

УДК 37.01:629.7

Д.В. Сіненко

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ПІЛОТУВАННЯ КУРСАНТА-ЛЬОТЧИКА ПРИ ОЦІНЦІ ЙОГО НАВИЧОК ПІЛОТУВАННЯ**

*У статті розглядається показник якості пілотування. Для оцінки якості пілотування при виконанні фігур пілотажу запропоновано використовувати інтегральний показник помилки пілотування (ІППП), визначення якого спирається на статистичну оцінку відхилень параметрів польоту від заданих нормативних у кожен момент виконання фігури пілотажу. В статті були розроблені загальні формули ІППП для всіх фігур пілотажу та розроблені нормативи оцінок для визначення рівня якості пілотування.*

**Ключові слова:** вагові коефіцієнти, відхилення, навички пілотування, показник помилки пілотування, фігури пілотажу, польотне завдання, якість пілотування.

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** З появою технічних засобів бортового і наземного об'єктивного контро-

лю з'явилася можливість визначення фактичних значень відхилень літака.

У даний час склалися три способи збору даних про фактичні значення оцінюваних параметрів польо-

ту: візуальний, інструментальний, комбінований. При першому способі оцінка виставляється на основі даних візуального спостереження інструктора або контролюючої особи. Другий спосіб припускає одержання даних про значення контрольованих параметрів польоту за даними бортових і наземних засобів об'єктивного контролю польотів. Комбінований спосіб збору даних припускає поєднання перших двох і, природно, можливий тільки при перебуванні на борту літака контролюючої особи або інструктора [4].

Візуальному способу властиві елементи суб'єктивізму внаслідок неоднакового рівня професійної підготовки інструкторів, мінливості їх психофізіологічного стану в різних ситуаціях польоту. Разом з тим, тільки при цьому способі в найбільшій мірі можна врахувати при оцінці ступінь напруги фізіологічних систем льотчика, тому що добра якість пілотування в ряді випадків досягається за рахунок значної напруги організму від роботи на межі його індивідуальних психофізіологічних можливостей.

У даний час, за допомогою вищевказаних засобів, навички пілотування льотчика при виконанні фігур пілотажу оцінюються в основному за якістю пілотування (за відхиленнями від заданих параметрів польоту) [5], без врахування психофізіологічних можливостей льотчика.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що основними показниками оцінки навичок пілотування курсантів у процесі льотної підготовки насамперед є показник якості пілотування та показник психофізіологічних можливостей льотчика, який розглядається в нашій методиці у вигляді показника резервів уваги льотчика. Визначення цих показників є однією із цілей нашої методики.

**Метою статті** є визначення та обґрунтування показника якості пілотування у вигляді інтегрального показника помилки пілотування та розробити нормативи оцінок визначення рівня якості пілотування.

## Виклад основного матеріалу

Встановлено [2, 5, 7], що на початковій стадії тренувань характерним є наявність великої кількості грубих, які не відповідають потрібним, рухів органами керування. У процесі тренувань зменшуються амплітудно-часові характеристики управляючих рухів та кількість грубих, некоординованих рухів, які не відповідають льотній ситуації. Але складність аналізу та обробки, відсутність засобів автоматичної обробки параметрів управляючих рухів льотчика в польоті не дозволяють їх використовувати з метою оцінки підготовленості курсанта. Про амплітудно-часові та частотні характеристики управляючих рухів є змога судити за величиною зміни показань пілотажних приладів.

В останній час запропонована велика кількість способів узагальненої оцінки якості діяльності льотчика, яка ґрунтується на використанні теорії інфо-

рмації, теорії розпізнання образів, теорії оптимального управління та ін. Деякі з цих методів знайшли широке застосування для оцінки різних систем управління літаком, систем відображення інформації, впливу різних факторів польоту. Ці методи можуть бути застосовані для аналізу процесу тренувань. Однак складність встановлення нормативних значень узагальнених показників, що використовуються при цьому, та відсутність змоги об'єднання їх з нормативами та вимогами «Курсу наземної та льотної підготовки курсантів на літаку Л-39» (КНЛП), заважають застосуванню цих методів для оцінки навичок пілотування курсанта-льотчика. Це пов'язано з тим, що в основі більшості методів, що пропонуються, лежить аналіз лише окремих характеристик діяльності льотчика (величина відхилень органів управління, відхилення від заданої траєкторії польоту, величина кутових переміщень літака та ін.), у той час, коли потрібен у першу чергу аналіз відхилень від заданих параметрів польоту.

Згідно з вимогами КНЛП, загальна оцінка за техніку пілотування курсанта на етапах польоту визначається за допомогою оцінок абсолютних величин максимальних відхилень кожного із контрольованих параметрів (за чотирибальною системою). Для оцінки якості пілотування в процесі реальної льотної підготовки було застосовано метод Р.М. Макарова оцінки якості пілотування на пілотажних тренажерах. Суть даного методу полягає в отриманні єдиного інтегрального узагальненого показника помилки (ГУПП), який визначається у відносних одиницях [5]:

$$\text{ГУПП} = \sum_{i=1}^n (\Delta M_i + 3\sigma_i)k_i + \sum_{j=1}^m \Delta x_j k_j / (m+n), \quad (1)$$

де  $\Delta M_i$  та  $\sigma_i$  – статистичні показники (математичне відхилення від заданих параметрів та середньоквадратичне відхилення), які виражають середні відхилення кожного із контрольованих параметрів від заданих значень та їх варіативність;

$\Delta x_j$  – відхилення заданих  $j$  параметрів польоту в контрольних точках;

$k_i$  та  $k_j$  – вагові коефіцієнти, які відповідають кожному із контрольованих параметрів;

$n$  – кількість контрольованих параметрів на заданому етапі польоту;

$m$  – кількість заданих значень параметрів, які визначають точність витримання в тих же контрольних точках.

Даний метод доцільно використовувати при оцінці якості пілотування в процесі реальної льотної підготовки з ряду причин [3, 6]:

**по-перше**, у процесі реального польоту виконуються ті ж самі елементи польоту, що і на пілотажних тренажерах з однаковими параметрами (висота, швидкість, курс, перевантаження та ін.);

**по-друге**, кількість параметрів, що піддаються контролю, та засоби їх контролю збігаються (спостереження льотчиком-інструктором, за ЗОК);

**по-третє**, нормативи оцінок техніки пілотування (витримування заданих параметрів) для тренажерної підготовки та реального польоту однакові (наведені в КНЛП).

Статистичні характеристики дозволяють врахувати середню помилку, динаміку кожного з заданих параметрів, а величина  $\Delta M_i + 3\sigma_i$  відображає інтегральну величину їх максимальних відхилень.

Вагові коефіцієнти визначаються, виходячи із співвідношення нормативних меж допустимих відхилень для основних параметрів «польоту» на оцінки «5», «4», «3» і забезпечують однаковий вплив на загальну оцінку відхилень за кожним із параметрів. Методика та суть визначення вагових коефіцієнтів, з урахуванням вимог керівних документів [3], наведена в табл. 1 ( $\Delta P_i$  – допустимі відхилення параметрів;  $\Delta P_{i\max}$  – максимальні (в абсолютних значеннях) допустимі відхилення, у нормативі, сума яких дорівнює 300;  $k$  – ваговий коефіцієнт

$$k = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta P_{i\max}}{\sum_{i=1}^3 \Delta P_i} \quad (2)$$

Таблиця 1

Методика визначення вагових коефіцієнтів (k) згідно КНЛП

Фігури пілотажу	Контрольні параметри	$\Delta P_i$ (за нормативами) на оцінку			$\sum \Delta P_i$	Ваговий коефіцієнт k
		«5»	«4»	«3»		
Віражі при крені $30^\circ - 45^\circ$	V, км/год.	$\pm 1$ 0	$\pm 20$	$\pm 30$	60	5
	Нмал, м	$\pm 2$ 0	$\pm 30$	$\pm 40$	90	3,33
	Нср, м	$\pm 3$ 0	$\pm 50$	$\pm 10$ 0	180	1,66
	Крен, град.	$\pm 0$	$\pm 5$	$\pm 10$	15	20
	Курс град.	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$	30	10
Віражі при крені $60^\circ$ і більше	V, км/год.	$\pm 2$ 0	$\pm 30$	$\pm 40$	90	3,33
	Нмал, м	$\pm 4$ 0	$\pm 60$	$\pm 80$	180	1,66
	Нср, м	$\pm 5$ 0	$\pm 10$ 0	$\pm 15$ 0	300	1
	Крен, град.	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$	30	10
	Курс град.	$\pm 1$ 0	$\pm 15$	$\pm 20$	45	6,66

Аналізуючи методику визначення вагових коефіцієнтів табл. 1, бачимо, що чим точніше потрібно витримувати параметр польоту, тим вище ваговий коефіцієнт. Нормативи для кожного літака дещо відрізняються, тому і суми допустимих відхилень та вагові коефіцієнти для відповідних параметрів польоту можуть відрізнятися, що в підсумку не змінює якісної картини інтегральної оцінки. Складові максимальної із сум допустимих відхилень параметрів

є також критеріями для бальної оцінки техніки пілотування курсантів. Формула для визначення інтегральної узагальненого показника помилки пілотування, наприклад, для віражу, де заданими, а значить, і контрольованими параметрами, є швидкість виконання віражу – V, кут крену на віражі –  $\gamma$ , висота виконання віражу – H та напрямок (курс) виведення з віражу – K [1, 2], приймає вигляд:

$$I_{\text{вир}} = \frac{(\Delta M_V + 3\sigma_V)k_V + (\Delta M_\gamma + 3\sigma_\gamma)k_\gamma + (\Delta M_H + 3\sigma_H)k_H + (\Delta M_K + 3\sigma_K)k_K}{4} \quad (3)$$

На підставі аналізу розглянутого методу була розроблена методика оцінки якості пілотування в реальному польоті. В основу розробленої методики було покладено те, що, згідно з вимогами КНЛП, кожен параметр польоту повинен оцінюватися його максимальним відхиленням від заданого значення. Таким чином, для оцінки якості пілотування в реальному польоті був введений показник максимального відхилення оцінюваних параметрів від заданих –  $r = (\Delta M_i + 3\sigma_i)$ . У реальному польоті контроль за відхиленнями від заданих параметрів здійснюється постійно протягом виконання всієї фігури пілотажу без виділення окремих контрольних точок. Враховуючи дані умови, для контролю, у методі оцінки якості пілотування при виконанні фігур пілотажу в реальному польоті було запропоновано використовувати інтегральний показник помилки пілотування (ІППП):

$$I_{\text{ППП}} = \frac{\sum_{i=1}^n p k_i}{n}, \quad (4)$$

де  $p$  – максимальні відхилення контрольованих параметрів від заданих значень;  $k_i$  – вагові коефіцієнти, які відповідають кожному із контрольованих параметрів;  $n$  – кількість контрольованих параметрів при виконанні окремих фігур пілотажу.

На підставі запропонованої методики були розроблені загальні формули ІППП для всіх фігур пілотажу відповідно до «Курсу наземної і льотної підготовки курсантів на літаку Л-39».

Об'єктивність оцінок може бути підвищена, якщо інструктор буде фіксувати (записувати) величину максимальних відхилень кожного із заданих параметрів для кожного режиму.

Після польоту, спираючись на отримані (зафіксовані) дані, визначається величина ІППП кожної фігури пілотажу, що контролюється. Методика визначення інтегрального показника помилки пілотування наведена в табл. 2. Методика визначення інтегрального показника помилки пілотування (табл. 2) полегшує процес фіксації вхідних даних (відхилення від заданих параметрів), що важливо при швидкій зміні параметрів польоту. Також ця методика дозволяє скорочувати розрахунки при оцінці якості пілотування, що зменшує час міжпольотного розбору.

Таблиця 2

## Методика визначення ІППП

Фігури пілотажу	Контрольовані параметри на тренажері	Ваговий коефіцієнт k (табл. 1)	p	Добуток p k	ІППП
Віражі $\gamma=30^\circ-45^\circ$	V	5	7	35	49,2 (оцінка «5»)
	Крен $\gamma$ , град.	20	3	60	
	Нсп	1,6	20	40	
	Курс	10	7	70	
Віражі $\gamma \geq 60^\circ$	V	3,3	28	92,2	90,3 (оцінка «4»)
	Крен $\gamma$ , град.	10	10	100	
	Нсп	1	90	90	
	Курс	6,6	12	79,2	

Згідно з нормативами оцінок відповідних відхилень від заданих параметрів у техніці пілотування, які наведені в «Курсу наземної і льотної підготовки курсантів на літаку Л-39» була розроблена оціночна шкала ІППП за чотирибальною системою:

- ІППП  $\leq 50$  – оцінка «5»;  
 $50 < \text{ІППП} \leq 100$  – оцінка «4»;  
 $100 < \text{ІППП} \leq 150$  – оцінка «3»;  
 $\text{ІППП} > 150$  – оцінка «2».

### Висновки

Методика оцінки якості пілотування, яка використовує інтегральний показник помили пілотування курсантів дозволяє об'єктивно оцінювати дії курсанта за ІППП, шкала якого практично не обмежена, тому можливий аналіз якості пілотування на будь-якій стадії тренувань. Крім того, значення інтегрального показника може бути відображене за звичною для курсантів чотирибальною шкалою, що полегшує практичне застосування цієї методики для оцінки рівня навичок пілотування. У зв'язку з

тим, що за рахунок вагових коефіцієнтів нормативи для усіх параметрів польоту прирівнюються до нормативів параметра, який має найбільшу суму допустимих відхилень, складові цієї суми і є критеріями для виставлення тієї чи іншої оцінки.

Методичний підхід визначення ІППП може бути застосований для удосконалення методики оцінювання навичок пілотування курсанта інструктором, старшим начальником чи контролюючою особою в цілях підвищення її об'єктивності.

### Список літератури

1. Бодров В.А. Личностные особенности пилотов и профессиональная эффективность / В.А. Бодров, Н.Ф. Лукьянов // Психологический журнал. – М., 1982. – Т. 3, № 5. – С. 123-134.
2. Кулаков Г.А. Поэтанное прогнозирование лётных способностей курсантов ВВАУЛ / Г.А. Кулаков // Опыт работы лётных ВУЗов по подготовке авиационных кадров. – М.: МО, 1988. – Вып. 4. – С. 68-76.
3. Курс наземной і льотної підготовки курсантів на літаку Л-39. – Х.: ХІ ВПС, 2004. – 184 с.
4. Макаров Р.Н. Авиация 20 века: Под редакцией И.Н. Найденова. / Р.Н. Макаров, В.М. Зарецкий, В.И. Федоришин. – М., 2003. – 524 с.
5. Макаров Р.Н. Основы формирования профессиональной надёжности лётного состава гражданской авиации: Учебное пособие / Р.Н. Макаров. – М.: Воздушный транспорт, 1990. – 384 с.
6. Мельников В.Г. Эргономические исследования ответственности деятельности лётчика на самолёте и тренажёре / В.Г. Мельников // Авиационные тренажёры и эффективность их применения: Тр. ГосНИИГА. – М., 1980. – Вып. 190. – С. 174-179.
7. Пособие лётчику-инструктору по психологии, педагогике и методике лётного обучения. – Ча. III. – М.: Воениздат, 1974. – 126 с.

Надійшла до редколегії 16.03.2013

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. Ю.І. Миргород, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПИЛОТИРОВАНИЯ КУРСАНТА-ЛЕТЧИКА ПРИ ОЦЕНКЕ ЕГО НАВЫКОВ ПИЛОТИРОВАНИЯ

Д.В. Синенко

В статье рассматривается показатель качества пилотирования. Для оценки качества пилотирования при выполнении фигур пилотажа предложено использовать интегральный показатель ошибки пилотирования (ИПОП), определение которого опирается на статистическую оценку отклонений параметров полета от заданных нормативных в каждый момент выполнения фигуры пилотажа. В статье были разработаны общие формулы ИПОП для всех фигур пилотажа и разработаны нормативы оценок для определения уровня качества пилотирования.

**Ключевые слова:** взвешивающие коэффициенты, отклонения, навыки пилотирования, показатель ошибки пилотирования, фигуры пилотажа, полетное задание, качество пилотирования.

### DETERMINATION OF INDEX OF QUALITY OF PILOTING OF STUDENT-PILOT AT ESTIMATION OF HIS SKILLS OF PILOTING

D.V. Sinenko

The index of quality of piloting is examined in the article. For the estimation of quality of piloting at implementation of figures of pilotage it is suggested to utilize the integral index of error of piloting (IPOP) determination of which leans against the statistical estimation of rejections of parameters of flight from set normative in every moment of implementation of figure of pilotage. In the article the general formulas of IPOP were developed for all of figures of pilotage and the norms of estimations are developed for determination of level of quality of piloting.

**Keywords:** weighing coefficients, rejections, skills of piloting, index of error of piloting, figures of pilotage, flight task, quality of piloting.