

УДК 629.735.05:53.087.61:331.101.1(045)

Ю. В. Грищенко, канд. техн. наук, доц.

АНАЛІЗ ОСЦИЛОГРАМ ПОЛЬОТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРЕНДОВИХ АЛГОРИТМІВ

Інститут електроніки та систем управління, НАУ e-mail:iesy@nau.edu.ua

Присвячено питанням опрацювання інформації про виникнення явища підсилення динамічного стереотипу в пілотів у разі дії на них сукупності негативних факторів. Актуальність роботи визначено тим, що 80 – 90 % авіаційних випадків припадає на людський чинник.

Ключові слова: динамічний стереотип, трендові алгоритми, параметри польоту, техніка пілотування.

Вступ. Завдання застосування безрозмірних коефіцієнтів під час оброблення осцилограм польотної інформації для переходу від моментної до інтервальної оцінки можна успішно вирішувати за допомогою трендових алгоритмів [1]. Під трендом розуміють стійкі зміни процесу, що спостерігаються, дають змогу зробити висновок для його прогнозування. За даними обробленої статистики запропонованим методом виявлено ряд закономірностей, які вказують на необхідність проходження курсу антистресової підготовки більшості пілотів [2]. Із використанням розробленого порядку застосування трендових алгоритмів [3] було проаналізовано виникнення негативного явища посилення динамічного стереотипу пілотів на літаках Як-40, Як-42, Ту-154Б та інших і гелікоптері Мі-8.

Аналіз осцилограм польотів. Розглянемо один з варіантів порядку застосування трендових алгоритмів для аналізу протидії пілотів накладанням чинників. Маючи числові дані або графіки зміни курсу, крену (γ) і тангажу від кінця четвертого розвороту до посадки, необхідно визначити відстані від екстремумів до нуля, обчислити різницю між подальшими екстремумами (без модуля) зміни кожного параметра. Результати значень амплітуд (A) потрібно брати за модулем. Виявити максимальні і мінімальні A кожного параметра (за умови $A > 1^\circ$). Обчислити півперіоди (T), що відповідають максимальному і мінімальному значенням кожного параметра. Далі виконуємо розрахунки за такими формулами для кожного параметра:

$$\Delta A = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\min}}; \quad (1)$$

$$\Delta T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\min}}. \quad (2)$$

Після цього складемо загальну картину поліканальної зміни параметрів:

$$\Delta \Delta A_{\gamma, \psi, \theta} = \sqrt{\Delta A_{\gamma}^2 + \Delta A_{\psi}^2 + \Delta A_{\theta}^2}; \quad (3)$$

$$\Delta \Delta T_{\gamma, \psi, \theta} = \sqrt{\Delta T_{\gamma}^2 + \Delta T_{\psi}^2 + \Delta T_{\theta}^2}. \quad (4)$$

Амплітуди можна виміряти і наносити на вісь координат під час роботи з числами в градусах, а під час роботи з графіками – в умовних одиницях, періоди – відповідно в секундах і умовних одиницях.

Використовуючи трендові алгоритми, доцільно порівняти ($\Delta \Delta \delta_{E,H,B}$) відхилення елеронів, керма напряду і висоти з ($\Delta \Delta A_{\gamma, \psi, \theta}$) через зміну параметрів:

$$\Delta \Delta \delta_{E,H,B} = \sqrt{\Delta \delta_E^2 + \Delta \delta_H^2 + \Delta \delta_B^2}; \quad (5)$$

$$\Delta \Delta A_{\gamma, \psi, \theta} = \sqrt{\Delta A_{\gamma}^2 + \Delta A_{\psi}^2 + \Delta A_{\theta}^2}. \quad (6)$$

Наприклад, під час «бовтанки» за розбіжністю і можна судити про якість техніки пілотування, оскільки в разі сильної «бовтанки» досвідчений пілот не допускає великих відхилень параметрів, хоча втрата керма напрямку і елеронів велика. За наявності систем об'єктивного контролю на комплексному тренажері літака (КТЛ) можна не враховувати, оскільки «бовтанці» можна запобігти на пульті інструктора.

Використовуючи трендові алгоритми і програму обробки на ЕОМ, за даними цифродруку можна отримати конкретні дані порівняння, якщо $\Delta\Delta A_{\gamma, \psi, \theta} = \sqrt{\Delta A_{\gamma}^2 + \Delta A_{\psi}^2 + \Delta A_{\theta}^2}$ у польотах з факторними накладками (ФН) – комплексними відмовами на КТЛ і без них. Алгоритм і програма навчання протидії з мінімальним трендом поданий в «Методичних рекомендаціях щодо підвищення рівня протидії пілотів накладкам факторів (для інструкторського складу і інженерів)» в 1990 р. у Міністерстві цивільної авіації СРСР автором цієї роботи. За різницею між $\Delta\Delta A_{\text{ФН}}$ і польотами без відмов можна судити про ступінь протидії пілотів ФН: чим менша різниця, тим більший ступінь протидії, якісні зміни оцінювати кількісно.

У процесі польоту пілоти не завжди можуть уникнути помилкових дій. Причому, як показують статистичні дані, зібрані на КТЛ-74, тривалість неправильного пілотування літака збільшується зі збільшенням кількості одночасно діючих факторів (у розглянутому випадку – відмовлень).

Найхарактернішими помилками в техніці пілотування, спричиненими дією негативних чинників, є не витримування: глісади і швидкості на глісаді планування, а також курсу та виправлення його не в правильному напрямку, не витримування вертикальної швидкості і т. ін. Причому після того, як пілот починає виправляти помилку, посилюється динамічний стереотип за амплітудою і частотою, що фіксується засобами реєстрації польоту. У літературних джерелах наводиться протилежна думка – через дії факторних навантажень відбувається не посилення, а так зване «ламання» динамічного стереотипу дій. Експерименти на КТЛ і дані статистики цього не підтверджують. Особливо невідповідність добре видно з осцилограм за параметром «кут крену». Перевірка такої невідповідності має важливе практичне значення для складання нових програм тренувань, а також для практичних рекомендацій пілоту щодо удосконалення його навичок пілотування. Пілот починає «розгойдувати» літак, навколо потрібного йому параметра, що свідчить про попадання пілота в зону відбитих рухів, тобто спостерігається м'язове (якісне) чи тимчасове (кількісне) розгойдування пілота, що починається з просторової, одержуваної від зорових і чисто дотикальних рецепторів. Причому зорові відчуття об'єктивні, а м'язові – суб'єктивні.

Помилкові й алогічні дії в процесі польоту, зумовлені передусім змінами в розумових процесах просторових сигналів від дії факторних навантажень. Отримуючи просторові сигнали про дії факторних навантажень за достатньої їх кількості пілот може потрапити в зону відбитих рухів. Невміння активно протидіяти факторним навантаженням може призвести до неправильних дій і бортінженерів (переплутання важелів, тумблерів, кнопок і т. ін.). Звідси бачимо важливість навчання просторової затримки рухів усього екіпажу. Значущим елементом навчання такої затримки є навчання льотного складу логіки. Це важлива база його тренувань, вибору єдиного правильного рішення щодо протидії несподіваним подразникам.

Після здійснення алогічних дій деякі пілоти попадають у зону тимчасових відображень, що вказує на нездатність їх затримувати тимчасові відбиті рухи.

Керуючись теорією протидії І. М. Сеченова, який довів, що всі свідомі рухи називаються зазвичай довільними, але й вони можуть бути відбитими. Підсилення динамічного стереотипу без змін «фізіономії» рухів спостерігається в більшості екіпажів під час тренувань.

Придушення тимчасових відображень рухів пілотів є задовільним показником, за яким можна судити про ступінь протидії факторним навантаженням.

Ідеальними є такі відмови, які не впливають на аеродинаміку літака (наприклад, відмова авіагоризонту, погіршення прозорості атмосфери і т. ін.). За осцилограмами можна спостерігати збереження льотного «почерку» пілота, а зокрема його рухомого динамічного стереотипу.

Загальноінтегральну оцінку визначають за різними параметрами:

1. У разі посадки з не випущеними кінцевими закрилками (рис. 1):

$$\Delta A v_1 = 12;$$

$$\Delta A \gamma_1 = 8;$$

$$\Delta A \theta_1 = 8;$$

$$\Delta A \psi_1 = 10;$$

$$\Delta \Delta A_1 = \sqrt{(A v_1)^2 + (A \gamma_1)^2 + (A \theta_1)^2 + (A \psi_1)^2};$$

$$\Delta \Delta A_1 = 19.$$



Рис. 1. Осцилограми змін параметрів польоту (у градусах) з часом (у секундах, де одна поділка дорівнює 10 с) у разі посадки з не випущеними кінцевими закрилками: θ – кут тангажу, γ – кут крену, ν – кут нахилу траєкторії, ψ – курс

2. У разі посадки з непрацюючим двигуном (рис. 2):

$$\Delta A v_2 = 13;$$

$$\Delta A \gamma_2 = 18;$$

$$\Delta A \theta_2 = 9;$$

$$\Delta A \psi_2 = 16;$$

$$\Delta \Delta A_2 = \sqrt{(A v_2)^2 + (A \gamma_2)^2 + (A \theta_2)^2 + (A \psi_2)^2};$$

$$\Delta \Delta A_2 = 34.$$

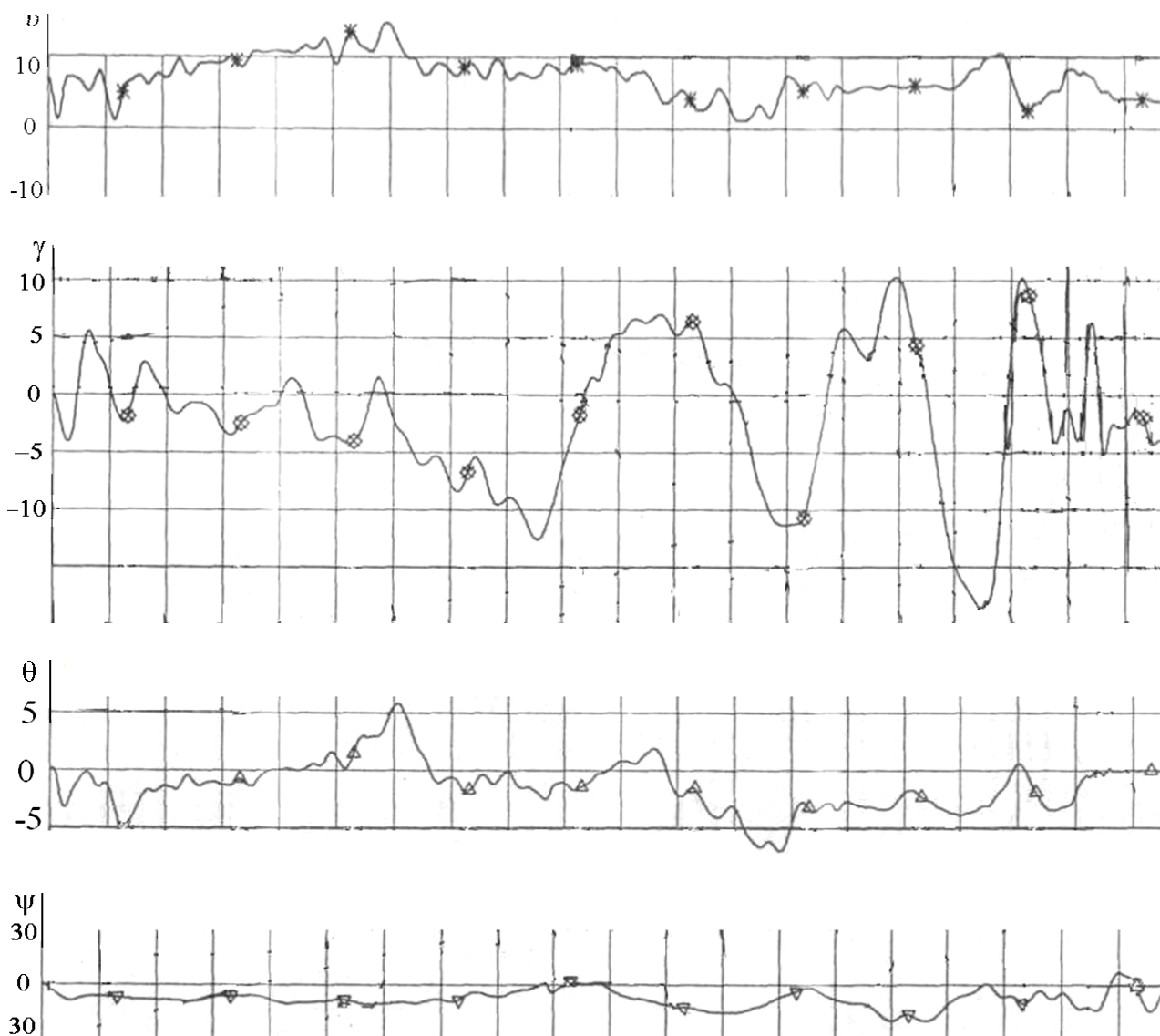


Рис. 2. Осцилограми змін параметрів польоту в разі посадки з непрацюючим двигуном

Дослідженнями на КТЛ доведено, що пілоту «вистачає» вже чотирьох-п'яти комплексно діючих негативних факторів, щоб він вийшов за межу і відмовився надалі від успішного виконання польоту. Тільки досвідчені пілоти, навчені протидії, зможуть працювати за цією «межею». Тому пропонуємо пристрій (рис. 3) для обліку загальної кількості факторів до п'яти. Шостий сигнал лічильника попереджає інструктора про те, що екіпаж працює за «межами».

Таким чином, лічильник обмежений рахунком до шести, а можливих відмов триста. Щоб не перенавантажувати лічильник у випадку, коли інструктор подає на тренажер більше

ніж шість відмов, передбачено логічну схему, яка за своєю суттю є подільником. Завдяки цій схемі за будь-якої кількості факторів-відмов, уведених на КТЛ в кількості більше шести, індикатор на пристрої показуватиме шість відмов. Інструктор же бачитиме, що екіпаж працює на «межі» або за нею.

Лічильник пропонованого пристрою реагує і підраховує кількість чинників-відмов, уведених інструктором на КТЛ. Лічильник видає сигнали, «незрозумілі» для індикаторів. Для цього й будемо використовувати у нашій схемі дешифратор, який подаватиме напругу вже на індикатори.

Щоб знати, протягом якого часу на екіпаж діють відмови, застосовуємо лічильник часу. В основу лічильників часу покладено таймери, які і реєструють час однієї, двох, трьох і так далі відмов.

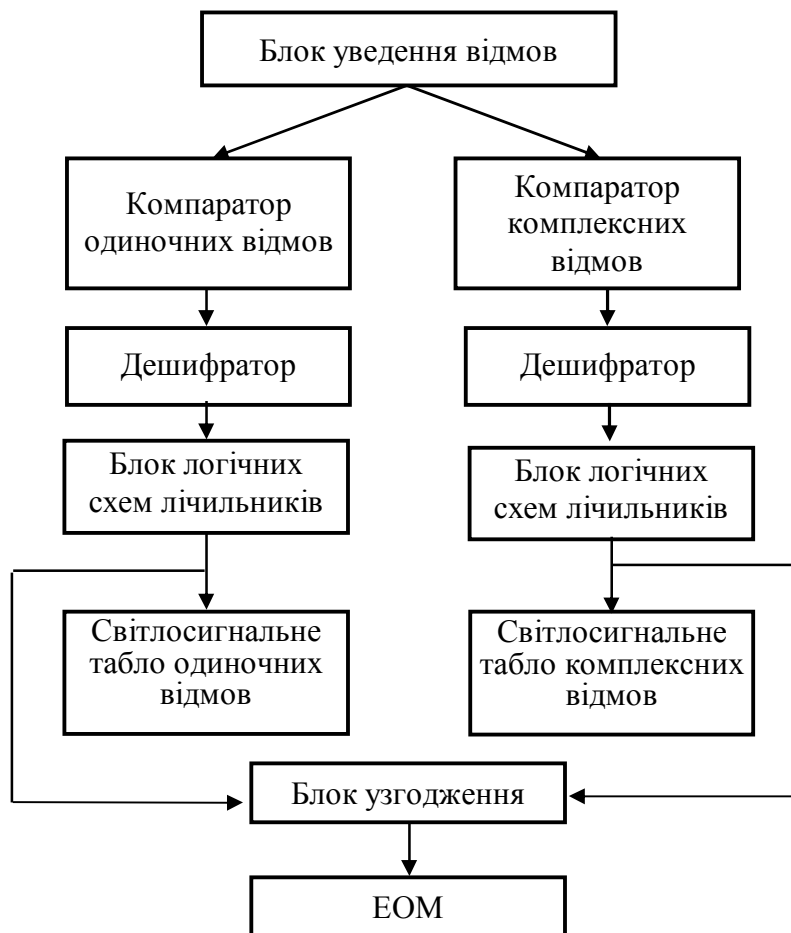


Рис. 3. Функціональна схема пристрою відображення одночасного введення інструктором відмов та їх початку і тривалості

За осцилограмами польоти на КТЛ – нормальний (без одночасно діючих відмов) і факторний (коли різним пілотам інструктора дають однакові відмови для порівняння, потім інший блок і т. ін.) – слугують ілюстрацією того, як діють ФН у реальних польотах. Процес посадки в разі комплексних відмов різко ускладнюється – це видно з якісних змін майже всіх параметрів польоту. Наявність цих якісних факторних змін відхилень дає змогу розробити спеціальний пристрій для їх реєстрації на тренажері; такі ситуації моделюємо на КТЛ (рис. 4).

Щоб мати кількісну характеристику польоту, яка виражається в середньому квадратичному відхиленні, із суматора роздільника подаємо дані амплітуд на пристрій квадратичної обробки сигналів згідно з формулами (1) і (2).

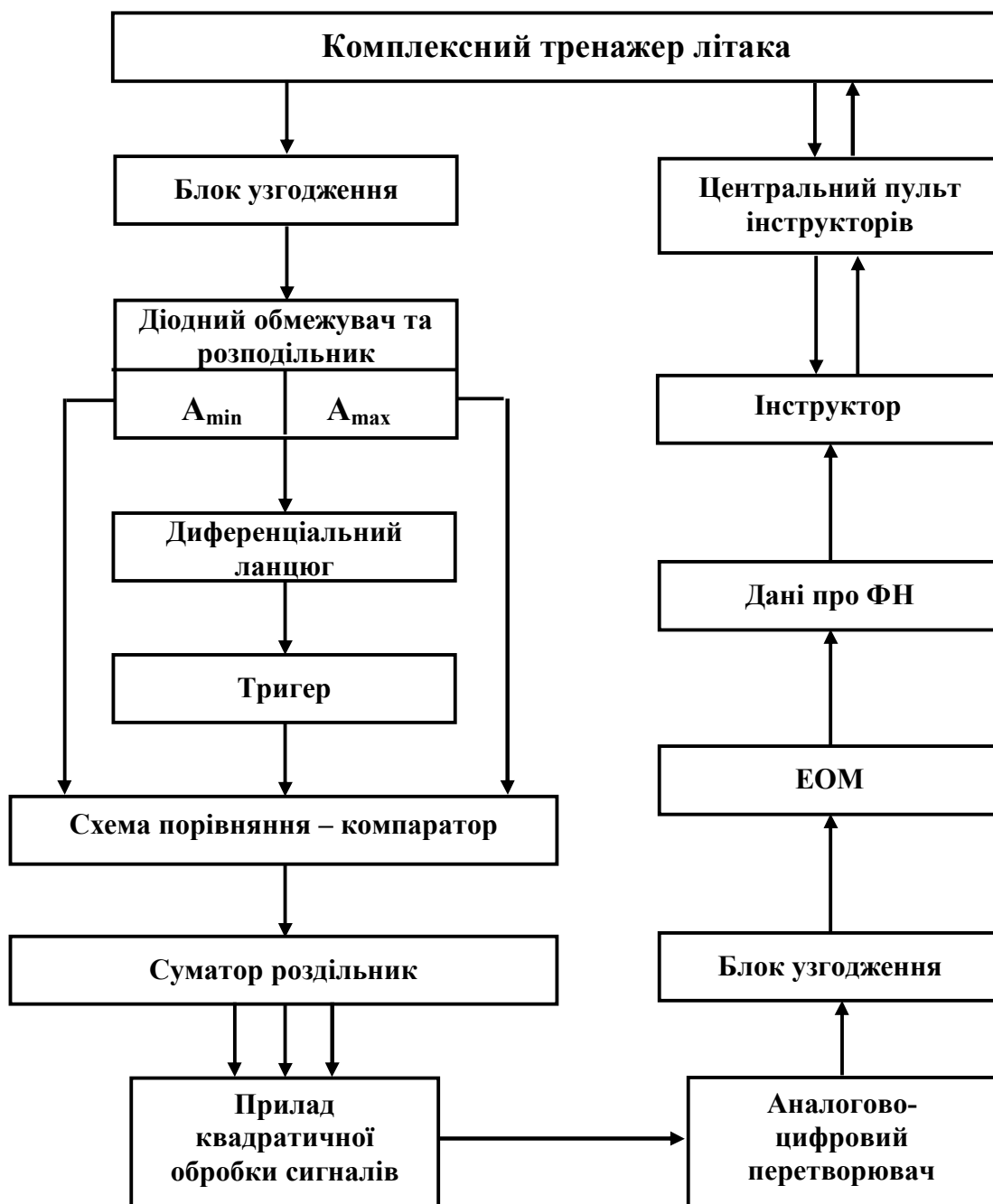


Рис. 4. Функціональна схема пристрою відображення амплітудного посилення динамічного стереотипу пілота

Середнє квадратичне відхилення розраховуємо за формулами (3) – (6).

Залежно від результату, виведеного на табло, можна судити про складність польоту.

Висновки

1. Як видно з розрахунку польоту на КТЛ інтегральна оцінка ступеня підсилення динамічного стереотипу в разі посадки з непрацюючим двигуном більша від інтегральної оцінки в разі посадки з невищеними кінцевими закрілками.

2. В ідеальному випадку порівнювати амплітудне значення потрібно при аналізі польотів одного й того ж пілота без відмов і з уведеними відмовами. За цією різницею можна

визначити амплітудне підсилення, яке виникає під впливом факторних навантажень на пілота, які на КТЛ імітуються комплексними відмовами.

3. Попередні розрахунки за креном показали, що політ з меншою накладкою чинників на пілотів відрізняється від максимальної (відмова двигуна, авіагоризонту, відмови інших систем). Проведено дослідження з уведенням з пульта інструктора трьох однакових відмов, які не впливають на аеродинаміку літака; з'ясовано, що у 80 % пілотів це приводить до амплітудного підсилення динамічного стереотипу, збільшення потоку зауважень за помилками пілота.

4. Перевірка за допомогою трендових алгоритмів виявила, що розглядуване явище має вигляд поліпараметричного розгойдування.

Список літератури

1. Грищенко Ю. В. Статистическое обоснование явления усиления динамического стереотипа у авиаспециалистов при факторных накладках // Вопросы охраны труда и окружающей среды в процессах технического обслуживания и ремонта авиационной техники. – К.: КИИГА, 1990. – С. 8 – 14.
2. Грищенко Ю. В. Применение трендовых алгоритмов для анализа противодействия пилота факторным накладкам // Управление уровнем безопасности полётов в гражданской авиации / Ю. В. Грищенко, А. Г. Ревук: сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1990. – С. 65 – 71.
3. Грищенко Ю. В. Порядок применения трендовых алгоритмов для анализа явления усиления динамического стереотипа // Проблемы охраны труда и окружающей среды при аттестации и рационализации рабочих мест авиаспециалистов / Ю. В. Грищенко, И. Г. Хлястикова – К.: КИИГА, 1994. – С. 24 – 27.

Ю. В. Грищенко

Анализ осциллограмм полётов с использованием трендовых алгоритмов

Посвящена вопросу обработки информации о возникновении явления усиления динамического стереотипа у пилотов при воздействии на них совокупности негативных факторов. Актуальность работы определяется тем, что 80–90 % авиационных происшествий приходится на человеческий фактор.

Y. V. Grischenko

Analysis of oscillograms of flights with the use of tendency algorithms

This article is devoted to the question of treatment of information about the origin of the phenomenon of strengthening of dynamic stereotype of pilots at influence on them of aggregate of negative factors. Actuality of the article is determined by that 80–90 % aviation incidents is on a human factor at terms, indicated higher.