

Запропонована методика може бути рекомендована для практичного застосування при реалізації нових конструктивно-технологічних рішень, наприклад, при створенні і проектуванні гаків підйомно-транспортних машин з використанням технологічних пластин (стаціонарних чи знімних) постійного чи перемінного перерізу, що дозволить істотно зменшити навантаження, які діють у небезпечних точках небезпечного перерізу, при створенні попередньо-напружених елементів мостових конструкцій силових рам автомобілів, вагонів, літальних апаратів, судів тощо.

Дана методика може бути використана як перше наближення при розрахунку конструкцій, які працюють в умовах поперечного вигину. При цьому необхідно враховувати, що ці рішення можна вважати справедливими тільки за межами зон Сен-Венана, що особливо важливо при експериментальному вивченні питання.

Список літератури

1. Полтарушников А.С. Визначення залишкових напруг у складеному поперечному перерізі балки// Вісн. ХГПУ. Нові рішення у сучасних технологіях. – Х. – 2001. – С. 65–70.
2. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1975. – 575 с.
3. Тимошенко С.П., Гере Дж. Механика материалов. – М.: Мир, 1976. – 662 с.
4. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Мир, 1979. – 559 с.
5. Работнов Ю.Н. Сопротивление материалов. – М.: ГИФ-ММ, 1962. – 455 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.02.

УДК 629.735:656.71.06:621.31(045)

С.С. Дев'яткіна

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВОГНІВ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ АЕРОДРОМІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Запропоновано результати порівняльного аналізу надійності системи електропостачання аеродромних вогнів сучасних світлосигнальних систем аеродромів цивільної авіації. Розглянуто різні схеми електропостачання з резервуванням кабельних ліній та без резервування. Наведено оцінку техніко-економічної ефективності резервування кабельних ліній аеродромних вогнів з позицій впливу резервування на безпеку польотів на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах.

Відповідно до вимог нормативно-технічних документів цивільної авіації (ЦА) [1; 2; 3] у категоризованих світлосигнальних системах аеродромів (ССА) електропостачання аеродромних вогнів (АВ) у функціональних підсистемах повинне здійснюватися не менше ніж по двох кабельних лініях від двох регуляторів яскравості (РЯ).

Нормування кількості кабельних ліній у функціональних підсистемах АВ (ПАВ) не містить яких-небудь наукових чи інших обґрунтувань у роботах [1; 2]. У матеріалах ІКАО також відсутні науково обґрунтовані аргументи щодо кількісного складу кабельних ліній у функціональних підсистемах АВ категоризованих ССА [3].

Аналіз даних вимог дозволяє припустити, що їхньою єдиною метою є забезпечення необхідного рівня надійності як кожної функціональної ПАВ, так і ССА в цілому.

Огляд і аналіз літературних джерел, нормативно-технічних документів ЦА, матеріалів ІКАО продемонстрував повну відсутність як рекомендованих показників надійності ССА, так і вимог щодо їх кількісних значень. Отже, вимоги [1; 2] можна розглядати як директиву із забезпечення надійності ССА, кількісного опису якої, як і нормованих показників її надійності, не існує. Виникає логічна суперечність. З одного боку, у нормативно-технічних документах [1; 2] пропонується для обов'язкового виконання спосіб забезпечення (підвищення) надійності ССА, з іншого боку – відсутність можливості переконатися в ефективності запропонованого способу.

Актуальність розглянутої проблеми полягає у тому, що вона торкається не тільки технічних аспектів світлосигнального забезпечення польотів, але й економічних. Неухильне дотримання правила, відповідно з яким електропостачання функціональних ПАВ категоризованих ССА повинне здійснюватися не менше ніж по двох кабельних лініях, означає забезпечення навантаженого резервування кабелю і РЯ в ПАВ і призводить до додаткових матеріальних витрат на кабель і РЯ. Вартість одножильного високовольтного кабелю дорівнює в даний час від 2,5 до 5,0 доларів США за 1 погонний метр. У масштабі ССА другої категорії ці додаткові витрати на кабель можуть скласти до 100 000 доларів США і наближаються до вартості ССА з одного напрямку посадки за схемою ВВІ-I.

Розглянемо з позицій надійності доцільність таких додаткових витрат на забезпечення навантаженого резервування кабелю і РЯ в системах електропостачання АВ. Для цього проведемо порівняльний аналіз показників надійності функціональної ПАВ у випадку забезпечення її електропостачання по двох кабельних лініях, як цього вимагають документи [1; 2], і при використанні однієї кабельної лінії в тій же підсистемі.

Спочатку для переконливості розглянемо два основних аспекти проблеми і відповідні докази.

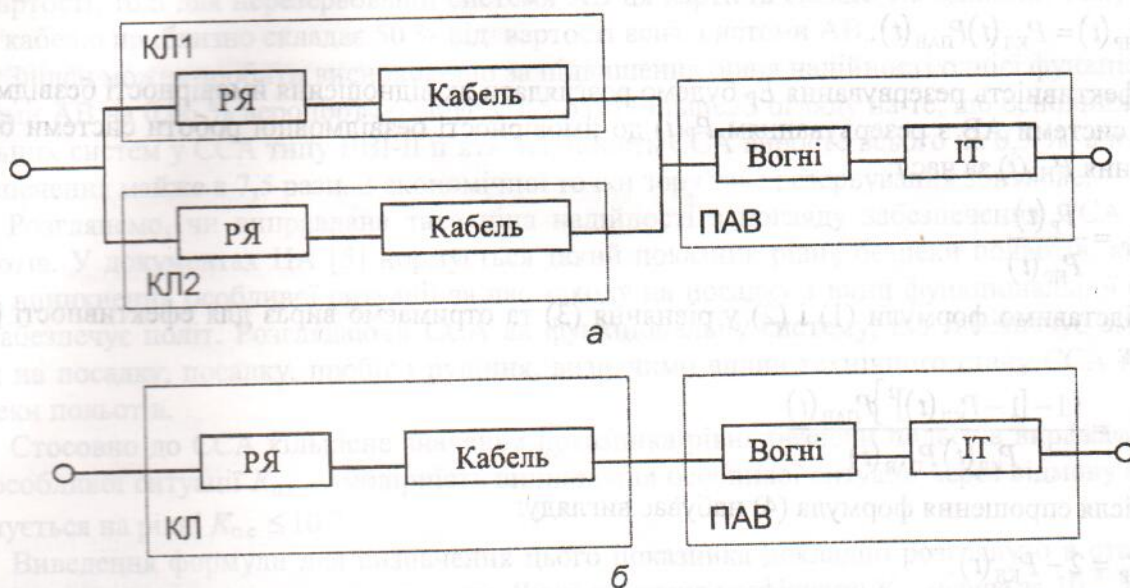
Перший, логічний, аспект проблеми полягає в наявності суперечності між уже розглянутими вимогами щодо електропостачання функціональних ПАВ [1; 2] і критеріями їхнього працездатного стану [4, дод. 1]. Три нормативних документи суперечать один одному. Відповідно до перших двох документів [1; 2] потрібно забезпечити навантажено резервування кабелю і РЯ в підсистемах прожекторних і заглиблених вогнів у ССА типу ВВІ-I і ВВІ-II. А в документі [4, дод. 1] формулюється критерій працездатного стану ССА, відповідно до якого вона знаходиться в працездатному стані і відповідає категорії тільки за умови працездатного стану всіх кабельних ліній у підсистемах прожекторних і заглиблених АВ. Це означає, що у випадку відмови однієї з кабельних ліній у ПАВ дана функціональна підсистема і, як наслідок, уся ССА переходить у непрацездатний стан для категоризованих злітних і посадкових мінімумів, тобто зберігає працездатний стан тільки в простих метеоумовах. Однак для простих метеоумов у системах ВВІ-I і ВВІ-II передбачені вогні малої інтенсивності, що саме в даному випадку і виконують функцію ненавантаженого чи навантаженого резервування прожекторних вогнів практично у всіх функціональних ПАВ. Виникає питання, для чого настійно рекомендується навантажено резервування кабелю і РЯ у функціональних ПАВ, якщо у випадку їхньої відмови вся підсистема переходить у непрацездатний стан?

Відповідь на дане запитання може бути тільки одна. На той випадок, якщо в момент відмови кабелю чи РЯ в ПАВ у зоні аеродрому з'явиться так зване критичне повітряне судно (ПС), яке з технічних чи інших причин не в змозі почати маневр відходу на друге коло чи на запасний аеродром. Отже, для цього ПС нехай буде хоч одна кабельна лінія в підсистемі прожекторних чи заглиблених вогнів, ніж тільки вогні малої інтенсивності чи повна відсутність заглиблених вогнів для ССА типу ВВІ-II. Надалі буде показана неспроможність цього доводу з позицій забезпечення ССА безпеки польотів на етапах візуального пілотування і вартості навантаженого резервування кабелю і РЯ з економічних засад.

Другий аспект проблеми – кількісний аналіз показників надійності – полягає в порівнянні показників надійності двох зазначених варіантів електропостачання АВ. Даний аналіз проведемо, виходячи з припущення, що відмова ПАВ не настає у випадку відмови однієї кабельної лінії, незважаючи на те, що дане формулювання критерію працездатного стану ПАВ вступає в суперечність з усіма нормативними документами ЦА і матеріалами ІКАО. У протилежному випадку порівняльний аналіз надійності ПАВ взагалі позбавлений змісту.

Розглянемо кожну з підсистем прожекторних вогнів ССА, наприклад, вогні наближення і світлових обріїв, електропостачання яких здійснюється по двох кабельних лініях від двох РЯ, функціональну систему АВ, виділивши в ній дві підсистеми: підсистему електропостачання (ПЕ)АВ і ПАВ. До складу ПЕ АВ входять з'єднувальний кабель і РЯ, які складають кабельну лінію (КЛ), до складу ПАВ – АВ з ізолюючими трансформаторами (ІТ).

Для аналізу надійності функціональної системи АВ скористаємося двома структурними логічними схемами: структурною схемою функціональної системи АВ наближення і світлових об'єктів, підсистема електропостачання якої реалізована з використанням двох КЛ і двох РЯ (див. рисунок, а) і функціональної системою АВ, підсистема електропостачання якої містить тільки одну КЛ і один РЯ (див. рисунок, б).



Структурна логічна схема підсистеми ССА з резервуванням (а), без резервування (б)

За показник надійності підсистеми виберемо показник безвідмовності $P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи підсистеми за час t .

Як видно з рисунку, до складу розглянутих функціональних систем АВ входять такі основні елементи: АВ, ІТ, з'єднувальний кабель, РЯ. В обох функціональних системах АВ використовуються елементи одного типу з ідентичними показниками безвідмовності, а кількість і тип АВ та ІТ однакові. Для зручності при аналізі надійності ІТ розглядаються в складі вогню.

У першій функціональній системі АВ (див. рисунок, а) КЛ1 і КЛ2 знаходяться в режимі навантаженого резервування та з'єднані з ПАВ логічно-послідовно. У другій функціональній системі АВ, (див. рисунок, б), одна КЛ з'єднана з ПАВ логічно-послідовно.

При електропостачанні системи АВ по двох КЛ від двох РЯ обидві працюють у режимі навантаженого резервування, що, безумовно, підвищує рівень надійності такої системи в порівнянні з нерезервованою (одна КЛ) системою АВ.

Сформулюємо запитання: наскільки ефективно таке резервування, по-перше, з погляду забезпечення системою АВ необхідного рівня безпеки польотів і, по-друге, з погляду економічної ефективності експлуатації такої системи АВ.

Спочатку вирішимо задачу в загальному вигляді – визначимо ефективність резервування взагалі. Надійність функціональної системи АВ визначається надійністю всіх елементів, що належать до її складу. При електропостачанні АВ по двох і більше КЛ у ПЕ АВ резервуються саме кабель і РЯ. Необхідно відзначити, що найбільше навантажено резервування відноситься саме до кабелю, тому що забезпечення резервування РЯ є простою технічною задачею. Введемо такі позначення:

- імовірність безвідмовної роботи резервованої системи з двома КЛ за час t $P_P(t)$;
- імовірність безвідмовної роботи нерезерованої системи з одною КЛ за час t $P_{НР}(t)$;
- імовірність безвідмовної роботи КЛ за час t $P_{КЛ}(t)$;
- імовірність безвідмовної роботи підсистеми вогнів за час t $P_{ПАВ}(t)$;
- ефективність резервування E_P .

Імовірність безвідмовної роботи резервованої системи АВ за час t як системи з паралельним з'єднанням елементів визначається за формулою

$$P_P(t) = \{1 - [1 - P_{КЛ}(t)]^2\} P_{П АВ}(t). \quad (1)$$

Імовірність безвідмовної роботи нерезерованої системи АВ за час t визначається, як

$$P_{НР}(t) = P_{КЛ}(t) P_{П АВ}(t). \quad (2)$$

Ефективність резервування E_P будемо розглядати як відношення ймовірності безвідмовної роботи системи АВ з резервуванням $P_P(t)$ до ймовірності безвідмовної роботи системи без резервування $P_{НР}(t)$ за час t :

$$E_P = \frac{P_P(t)}{P_{НР}(t)}. \quad (3)$$

Підставимо формули (1) і (2) у рівняння (3) та отримаємо вираз для ефективності резервування:

$$E_P = \frac{\{1 - [1 - P_{КЛ}(t)]^2\} P_{П АВ}(t)}{P_{КЛ}(t) P_{П АВ}(t)}. \quad (4)$$

Після спрощення формула (4) набуває вигляду:

$$E_P = 2 - P_{КЛ}(t). \quad (5)$$

З формули (5) видно, що ефективність резервування залежить тільки від надійності КЛ. Чим нижча надійність КЛ, тим вища ефективність резервування і, навпаки, чим надійніша КЛ, тим таке резервування менш ефективне. Якщо значення E_P дорівнює одиниці, це означає, що резервування не має сенсу.

На практиці в сучасних світлосигнальних системах відмова кабелю типу «обрив» є практично неймовірною подією, тому що така відмова є поступовою і повинна бути попереджена обслуговуючим персоналом. У зв'язку з цим показник надійності КЛ цілком визначається надійністю РЯ. Фактично у ПЕАВ резервується РЯ у такий неординарний спосіб, як прокладання додаткової КЛ, хоча є достатнім резервування тільки РЯ. Сучасні РЯ мають значення параметра потоку відмов $20\,000 \text{ год}^{-1}$.

Тоді ймовірність безвідмовної роботи КЛ за проміжок часу між двома перевірками (12 год) становить близько $P_{КЛ}(t) = 0,9994$. У цьому випадку ефективність резервування з формули (5) дорівнює:

$$E_P = 1,0006.$$

Отже, при застосуванні двох КЛ замість однієї ефективність резервування, у порівнянні з нерезерованою системою, становить 0,06 %.

Проведемо аналіз ефективності резервування КЛ у ПЕ АВ з економічного погляду. Для того, щоб зробити висновок про рентабельність такого резервування, скористаємося поняттям «ціна надійності».

Під ціною надійності будемо розуміти матеріальні витрати на забезпечення 1 % показника надійності системи АВ. У документах ЦА [5] нормуються такі показники надійності для функціональних систем, що забезпечують польоти, як імовірність безвідмовної роботи за визначений час і коефіцієнт готовності системи. За умови заходу на посадку критичного ПС ССА на інтервалі часу $t = 0,5$ год повинна розглядатися як невідновлювана система. У цьому випадку виберемо показник надійності – ймовірність безвідмовної роботи функціональної системи АВ за час t з резервованою КЛ $P_P(t)$. Такий проміжок часу вибирається з тих міркувань, що у критичного ПС навігаційного запасу палива вистачає на 0,5 год.

Припустимо, що значення $P_p(t)$ забезпечує 100 % рівень надійності функціональної системи АВ за час t . Тоді значення ймовірності безвідмовної роботи функціональної системи АВ за час t з нерезервованою КЛ $P_{НР}(t)$ буде забезпечувати надійність на 99,94 %. Визначимо ціну одного відсотка надійності функціональної системи АВ з нерезервованою і резервованою КЛ. Нехай ціна 1 % надійності резервованої функціональної системи АВ складає одну умовну одиницю вартості, тоді для нерезервованої системи АВ ця вартість складе 1,5 одиниці, тому що вартість кабелю приблизно складає 50 % від вартості всієї системи АВ.

Звідси можна зробити висновок, що за підвищення рівня надійності однієї функціональної системи АВ на 0,06 % аеропорт сплачує у 1,5 рази більше. З огляду на те, що основних функціональних систем у ССА типу ВВІ-П п'ять, надійність ССА виросте всього на 0,3 %, а вартість її забезпечення майже в 7,5 рази. З економічної точки зору таке резервування збиткове.

Розглянемо, чи виправдана така ціна надійності з погляду забезпечення ССА безпеки польотів. У документах ЦА [5] нормується такий показник рівня безпеки польотів, як ймовірність виникнення особливої ситуації за час заходу на посадку з вини функціональної системи, що забезпечує політ. Розглядаючи ССА як функціональну систему, що забезпечує візуальний захід на посадку, посадку, пробіг і руління, визначимо вплив технічного стану ССА на рівень безпеки польотів.

Стосовно до ССА кількісне значення показника рівня безпеки польотів виражає коефіцієнт особливої ситуації $K_{o.c}$ – ймовірність виникнення особливої ситуації через відмову ССА, що нормується на рівні $K_{o.c} \leq 10^{-4}$.

Виведення формули для визначення цього показника докладно розглянуто в статті [6], а тут вона скоректована до конкретних умов. Якщо значення коефіцієнта $K_{o.c}$ менше за 10^{-4} , то можна стверджувати, що рівень надійності ССА забезпечує нормований рівень безпеки польотів ПС у складних метеоумовах на етапі візуального пілотування.

Для того, щоб оцінити, чи виправдані витрати на забезпечення надійності ССА, необхідно визначити ймовірність виникнення особливої ситуації для ССА з резервуванням КЛ у функціональних системах АВ і без резервування. Передбачається, що для ССА з резервуванням цей показник відповідає нормативному значенню. Тому досить визначити $K_{o.c}$ для ССА без резервування КЛ. Якщо цей показник буде більше нормованого рівня, то витрати на забезпечення надійності цілком виправдані, якщо ж він буде відповідати нормативному рівню, то немає сенсу підвищувати надійність ССА, що і без того забезпечує необхідний рівень безпеки польотів.

Визначимо ймовірність виникнення особливої ситуації на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах для випадку заходу на посадку критичного ПС:

$$K_{o.c} = [Q_{ССА_{н/і}} Q_{АСК}(t) + Q_{ССА}(t_{вз}) + Q_{ССА_{А/В}}] Q_{ПСкр} P_{СМУ}, \quad (6)$$

де $K_{o.c}$ – ймовірність виникнення особливої ситуації з вини ССА на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах, 1/посадку; $Q_{ССА_{н/і}}$ – ймовірність стану відмови ССА (немає інформації про відмову); $Q_{АСК}(t)$ – ймовірність відмови засобів автоматичного контролю стану АВ за час між двома перевірками (враховується при наявності засобів контролю, при відсутності таких прирівнюється одиниці); $Q_{ССА}(t_{вз})$ – ймовірність відмови ССА за час взаємодії $t_{вз}$ екіпажу ПС з ССА; $Q_{ССА_{А/В}}$ – ймовірність виявлення ССА у стані відмови (інформація про відмову є, проводиться аварійне відновлення працездатного стану ССА); $Q_{ПСкр}$ – ймовірність заходу на посадку критичного ПС, що не має з технічних чи інших причин можливості відходу на друге коло чи на запасний аеродром.

Формулу (6) перетворимо для вирішення раніше поставленої задачі. Для нашого випадку необхідно розглянути тільки одну причину відмови функціональної системи АВ – відмову КЛ. Тому перший та третій члени в дужках виразу (6) для нашого випадку дорівнюють нулю, оскільки вони описують відмову ССА через відмову підсистем аеродромних вогнів.

Кабельна лінія розглядається як невідновлювана система протягом часу $t = 0,5$ год. Тобто, якщо відмова КЛ відбулася за час до прильоту критичного ПС менше ніж час, необхідний на

відновлення працездатного стану КЛ, то протягом часу, що залишився, КЛ розглядається як невідновлювана система, що характеризується таким показником надійності, як імовірність відмови $Q_{\text{КЛ}}(t)$ за час t .

Формулу (6) можна переписати у вигляді:

$$K_{\text{о.с}} = Q_{\text{ССА}}(t) Q_{\text{ПСкр}} P_{\text{СМУ}}, \quad (7)$$

де $Q_{\text{ССА}}(t)$ – імовірність відмови всієї ССА за час t .

У загальному вигляді цей показник надійності для ССА розраховується за формулою

$$Q_{\text{ССА}}(t) = \prod_{i=1}^N Q_{\text{ПССА}}(t)_i, \quad (8)$$

де N – загальна кількість функціональних систем АВ у ССА; $Q_{\text{ПССА}}(t)$ – показник імовірності відмови підсистеми ССА за час t .

Визначення імовірностей відмов для кожної з підсистем АВ за час t необхідно при вирішенні конкретної задачі для визначеної ССА. При вирішенні задачі в загальному вигляді з метою спрощення розрахунків формулу (8) можна переписати в такому вигляді:

$$Q_{\text{ССА}}(t) = 1 - [1 - Q_{\text{ПССАmin}}(t)]^N, \quad (9)$$

де $Q_{\text{ПССАmin}}(t)$ – показник імовірності відмови найменш надійної з усіх функціональних систем АВ ССА за час t .

У цьому випадку показник $Q_{\text{ССА}}(t)$ буде свідомо завищений, тобто подальші розрахунки будуть проводитися для найгіршого випадку. Якщо коефіцієнт виникнення особливої ситуації в цьому випадку буде задовольняти нормованому рівню безпеки польотів, то для реальних умов він буде меншим за нього з надлишком.

Розрахунок основних показників надійності докладно розглянуто в роботі [7].

Очевидно, що найменш надійна підсистема – підсистема осьових вогнів злітно-посадкової смуги, тому що в ній найбільша кількість вогнів і найбільша довжина кабелю. За даними розрахунку при $t = 0,5$ год $Q_{\text{ПССАmin}}(t) = 0,0199$. Загальна кількість обов'язкових підсистем для ВВІ-П дорівнює 5. Тоді відповідно до виразу (9) $Q_{\text{ССА}}(t) = 0,0957$.

Для аеропорту Бориспіль відповідно до статистичних даних (одна посадка за 3 р. при здійсненні в середньому 40 посадок за добу):

$$Q_{\text{ПСкр}} = 2,28 \cdot 10^{-5};$$

$$P_{\text{СМУ}} = 0,01.$$

Підставивши ці значення у формулу (7), одержимо:

$$K_{\text{о.с}} = 2,18 \cdot 10^{-8}.$$

З наведених розрахунків видно, що навіть при взятих свідомо занижених показниках надійності ССА забезпечує необхідний рівень безпеки польотів.

Отже, ССА при електропостачанні по одній КЛ забезпечує нормований рівень безпеки польотів.

Виникає явна суперечність між вимогами щодо нормативних документів і результатами розрахунків. Це можна пояснити тим, що нормативні документи склалися понад 10 р. тому, коли рівень розвитку техніки був набагато нижчим ніж зараз і показники надійності елементів були набагато гіршими. При тих показниках надійності резервування кабелю і РЯ було виправданим.

При сьогоднішньому рівні розвитку техніки таке резервування не тільки не виправдане, але і збиткове для аеропорту.

Список літератури

1. *Авиационные правила*. Ч. 139. Сертификация аэродромов. Т. 2. Сертификационные требования к аэродромам, 1996. – 84 с.
2. *Нормы годности к эксплуатации в СССР гражданских аэродромов (НГЭА СССР)*. – М.: Транспорт, 1992. – 112 с.
3. *Аэродромы*. Приложение 14 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Т. 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – 3-е изд. – 1999, июль.
4. *Наставление по светотехническому обеспечению полетов в гражданской авиации СССР (НАЭСТОПГА - 86)*. – М.: Транспорт, 1987. – 127 с.
5. *Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран – членов СЭВ*. Одобрены постановлением ПКГА СЭВ от 26.11.1984 г, введены в действие в качестве норм летной годности гражданских самолетов СССР 25.10.1985 г.
6. *Азарсков В.М., Дев'яткіна С.С* Надійність світлосигнальної системи аеродрому та безпека польотів на етапі візуального пілотування у складних метеоумовах // Вісн. Трансп. акад. України.– № 4. – 2001. – С. 12 – 14.
7. *Дев'яткіна С.С*. Методика визначення надійності світлосигнальних систем аеродромів // Матеріали III міжнар. наук. – техн. конф. «Авіа-2001», 24-26 квіт. 2001 р. – К., 2001. – С. 6.80–6.82.

Стаття надійшла до редакції 30.03.02.

УДК 662.756.3:504.062 (045)

В.М. Криворотько, канд. техн. наук,
В.М. Ісаєнко, канд. техн. наук

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГОНОСІЇ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ

Розглянуто перспективи використання біомаси як екологічно чистого відновлюваного джерела енергії. Проаналізовано можливості та доцільність застосування олійних культур і, зокрема, ріпаку для виробництва нетрадиційного екологічно безпечного моторного палива для дизельних двигунів, його основні фізико-хімічні показники, екологічні й експлуатаційні характеристики та потенціал транспортних засобів, здатних працювати на зазначеному паливі.

Вступ. В останнє десятиріччя стратегічного значення для України набула проблема забезпечення її господарства енергетичними ресурсами. У зв'язку з цим державна концепція енергетичної політики, яка була прийнята у 1994 р., визначила такі довгострокові пріоритети розвитку енергетики України до 2010 р.:

- скорочення загального енергетичного споживання;
- підвищення частки місцевих енергоресурсів у загальному постачанні з 42 до 51 %;
- збільшення долі нових, відновлюваних енергоресурсів з 2 до 8–10 %.

Одним із шляхів зменшення обсягів споживання традиційних енергоносіїв є впровадження енергозберігаючих технологій та використання як альтернативних нетрадиційних енергоносіїв, зокрема, відновлюваних джерел енергії.

Застосування нетрадиційних енергоносіїв дозволяє вирішити кілька важливих проблем:

- скоротити споживання органічного палива, а отже, зменшити негативний вплив від його спалювання на навколишнє середовище;
- ефективно вирішувати регіональні проблеми забезпечення енергоносіями на базі місцевих, у тому числі і відновлюваних ресурсів;
- створити нові робочі місця.