт через обмежену довжину ЗПС.

Сьомий етап  $t_7$  – рух ПС від точки 6 до точки 7, із моменту часу відриву шасі ПС від ЗПС до моменту часу закінчення візуального контакту екіпажу ПС із вогнями АСК.

У такий спосіб технологічні інтервали часу  $\Delta T_i$ , визначаються виразами:

$$\Delta T_{\text{пос}} = \sum_{t_0}^{t_k} t_i = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, t_i \in [t_0, t_k];$$

$$\Delta T_{\text{зл}} = \sum_{t_0}^{t_k} t_i = t_5 + t_6 + t_7 + t_4, t_i \in [t_0, t_k],$$

де  $t_0, t_k$  – початок і закінчення  $i$ -го технологічного етапу;  $t_i$  – час, потрібний екіпажу ПС для виконання технологічного етапу на ділянці траєкторії зниження і руху ПС по ЗПС і РД.

Аналіз розглянутих технологічних етапів і зіставлення їх з вимогами АП-25 норм льотної придатності літаків (НЛПЛ) до забезпечення нормованого рівня безпеки польотів (БП) дозволяє зробити такий висновок.

Вимоги АП-25 поширюються на АСК як до частини авіаційної транспортної системи (АТС), що впливає на очікувані умови експлуатації ПС за технологічного використання засобів АСК екіпажем ПС.

Нормовані вимоги АП-25 до забезпечення БП мають визначати склад АСК і його технічні характеристики.

Відповідно до технологічної схеми (рис. 1) залежно від технологічного етапу взаємодії екіпажу ПС із вогнями АСК до різних ФГВ АСК необхідно ставити різні вимоги АП-25. Цей висновок зумовлено тим, що технічні стани ФГВ АСК впливають на ступінь сприйняття пілотом вогнів у СМУ і, як наслідок, на очікувані умови експлуатації ПС.

Безпека польоту ПС у СМУ залежить здебільшого від правильності прийняття рішення командиром ПС про виконання посадки. Однак на різних технологічних етапах функціонального використання засобів АСК екіпажем ПС залежно від правильності або помилковості прийнятого рішення командиром ПС, кінець польоту може бути різним – від успішного до катастрофічного.

Для ФГВ АСК, використовуваних пілотом під час прямування по ЗПС і РД (етапи  $t_4$ ,  $t_5$ ), АП-25 потребує, щоб відмови технічних систем були якомога малоімовірніші і знаходились у діапазоні  $10^{-5}$ – $10^{-7}$  год<sup>-1</sup>.

Для функціональної системи (ФС) АТС, відмова яких може призводити до аварійної (АС) або катастрофічної (КС) ситуацій, відповідно до норм АП-25 мають бути сконструйовані таким чином, щоб або наявний досвід дозволяв вважати відмову майже малоімовірною –  $10^{-9}$  год<sup>-1</sup>, або використовуване резервування зберігало після двох послідовних відмов можливість продовження польоту в умовах, не гірших, ніж ускладнення умов польоту (УУП) –  $10^{-3}$  –  $10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

Із функціональних груп вогнів АСК до цієї вимоги АП-25 можна віднести топологічну групу вогнів, що візується екіпажем ПС із висоти, близької до  $H_{\min}$  (рис. 1), тому що після прольоту цієї висоти відхід на друге коло неможливий і екіпаж змушений продовжувати посадку (етап  $t_2$ ).

Відмова ФГВ АСК у СМУ на цьому технологічному етапі призводить до миттєвої дезорієнтації пілота в просторі.

У цій ситуації кінець польоту може бути будь-яким, аж до КС.

Використовуване топологічне резервування ФГВ АСК покликано забезпечити умови посадки не гірші, ніж УУП на цьому етапі, однак статистика авіаційних подій (АП) свідчить, що саме на цьому етапі трапляється до 60% усіх АП, пов'язаних із чинником СМУ. Звідси можна припустити, що ефективність топологічного резервування ФГВ АСК під час польотів у СМУ за умовами І–ІІІ категорій ІСАО явно недостатня, або в умовах СМУ неефективна.

У випадку, якщо відмова ФС АТС призводить до виникнення особливої ситуації (ОС) у польоті, то відповідно до вимог АП-25 екіпажу ПС має бути забезпечена можливість:

- 1) своєчасного виявлення відмови;
- 2) ліквідації несприятливих наслідків відмови;
- 3) завершення польоту із ФС АТС, що відмовила.

При цьому за час, потрібний екіпажу для виконання дій, запропонованих керівництвом з льотної експлуатації літака (КЛЕ) [4], ОС не повинна переходити в АС і КС. Аналіз технологічних етапів взаємодії екіпажу ПС із вогнями АСК, топологічних і світлотехнічних характеристик АСК, а також статистики АП показує, що при польотах у СМУ екіпаж вчасно може не визначити своє місце розташування в просторі через відмови вогнів АСК або інші причини, наприклад, раптового погіршення видимості.

Перший пункт наведених вимог явно нездійснений щодо існуючого технічного рівня АСК. Але навіть, якщо екіпаж і виявив відмови вогнів і ці відмови істотно вплинули на процес визначення екіпажем просторового положення ПС відносно ЗПС, ліквідувати наслідки цих відмов він може не на всіх розглянутих технологічних етапах функціонального використання АСК тобто і другий пункт цих вимог сучасні АСК не забезпечують. Нарешті, виходячи з вимоги третього пункту, під час польотів у СМУ за умовами І–ІІІ ІСАО екіпаж ПС не може успішно завершити політ або зліт з використанням ФГВ АСК, що відмовила. Таким чином, екіпаж ПС під час польотів у СМУ найчастіше не в змозі вчасно виявляти відмови вогнів АСК, або неприпустиме відхилення траєкторії зниження ПС від глісади, оскільки технічні і топологічні характеристики експлуатованих у цей час АСК не забезпечують пряму однозначну сигналізацію екіпажу ПС про ці відмови, або просторові відхилення на етапах технологічної взаємодії екіпажу ПС із вогнями АСК.

За результатами проведеного аналізу у табл. 1 наведено вимоги АП-25 для забезпечення нормованого рівня БП для ФГВ АСК, на технологічних етапах  $t_i$  залежно від переважних метеорологічних умов видимості ( $k=0,5-1,0$ ) під час польоту на технологічному етапі  $t_i$ .

Таблиця 1

**Вимоги АП–25 (НЛПЛ) до показників БП на технологічних етапах  $t_i$  взаємодії екіпажу ПС із світлосигнальними вогнями АСК**

Етап польоту $\Delta T_i$	Технологічний етап $t_i$	Класифікація ОС	Нормований показник БП $Q(t_i)_n$ згідно з АП-25 (НЛПЛ)*, час <sup>-1</sup>
$\Delta T_{\text{пос}}$	$t_1$	УУП	$10^{-3}(k=1) \dots 10^{-5}(k=0,5)$
	$t_2$	АС або КС	$10^{-6}(k=1) \dots 10^{-9}(k=0,5)$
	$t_3$	СС	$10^{-5}(k=1) \dots 10^{-6}(k=0,5)$
	$t_4$	УУП	$10^{-3}(k=1) \dots 10^{-5}(k=0,5)$
$\Delta T_{\text{взл}}$	$t_5$	УУП	$10^{-3}(k=1) \dots 10^{-5}(k=0,5)$
	$t_6$	СС	$10^{-5}(k=1) \dots 10^{-6}(k=0,5)$
	$t_7$	УУП	$10^{-3}(k=1) \dots 10^{-5}(k=0,5)$

\*Якщо  $k = 1$ , очікувані умови видимості відповідають реальним; якщо  $k = 0,5$ , реальні умови видимості вогнів відрізняються від очікуваних не більш ніж у два рази.

Розвиток польотної ситуації, що створює загрозу БП, починається з появи несприятливого фактора. В основу класифікації і нормування несприятливих факторів покладено здатність і можливість екіпажу ПС переборювати негативні наслідки їх появи в польоті.

Несприятливий фактор, пов'язаний із мінливістю видимості, варто віднести до найнебезпечніших факторів.

Аналіз досвіду експлуатації ПС СМУ під час виконання посадки або зльоту показує, що ймовірність виникнення АП на цих етапах значно більша, ніж на інших етапах польоту.

На етапі посадки ПС АП найчастіше закінчується важкими льотними подіями. У цьому випадку запобігання екіпажем дії несприятливого фактора і благополучне завершення польоту адекватне не появи в польоті фактора раптового погіршення видимості, що створює невизначену ситуацію, яка істотно впливає на пілота і його просторову орієнтацію, в умовах гострого дефіциту часу на прийняття рішення.

Вплив фактора мінливості видимості на БП визначається не тільки частотою його появи, але й ймовірністю запобігання екіпажем наслідкам погіршення видимості. Тоді рівень БП на етапі візуального пілотування варто оцінювати визначенням не тільки ймовірності появи фактора раптової зміни видимості, але й ймовірності запобігання екіпажем цьому фактору. Ймовірність появи несприятливого фактора в польоті через мінливість видимості, відмов обладнання АСК та інших фізичних і фізіологічних процесів чисельно визначає показник інформативності  $P_F(t_i)$  ФГВ АСК на відповідному технологічному етапі  $t_i$ ,  $t_i \in [t_o, t_k]$ . Цей показник враховує комплексний вплив на мінливість сприйняття пілотом вогнів АСК у СМУ.

Отже, для задоволення допустимих нормованих АП-25 показників БП на технологічних етапах  $t_i$  (табл. 1) має задовольнятися умова:

$$Q_n(t_i) \geq P_F(t_i) [1 - P_e(t_i)], t_i \in [t_o, t_k], \quad (1)$$

де  $Q_n(t_i)$  – нормований АП-25 (НЛПЛ) показник БП для  $t_i$  технологічного етапу польоту з використанням засобів АСК;  $P_F(t_i)$  – показник інформативності АСК на технологічному етапі  $t_i$ ;  $F$  – функція інформативності ФГВ АСК, залежна від метеорологічної дальності видимості і кількості вогнів, що спостерігаються пілотом:

$$F = L_{\text{виз}} / L_n;$$

$L_{\text{виз}}$  – кількість ФГВ, що візуються з кабіни ПС;  $L_n$  – нормована ІСАО мінімальна кількість вогнів, що візуються і припустимі для відповідної категорії посадки;  $P_e(t_i)$  – ймовірність парирування екіпажем несприятливого фактора через зміну видимості на технологічному етапі  $t_i$ .

Умова (1) дозволяє визначити нормоване значення показника інформативності ФГВ АСК  $P_F(t_i)_n$ , потрібне для гарантованого забезпечення заданого рівня БП на технологічному етапі  $t_i$ :

$$P_F(t_i)_n \leq \frac{Q_n(t_i)}{1 - P_e(t_i)}. \quad (2)$$

Ймовірність відбивання екіпажем ПС несприятливого фактора  $P_e(t_i)$  на технологічних етапах  $t_i$  і на будь-якому інтервалі часу має вигляд [6]:

$$P_e(t_i) = \int_0^{t_p} f(t_b) dt_b = 0,5 + \Phi_0 \left( \frac{1}{\sqrt{D}} \ln \frac{t_p'}{t_{b\min}} \right),$$

де  $t_b$  – час, потрібний пілоту для втручання в керування ПС для парирування  $i$ -го несприятливого фактора:

$$t_b = \Delta t_0 + \Delta t_b;$$

$\Delta t_0$  – час виявлення дії несприятливого фактора;  $\Delta t_b$  – час прийняття рішення пілотом;  $\Phi_0(x)$  –

таблична функція Лапласа для аргументу  $x$ ;  $D = D(\ln t'_b)$  – дисперсія виразу  $\ln(t'_b)$ ;  $t'_p$  – реальний час, потрібний пілоту для парирования несприятливого фактора в конкретних умовах польоту:

$$t'_p = t_p - t'_{b \min};$$

$t'_{b \min}$  – мінімально можливий час утручання пілота для конкретного несприятливого фактора;

$$t'_{b \min} = \frac{1}{k} [M(t_b) - t_{b \min}];$$

$k$  – коефіцієнт ускладнень умов польоту;  $M(t_b)$  – математичне сподівання часу втручання для  $i$ -го несприятливого фактора;  $t_{b \min}$  – мінімальний фізіологічний час втручання пілота.

Графіки розрахункового часу, що розподіляються пілотом  $t'_p$  під час польотів по I–III категоріям ICAO, побудовано для стандартних ВПР  $H_{впр}$  (60, 30, 15 м відповідно), посадкової швидкості ПС  $V_{п} = 250$  км/год з вертикальною швидкістю зниження відповідно до КЛЕ для ПС типу Ту-154 [7]  $V_{в} = 5,0$  м/с, мінімальної висоти відходу на друге коло  $H_{\min} = 15$  м (для I категорії ICAO), 5 м (для II і III категорій ICAO) і коефіцієнта УУП  $k = 0,5–1,0$  (рис. 2).

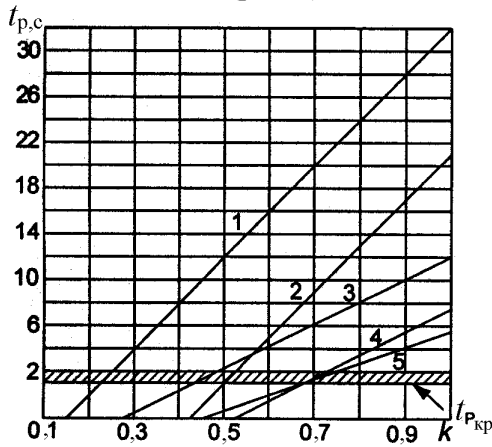


Рис. 2. Розрахунковий час для пілота, для польотів за умовами категорій ICAO: I категорія: 1 – для  $H_{\min} = 15$  м; 2 – для  $H_{кр}$ ; II категорія: 3 – для  $H_{\min} = 5$  м; 4 – для  $H_{кр}$ ; III категорія: 5 для  $H_{\min} = H_{кр}$

Критичну висоту польоту визначають за формулою  $H_{кр} = H_{о.п} = H_{впр} + H_{ш} + H_{к.п}$ , де  $H_{о.п}$  – висота очей пілота над рівнем землі;  $H_{ш}$  – висота шасі ПС;  $H_{к.п}$  – висота установлення крісла пілота в кабіні ПС над рівнем осьової лінії літака.

Критичний час (мінімально можливий час) для прийняття рішення пілотом ПС  $t_{р,кр} = 2$  с.

Результати розрахунків подано у вигляді графіків зміни ймовірності відбивання екіпажем несприятливого фактора і миттєвого погіршення видимості нижчі від допустимих для відповідних категорій ICAO.

Ймовірність відбивання екіпажем несприятливого фактора на технологічному етапі  $t_1$  відповідає ймовірності відбивання на етапі  $t_7$ , а на технологічному етапі  $t_3$  на етапі  $t_6$ . Відбивання екіпажем несприятливого фактора на етапі  $t_2$  дорівнює  $P_e(t_2) = 0$ , тому що після прольоту ПС мінімальної допустимої висоти відходу на друге коло  $H_{\min}$  екіпаж технологічно вже не в змозі парировати несприятливий фактор через миттєву зміну видимості і змушений продовжувати посадку в умовах просторової невизначеності ПС відносно ЗПС.

Таким чином, можна за виразом (2) одержати нормовані значення показника інформативності  $P_F(t_i)$  АСК для всіх можливих умов видимості. Результати розрахунків ймовірності відбивання екіпажем несприятливих факторів і нормовані значення показника інформативності АСК на технологічних етапах  $t_i$  для I–III категорій ICAO показано на рис. 3. Для найбільш складних умов польоту, якщо  $k = 0,5$ , нормований показник інформативності АСК і ймовірність відбивання несприятливого фактора наведено в табл. 2.

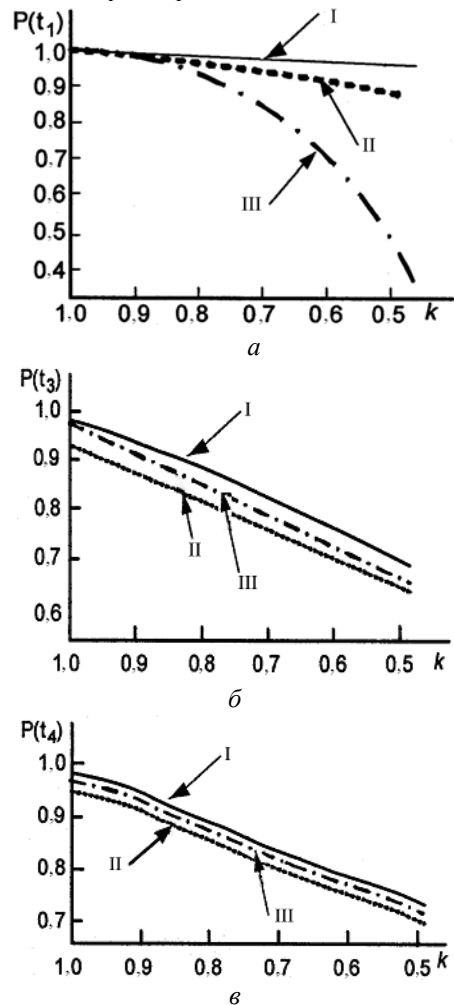


Рис. 3. Залежність зміни ймовірності відбивання екіпажем несприятливого фактора через миттєву погіршення видимості нижчі від допустимих значень відповідно до вимог ICAO за I–III категоріям на технологічних етапах  $t_1$  (а),  $t_3$  (б),  $t_4$  (в)

Таблиця 2

**Нормоване значення показника інформативності  $P_F(t_i)_n$  АСК  
і ймовірність відбивання екіпажем несприятливого фактора  $P_e(t_i)$**

Етапи польоту $t_i$ , якщо $k = 0,5$	Категорія ICAO					
	I		II		IIIА	
	$P_e(t_i)$	$P_F(t_i)_n$	$P_e(t_i)$	$P_F(t_i)$	$P_e(t_i)$	$P_F(t_i)$
$t_1, t_7$	$\cong 1$	Не нормується	0,92207	Від $1,28 \cdot 10^{-3}$ до $1,28 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$10^{-3} \dots 10^{-5}$
$t_2$	0	$10^{-6} \div 10^{-7}$ або $10^{-9}$	0	$10^{-6} \cdot 10^{-7}$ або $10^{-9}$	0	$10^{-6} \dots 10^{-7}$ або $10^{-9}$
$t_3$	0,71585	Від $3,52 \cdot 10^{-5}$ до $3,5 \cdot 10^{-6}$	0,71326	Від $3,49 \cdot 10^{-5}$ до $3,49 \cdot 10^{-6}$	0,61652	Від $2,6 \cdot 10^{-5}$ до $2,61 \cdot 10^{-6}$
$t_4$	0,74997	Від $4,0 \cdot 10^{-3}$ до $4,0 \cdot 10^{-5}$	0,74966	Від $3,99 \cdot 10^{-3}$ до $3,99 \cdot 10^{-5}$	0,74585	Від $3,93 \cdot 10^{-3}$ до $3,93 \cdot 10^{-5}$
$t_5$	0,71585	Від $3,52 \cdot 10^{-5}$ до $3,52 \cdot 10^{-6}$	0,71326	Від $3,49 \cdot 10^{-5}$ до $3,49 \cdot 10^{-6}$	0,61165	Від $2,57 \cdot 10^{-5}$ до $2,57 \cdot 10^{-6}$
$t_6$	0,74903	Від $3,41 \cdot 10^{-3}$ до $3,41 \cdot 10^{-5}$	0,72982	Від $3,37 \cdot 10^{-3}$ до $3,37 \cdot 10^{-5}$	0,68189	Від $2,57 \cdot 10^{-3}$ до $2,57 \cdot 10^{-5}$

Виходячи з потрібних значень показника інформативності АСК для кожного технологічного етапу і відомих характеристик мінливості видимості для конкретного аеропорту, можна визначити необхідні топологічні і світлотехнічні характеристики АСК, а також показники надійності його функціонування для всіх етапів  $t_i$ . Крім цього, знання потрібних значень показника інформативності АСК для конкретних умов його експлуатації дозволяє оптимально розробляти і стратегію його технічного обслуговування. Для гарантованої ідентифікації пілотом періодичної структури аеродромних світлосигнальних вогнів в умовах виконання польотів за I–IIIА категоріями ICAO ймовірність перебування показника інформативності має бути в заданому нормованому діапазоні між двома кривими, як подано на рис. 4, у рівномірному діапазоні зміни коефіцієнта  $k$  від 0,5 до 1.

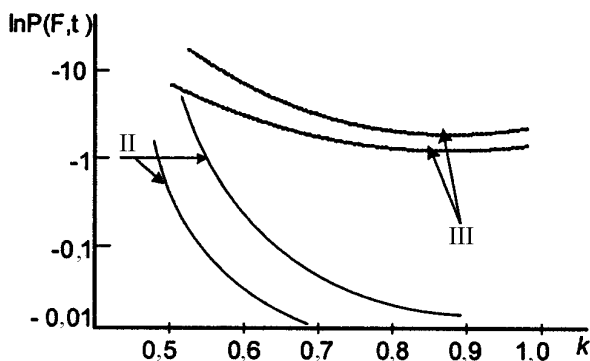


Рис. 4. Нормовані значення показника інформативності АСК для технологічних етапів  $t_1, t_7$  і для II і IIIА категорій ICAO

Пілот під час польотів у СМУ повинен бути гарантовано забезпечений візуальною інформацією на всіх технологічних етапах з необхідною ймовірністю перебування показника інформативності у встановленому діапазоні.

Результати розрахунків ймовірності відбивання екіпажем несприятливих факторів і нормовані значення показника інформативності АСК на технологічних етапах  $t_1, t_7$  для I–IIIА категорій ICAO наведено у табл. 1.

Ускладнення умов польотів (якщо  $k < 1$ ) посилюють вимоги до можливого діапазону зміни показника інформативності. Наприклад, для технологічного етапу  $t_1$  за умов II категорії ICAO і забезпечення вимог АП-25 не гірших, ніж УУП, якщо  $k=1$ , верхній діапазон зміни  $\ln P_F(t_i) \cong -1,8$ , а якщо  $k = 0,5$ ,  $\ln P_F(t_i) \cong -9,0$ ; нижній діапазон обмежений значенням, якщо  $k = 1,0$ ,  $\ln P_F(t_i) \cong$  “не нормуються”, а якщо  $k = 0,5$ ,  $\ln P_F(t_i) \cong -4,8$ .

У такий спосіб у процесі проектування АСК залежно від умов його експлуатації на технологічному етапі  $t_1$  можна задавати вихідні вимоги до ймовірності перебування показника інформативності в заданому діапазоні від “не нормуються” до  $-9,0$ .

Під умовами експлуатації АСК мається на увазі географічний район розташування аеродрому з відомою прогнозованою характеристикою СМУ. Тому вибір вогнів наближення для етапу  $t_1$  і їхніх характеристик буде визначатися оптимальним співвідношенням економічних витрат і вимогами забезпечення БП, оскільки за найгірших метеорологічних умов для II категорії ICAO більша

частина вогнів наближення функціонально не взаємодіють з екіпажем ПС. Сучасні АСК мають у своєму складі вогні наближення з абсолютно однаковими характеристиками.

Отримані характеристики показника інформативності дозволяють більш точно визначати характеристики вогнів і їх топологічне розташування на земній поверхні залежно від їх функціональної значущості для екіпажу на кожному технологічному етапі польоту або руху ПС по ЗПС і аеродрому в СМУ.

Отже, світлотехнічні і топологічні характеристики перспективних АСК мають бути адаптовані, щодо конкретних експлуатаційних умов, ніж діючі тепер АСК.

### Висновки

1. Відсутність методики, що дозволяла б нормувати показник інформативності АСК щодо потрібного рівня БП не дозволяє надалі нормувати всі інші техніко-економічні показники АСК, що гарантовано забезпечували б заданий рівень БП у СМУ.

2. Запропонована методика нормування показника інформативності світлосигнальних вогнів для всіх технологічних етапів функціональної взаємодії екіпажу з АСК дозволяє по-новому підходити до ролі і значення АСК щодо забезпечення БП і новим методам синтезу адаптивних

АСК залежно від типу метеорологічних явищ та технологічних етапів функціональної взаємодії екіпажу зі світлосигнальними вогнями.

### Література

1. Баранов А.М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – С. 203.
2. Рацмор М.Я. Определение углов визирования огней светотехнических систем при расчетах наклонной видимости применительно к минимумам ИСАО // Метеорология и гидрология. – Л., 1984. – №12. – С. 23–28.
3. Геращенко С.Н. Системы летного контроля светосигнального оборудования аэродромов // Пробл. безопасности полетов. – М.: ВИНТИИ, 1989. – №7. – С. 31–39.
4. Ямомур Т., Кадания Т. Установка для измерения интенсивности освещения светосигнального оборудования // РЖ, 06 Воздуш. трансп. – М. – №3. – С. 471.
5. Майзенберг С.И. Критерии и расчетные методы оценки надежности различных схем осевых огней ВПП на аэродроме // РЖ. – М.: Светотехника, 1989. – С. 256.
6. Жулев В.И., Иванов В.С. Безопасность полетов летательных аппаратов. – М.: Транспорт, 1986. – С. 223.
7. Самолет Ту-154. Руководство по летной эксплуатации (РЛЭ-75). – М.: Воздуш. трансп., 1975.

Стаття надійшла до редакції 18.02.05.

П.В. Попов

Нормирование показателя информативности аэродромного светосигнального комплекса при полетах в сложных метеорологических условиях

Разработана методика обеспечения заданного уровня безопасности полетов путем нормирования показателя информативности функциональных групп светосигнальных огней на технологических этапах взаимодействия экипажа воздушного судна с аэродромным светосигнальным комплексом при полетах в сложных метеорологических условиях.

P.V. Popov

Normalization of informatisation parameter on airfield light-signal bar at flights in complex meteorological conditions  
The technique of maintenance of the set level of flights safetivness is developed by normalization of informatisation parameters functional groups of light-signal lightings at technological stages of interaction of crew of the airplane with the airfield light-signals bar at flights in a complex weathercast conditions.