

## **ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, РАДІОЛОКАЦІЯ, РАДІОНАВІГАЦІЯ ТА ЕЛЕКТРОАКУСТИКА**

УДК 681.51

### **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО – КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ**

*Бичковський В. О., к.т.н., доцент, Циганенко С.П., студент*

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

#### **Вступ. Постановка задачі**

Сучасний етап розвитку техніки і технологій характеризується безперервним ускладненням систем, призначених для реалізації тих або інших процесів. В інформаційних системах збільшується кількість джерел та приймачів інформації, ускладнюються процеси її видобування та обробки, а замість окремих систем авто контролю, телемеханіки, передачі та пошуку інформації створюються комплексні системи. Одним із типів таких систем є інформаційно – керуючі системи (ІКС) [1]. Однією із фундаментальних задач дослідження ІКС є оцінка та прогнозування їх ефективності. Існує багато підходів до розв’язання цих задач [1, 2, 4]. З практичної точки зору актуальною проблемою є з’ясування впливу окремих підсистем на ефективність ІКС в цілому, закономірностей об’єднання частин в ціле, визначення потенційних та реальних можливостей ІКС.

Виходячи із сучасної методології досліджень складних систем необхідно прийняти до уваги, що процеси керування, як і інші процеси, розгортаються у просторі та часі і знаходяться у нерозривному зв’язку з процесами перетворення речовини та енергії. Підсистеми ІКС як групи матеріальних об’єктів та самі речовинно – енергетичні процеси є джерелами, носіями та споживачами інформації. Отже, ІКС як складна система, має не тільки властивістю цілісності, але і речовинним, енергетичним та інформаційним змістами [4]. З іншого боку, ІКС має певну структуру та різноманітні зв’язки між окремими підсистемами. Для оцінки можливостей ІКС як складної системи доцільно скористатися макроаналізом, тобто перейти від випадкових внутрішніх взаємодій до деякого регулярного процесу, використовуючи метод редукції [5, 6]. Таким чином, представляється можливим провести процедуру оцінки ефективності ІКС на інформаційно – ймовірнісному рівні. Для розв’язання поставленої проблеми необхідно встановити залежності між ймовірністю виконання системою поставленої задачі та її інформаційними показниками.

**Теоретичні викладки**

Ймовірність  $P$  виконання ІКС поставленої задачі залежить від кількості керуючої інформації  $I$ . Нехай  $P_m$  – потенційно можливе значення  $P$ . Щоб  $P_m$  була потенційно можливим значенням, швидкість зростання  $P$  повинна поступово зменшуватися при зростанні  $I$  та асимптотично наближатися до  $P_m$ . Це є можливим, коли  $dP$  пропорційно різниці між  $P_m$  та  $P$ , тобто

$$dP = K(P_m - P)dI, \tag{1}$$

де  $K$  – константа швидкості зростання  $P$ . Представимо рівняння (1) у вигляді

$$\frac{dP}{P_m - P} = KdI. \tag{2}$$

Нехай ймовірність виконання поставленої задачі без організації процесу керування дорівнює  $P_0$ , а в умовах керування –  $P$ . Інтегруючи ліву частину рівняння (2) від  $P_0$  до  $P$ , а праву від 0 до  $I$ , визначаємо

$$P = P_m - (P_m - P_0)\exp(-KI) \tag{3}$$

Прийmemo до уваги, що  $I = \ln N$ , де  $N$  – інформаційна спроможність ІКС [3, 4]. Тоді на підставі формули (3) знаходимо

$$P - P_0 = (P_m - P_0)(1 - N^{-K}) \tag{4}$$

Проведемо оцінку ефективності ІКС [3, 4]. В загальному випадку ефективність  $E = R/Q$ , де  $R$  – результати використання ІКС за призначенням;  $Q$  – витрати на виробництво та експлуатацію ІКС. В якості  $Q$  візьmemo коефіцієнт ефективності витрат  $K_e$ , приймаючи до уваги, що  $K_e = n/N$ , де  $n$  – кількість деталей ІКС. Результат використання ІКС будемо оцінювати по ймовірності  $P$ , тобто  $R = P$ . Тоді на підставі формули (4) запишемо

$$E = \frac{N}{n} \left[ P_m - (P_m - P_0)N^{-K} \right] \tag{5}$$

В умовах відсутності керування знаходимо  $K_e = n/n$ , оскільки  $N = 1$ . Тоді ефективність  $E_n = P_0/n_n$ . Приймаючи до уваги залежність (5), визначаємо

$$E = \frac{E_n N n}{n} \left[ \frac{P_m}{P_0} - \left( \frac{P_m}{P_0} - 1 \right) N^{-K} \right] \tag{6}$$

В певних ситуаціях використання тої або іншої системи без організації процесу керування є принципово неможливим. Це означає, що  $P_0 = 0$ . На підставі формули (4) знаходимо

$$P = P_m (1 - N^{-K})$$

Таким чином, ефективність ІКС

$$E = \frac{P_m N}{n} (1 - N^{-K}) \tag{7}$$

Доцільно порівняти реальну ІКС з ідеальною. В ідеальній системі  $\gamma \rightarrow 0$ , тобто  $N \rightarrow \infty$ . На підставі рівняння (6) визначаємо ефективність ідеальної системи

$$E_{i0} = \frac{E N_n P_m}{nP_0} \quad (8)$$

Відносний показник ефективності  $A = E/E_{i0}$ . Таким чином,

$$A = 1 - \left(1 - \frac{P_0}{P_m}\right) N^{-K} \quad (9)$$

Якщо  $P_0 = 0$ , то на підставі формули (7) знаходимо

$$A = 1 - N^{-K} \quad (10)$$

На підставі показника  $A$  можна визначити, наскільки реальна система наближається до ідеальної.

Розглянемо дві ІКС з однаковими  $N$ . В першій системі  $P_0 = P_{01}$ ,  $K = K_1$ . В другій системі  $P_0 = P_{02}$ ,  $K = K_2$ . З'ясуємо, при яких умовах ці дві системи однаково наближені до ідеальної системи. На підставі формули (9) визначаємо

$$\left(1 - \frac{P_{01}}{P_m}\right) N^{K_2} = \left(1 - \frac{P_{02}}{P_m}\right) N^{K_1} \quad (11)$$

Отже, на підставі рівняння (11) знаходимо

$$\frac{P_m - P_{02}}{P_m - P_{01}} = N^{K_2 - K_1} \quad (12)$$

Розглянемо аналогічну задачу для ситуації, коли  $K$  є однаковими для першої та другої систем. На підставі формули (9) визначаємо

$$\left(1 - \frac{P_{01}}{P_m}\right) N_2^K = \left(1 - \frac{P_{02}}{P_m}\right) N_1^K. \quad (13)$$

Таким чином, обидві системи є однаково наближеними до ідеальної системи, якщо

$$\frac{P_m - P_{02}}{P_m - P_{01}} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^K \quad (14)$$

В тому випадку, коли системи 1, 2 мають однакові значення  $P_0$  та різні значення  $N$  і  $K$ , на підставі формули (9) знаходимо:

$$N_1^{K_1} = N_2^{K_2} \quad (15)$$

При організації керуючого процесу типовою є ситуація, коли одна із підсистем виконує функції головної, а всі інші відносяться до забезпечуючих [5]. В такій ситуації

$$N = N_0 \exp \left\{ \frac{K_1 N_{cm}}{K_c} \left[ K_c t - \left( 1 - \frac{N_{c0}}{N_{cm}} \right) \left( 1 - \exp(-K_c t) \right) \right] \right\} \quad (16)$$

де  $N_0$  – інформаційна спроможність головної підсистеми на початку спостереження ( $t=0$ );  $K_1$  – константа швидкості зростання інформаційної спроможності головної підсистеми;  $K_c$  – константа швидкості зростання інформаційної спроможності забезпечуючих підсистем;  $N_{cm}$  – максимальне значення інформаційної спроможності забезпечуючих підсистем;  $N_{c0}$  – інформаційна спроможність забезпечуючих підсистем на початку спостереження ( $t=0$ ).

Оскільки оцінка ефективності ІКС виконується на підставі порівняння із ситуацією, коли керування є відсутнім, то приймаємо  $N_0=1$ ,  $N_{c0}=1$ . Тоді на підставі формули (16) визначаємо

$$N = \exp \left\{ \frac{K_1 N_{cm}}{K_c} \left[ K_c t - \left( 1 - \frac{1}{N_{cm}} \right) \left( 1 - \exp(-K_c t) \right) \right] \right\} \quad (17)$$

Отже, оскільки  $N=N(t)$ , то на підставі формул (9), (10) можна виконати прогнозування ефективності ІКС.

Досить поширеною слід вважати ситуацію, коли всі підсистеми працюють узгоджено тобто  $N_i = N_1$ . Скористуємося рівнянням динаміки для інформаційних спроможностей [5]. В даній ситуації воно приймає наступний вигляд:

$$\frac{dN_1}{N_1^n} = K_1 dt, \quad (18)$$

де  $K_1$  – константа швидкості зростання інформаційної спроможності окремої підсистеми. Інтегруючи ліву частину рівняння (18) від 1 до  $N_1$ , а праву від 0 до  $t$  та приймаючи до уваги, що загальна інформаційна спроможність  $N = N_1^n$ , визначаємо

$$N = \left[ 1 - K_1 t(n-1) \right]^{-\frac{n}{n-1}} \quad (19)$$

Таким чином, на підставі формул (9), (10), (17), (19) можна провести аналіз ефективності ІКС.

### **Висновки**

Використання інформаційно-ймовірнісного підходу до аналізу процесів в системах дало можливість встановити основні залежності між ймовірністю виконання поставленої задачі та інформаційною спроможністю ІКС. Враховуючи залежність між кількістю елементів системи, інформаційною спроможністю та коефіцієнтом ефективності витрат визначено ефективність ІКС та відносний показник ефективності. Встановлено умови, при яких існує можливість обмінних процедур одних параметрів ІКС

на інші при однаковій наближеності до ідеальної системи. Отримані результати дають можливість оцінювати ефективність ІКС як з узгодженими підсистемами, так і з головною і забезпечуючими підсистемами, враховувати закономірності функціонування складних систем.

В процесі аналізу роботи систем часто розглядають частото – квантову спроможність  $F=1/t$  [6]. Таким чином на підставі формул (16), (17), представляється можливим перейти до іншого варіанту аналізу ІКС, а саме розглядати залежності  $F$  від  $N$ , або на підставі формул (9) та (10) – залежності  $A$  від  $F$ .

#### **Література**

1. Шастова Г. А., Коекин А. И. Выбор и оптимизация структуры информационных систем. — М.: Энергия. — 1972. — 256с.
2. Прохоренко В. А., Смирнов А. Н. Прогнозирование качества систем. — Минск: Наука и техника. 1976. — 200с.
3. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств. — М.: Энергия. — 1968. — 248с.
4. Бычковский В. А. Авиационные системы радиоуправления. — К.: КВВАИУ. — 1985. — 100с.
5. Бичковський В. О. Редукція моделі системотехнічного комплексу до рівня багатоелементної фізичної системи // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2011. — Вип. 44. — С. 55 — 58.
6. Ацюковский В. А. Построение систем связей комплексов оборудования летательных аппаратов. — М.: Сов. Радио. — 1974. — 160с.

*Бичковський В. О., Циганенко С. П. Оцінка ефективності інформаційно – керуючих систем. В статті розглянуто методику оцінки ефективності інформаційно – керуючих систем (ІКС), яка ґрунтується на інформаційно – ймовірнісному підході та принципах макроаналізу. Встановлено основні залежності між ймовірністю виконання поставленої задачі та інформаційною спроможністю ІКС. Враховано залежність між кількістю елементів ІКС, інформаційною спроможністю та коефіцієнтом ефективності витрат. Визначено ефективність ІКС та відносний показник ефективності. Встановлено умови, при яких існує можливість обмінних процедур одних параметрів ІКС на інші. Проаналізовано ефективність ІКС з узгодженими підсистемами та ІКС з головною і забезпечуючими підсистемами. Отримані результати дають можливість формалізувати основні задачі системно – інформаційного аналізу, які пов'язані з оцінкою ефективності. При цьому представляється можливим розглядати частото – квантові характеристики або частото – квантові спроможності та проводити оцінку ефективності і відносного показника ефективності, враховуючи саме такі характеристики системи. Аналіз проведено таким чином, що з'являється можливість оцінити, на скільки реальна система наближена до ідеальної.*

**Ключові слова:** система, інформація, ймовірність, інформаційна спроможність, ефективність.

*Бычковский В. А., Цыганенко С. П. Оценка эффективности информационно – управляющих систем. В статье рассмотрена методика оценки эффективности информационно – управляющих систем (ИУС), которая основывается на информационно – вероятностном подходе и принципах макроанализа. Установлены основные зависимости между вероятностью выполнения поставленной задачи и информационной спо-*

собностью ИУС. Учтена зависимость между количеством элементов ИУС, информационной способностью и коэффициентом эффективности затрат. Определены эффективность ИУС и относительный коэффициент эффективности. Установлены условия, при которых существует возможность обменных процедур одних параметров ИУС на другие. Проанализирована эффективность ИУС с согласованными подсистемами и ИУС с основной и обеспечивающими подсистемами. Полученные результаты дают возможность формализовать основные задачи системно - информационного анализа, связанные с оценкой эффективности. При этом представляется возможным рассматривать частоту - квантовые характеристики, или частоты - квантовые способности и проводить оценку эффективности и относительного показателя эффективности, учитывая именно такие характеристики системы. Анализ проведен таким образом, что появляется возможность оценить, насколько реальная система приближена к идеальной.

**Ключевые слова:** система, информация, вероятность, информационная способность, эффективность.

*Bychkovskyi V. A., Tsyganenko S. P. The information-control systems efficiency assessment. The methodology for the information-control systems efficiency assessment is considered in this article. It is based on the information - probabilistic approach and the macroanalysis principles. The basic relation between the problem execution probability and the ICS information ability is determined. The dependence between number of elements ICS, information ability and cost efficiency index is considered. The ICS effectiveness and cost efficiency index is determined. The conditions under which it is possible to exchange some ICS parameters to others are defined. The effectiveness of ICS with conformed subsystems and with principal and providing subsystems is analyzed. The results enable to formalize the main system-information analysis problems, related to the efficiency assessment.*

*Thus it is possible to consider the frequency - quantum characteristics or the frequency - quantum abilities and to assess the effectiveness and relative efficiency index, considering such system characteristics. The analysis is performed such a way it is possible to assess how the real system closer to the ideal.*

**Keywords:** system, information, probability, information ability, efficiency.