

УДК 629.735.051:681.323(045)

М. К. Філяшкін канд. техн. наук, проф,
О. П. Бадзим

АЛГОРИТМ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ШТУРВАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ

Інститут електроніки і систем керування НАУ, e-mail: filnik@ukr.net

Розглянуто принципи побудови систем штурвального керування літаком, розроблено алгоритм системи комбінованого керування. Комбіноване керування доповнює дії льотчика до оптимальних або вимикається, якщо дії льотчика протилежні діям автоматики. Запропоновано структурну схему алгоритму.

Ключові слова: комбінована система керування, принцип активного оператора, блок логіки, контур автоматичного керування, контур директорного керування.

Вступ. Різний ступінь автоматизації та взаємодій льотчика з автоматикою визначає різні способи керування літаком:

- ручне (штурвальне) керування з можливим застосуванням засобів часткової автоматизації (демпферів, автоматів стійкості, автоматів регулювання керування);
- суто автоматичне керування, коли льотчик повністю виключений з контуру керування й виконує функції вищого рівня (задає програму та режим польоту; контролює стан літака та його систем, позакабінний простір; приймає оперативні рішення для перемикання режимів роботи системи автоматичного керування (САК) або вимикає САК).

Нині широко використовують варіанти сумісного (сполученого) керування та директорного (командного) керування.

У системах сумісного керування контур автоматики використовується здебільшого для стабілізації параметрів кутового положення літального апарата і не вирішує завдання керування рухом за складними траєкторіями. Але на багатьох етапах польоту (посадка, політ за складним маршрутом, маловисотний політ) таке завдання необхідно розв'язувати. Для підвищення ефективності та безпеки польоту в цих випадках застосовують директорне керування.

Характер діяльності льотчика за директорного керування принципово відрізняється від характеру діяльності за ручного керування. Психологічні відміни полягають у тому, що за директорного режиму він виконує команди, які формуються в обчислювачі САК. При цьому знижується можливість неправильних дій через помилки в обробці показів багатьох приладів і підвищується точність керування. Але те, що вся оперативна інформація, яка потрібна для керування, перетворена в рух командних стрілок командно-пілотажного приладу, стає недоліком директорного керування.

Дослідження показують, що за директорного керування майже не відбувається сприйняття інформації, яка формує образ польоту, від інших систем відображення. Це знижує важливість для льотчика показів таких пілотажних приладів, як наприклад, варіометр, авіагоризонт, показчик курсу. В експериментальних польотах несправність авіагоризонту виявлялась льотчиком тільки через 10 – 20 с, що взагалі неприпустимо. Крім того, працюючи довгий час у контурі директорного керування, льотчику дуже важко виявити відмови обчислювача, які або призводять до того, що командні стрілки стоять нерухомо у вихідному положенні, або роблять помилкові безладні рухи, які не відповідають діям льотчика. Ці обставини не дозволяють забезпечити потрібний рівень безпеки, особливо на режимах польоту значної тривалості.

Натепер дедалі більшого застосування при розподілі функцій між льотчиком і САК набуває так званий принцип активного оператора.

Принцип активного оператора – це створення для льотчика умов щодо виявлення можливостей та резервів людської психології за допомогою засобів автоматизації. При реалізації принципу активного оператора виявляється, що завдання, які може виконувати автомат, доцільніше доручити льотчику, оскільки це буде підтримувати його у стані готовності до активних дій. Це особливо важливо на етапах польоту, коли відмова автоматики спричинить дефіцит часу і готовність льотчика до активних дій стає тим критичним параметром, який визначає виконання польоту в цілому. Засоби ж автоматизації мають виконувати функції інтеграції окремих сигналів, швидкого та точного обчислення за складними алгоритмами параметрів траєкторії руху, відбору необхідної на певному етапі польоту інформації та надання її льотчику, а також функції керування польотом, коли льотчик мусить виконувати інші функції. Відповідно до цього САК доцільно виконувати прості повторні дії на тривалому інтервалі часу, а також відпрацьовувати сигнали, частотний спектр яких перевищує смугу частот пропускання льотчика. Саме ці ідеї пропонується реалізувати в алгоритмах роботи комбінованої системи штурвального керування, що ґрунтується на паралельно-послідовній взаємодії контурів автоматичного та директорного керування.

Постановка завдання. В комбінованій системі штурвального керування, структурну схему контура керування висотою польоту якої показано на рис. 1, передбачається можливість замкнення через блок логіки тільки одного з контурів: автоматичного або директорного, або підсумовування впливів льотчика й автоматики. Це відрізняє систему комбінованого керування від системи сумісного керування, в якій чергуються режими ручного та автоматичного керування.

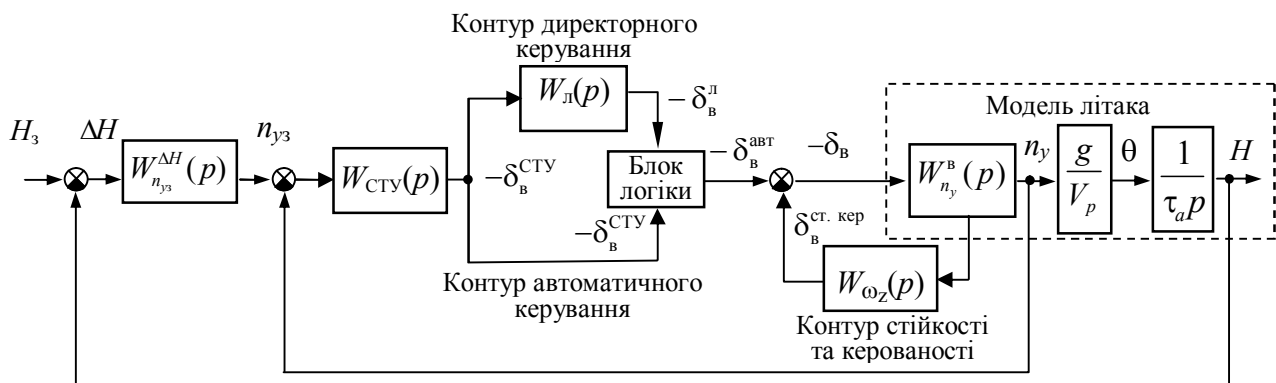


Рис. 1

Ставиться завдання сформулювати такий алгоритм роботи блоку логіки з розподілу функцій між льотчиком і автоматикою, який найбільш повно реалізував би принцип активного оператора.

Формулювання алгоритму. Для розроблення алгоритму роботи блоку логіки пропонується використовувати такий принцип: чим активніше діє льотчик, тим менше працює автоматичний контур і навпаки. У разі потреби льотчик може частково відвернутися від керування, оскільки автоматичний контур буде забезпечувати стабілізацію траєкторії при малих збуреннях. Але для збереження активного стану льотчика контур автоматичного керування будується як статичний контур, для чого з передатної функції $W_{\text{авт}}(p)$ спеціально вилучається інтегральна складова. Для інформування льотчика про необхідність втручання в керування використовують спеціальну сигналізацію: вібротактильну або світлову з показом напрямку переміщення штурвала.

Алгоритм роботи блоку логіки (рис. 2) передбачає такі можливі варіанти функціонування комбінованій системі штурвального керування.

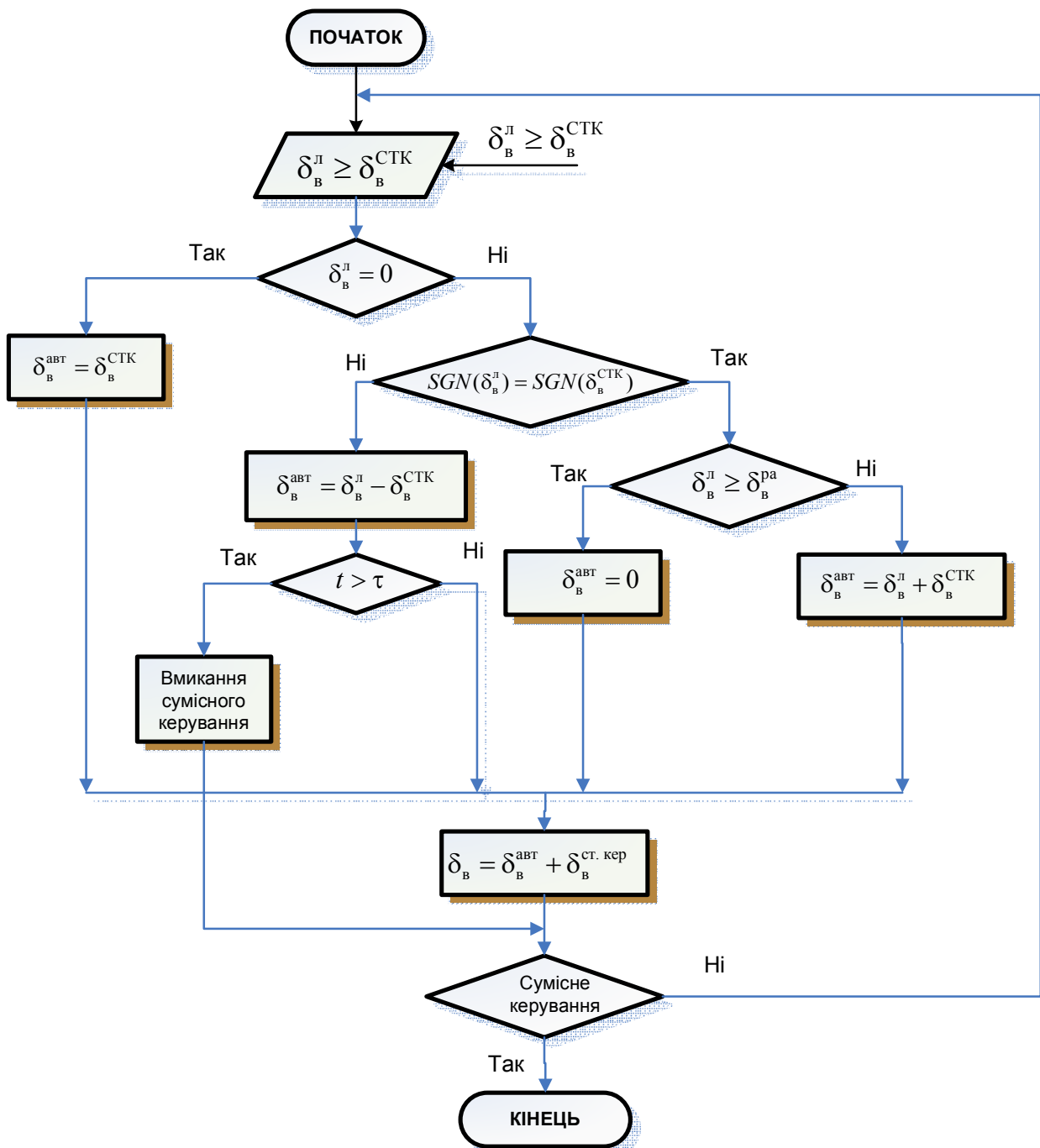


Рис. 2

1. Льотчик не втручається в керування або втручається дуже рідко. У цьому випадку контур керування не відрізняється від суто автоматичного. Але після досягнення статичним контуром автоматичного керування граничних можливостей париувати діючі збурення або здійснювати перебалансування (шток рульового агрегату виходить на упор) льотчику на табло видається світлова сигналізація про необхідність втручання в керування. Сигналізація може бути й вібротактильна.

2. Дії льотчика правильні й узгоджені з автоматикою, тобто він відхиляє важіль керування, оптимально виконуючи команди директорного керування. У цьому випадку контур автоматичного керування виконує тільки функції поліпшення характеристик стійкості та керованості і парирує високочастотні складові діючих збурень у контурі стабілізації.

3. Лётчик відхиляє важіль керування в потрібному напрямку, але його дії не оптимальні (відхилення важеля більше або менше від заданих контуром директорного керування), тоді контур автоматичного керування доповнює дії лётчика до оптимальних.

4. Дії лётчика взагалі протилежні потрібним. У цьому випадку контур автоматичного керування перешкоджає діям лётчика, але його протидія обмежена ходом штока рульового агрегату (рульовий агрегат виходить на упор і перестає заважати лётчику змінювати траєкторію польоту). Через деякий час неузгоджених з автоматикою активних дій лётчика, які призводять до зміни заданої траєкторії польоту, контур автоматичного керування повільно перемикається у режим сумісного керування, поліпшуючи характеристики стійкості та керованості літака або стабілізуючи його кутове положення після зняття зусиль з важеля керування.

Таким чином, успішно виконується керування жорстко (програмно) заданою траєкторією польоту, але водночас лётчик може виконувати будь-який маневр, змінюючи траєкторію польоту.

На першому кроці алгоритму оцінюється активність дій лётчика і, якщо лётчик не втручається в керування, то керування повністю стає автоматичним за сигналами δ_B^{CTK} , сформованими системою траєкторного керування, тобто

$$\delta_B^{авт} = \delta_B^{CTK}.$$

На другому кроці за активних дій лётчика порівнюється полярність керувальних сигналів обчислювача системи траєкторного керування (СТК) й лётчика. Якщо полярності сигналів не збігаються, що свідчить про відмову лётчика виконувати сформовані СТК команди, або про прийняття лётчиком рішення змінити траєкторію польоту, то з певною затримкою часу система комбінованого керування перемикає режим комбінованого керування на режим сумісного керування. Якщо полярності керувальних сигналів лётчика та САК збігаються, то залежно від активності втручання лётчика в керування автоматика або доповнює дії лётчика до оптимальних

$$\delta_B^{авт} = \delta_B^л + \delta_B^{CTY},$$

або тільки виконує функції поліпшення характеристик стійкості та керованості і парирує високочастотні складові діючих збурень у контурі стабілізації. Наприклад, за законами режиму демпфірування кутових коливань літака

$$\delta_B^{ст. кер} = W_{\omega_z}(p)\omega_z,$$

де $W_{\omega_z}(p)$ – коригувальна ланка у колі сигналу кутової швидкості ω_z .

За будь-якого варіанта керування ця складова залишається у законі керування рулем висоти, тобто

$$\delta_B = \delta_B^{авт} + \delta_B^{ст. кер}$$

Для активізації лётчика в контурі керування треба знизити точнісні характеристики контуру автоматичного керування, щоб лётчик, компенсуючи статичні похибки, періодично втручався в керування, реалізуючи ідею активного оператора.

Висновки. Запропонований алгоритм роботи комбінованої системи штурвального керування, що ґрунтується на розподілі функцій між лётчиком і автоматикою з урахуванням принципів активного оператора, зберігає працездатність системи директорного керування траєкторією, усуваючи її недоліки, зокрема втрату лётчиком інформаційного образу польоту.

Список літератури

- 1 *Красовский А. А.* Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. – М.: Наука, 1973. – 598 с.
- 2 *Синеглазов В. М.* Автоматизовані системи керування повітряних суден / В. М. Синеглазов, М. К. Філяшкін – К.: Вид-во НАУ, 2004. – 502 с.

Н. К. Филяшкин, А. П. Бадзым

Алгоритм работы комбинированной системы штурвального управления

Рассмотрены принципы построения систем штурвального управления самолётом, разработан алгоритм системы комбинированного управления. Комбинированное управление дополняет действия лётчика до оптимальных или выключается, если действия лётчика противоположны действиям автоматики. Предложена структурная схема алгоритма.

N. K. Filyashkin, A. P. Badzym

Algorithm of work of the combined system of steering management

Considered principles of construction of the systems of the steering flying an aeroplane, developed algorithm of the system of the combined management. The combined management adds the actions of pilot to optimum or turned off, if actions of pilot opposite actions automations. The flow diagram of algorithm is offered.