

УДК 681.31

П.В. Жук¹, О.Г. Жук¹, О.В. Сєверінов²¹ Військовий інституту телекомунікацій та інформатизації НТУ України “КПІ”, Київ² Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ОБМІНУ ТА ОБСЯГІВ ПОТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Проведений аналіз існуючих шляхів оцінки об'ємів інформації, що циркулюють в автоматизованих системах управління спеціального призначення. Розрахована необхідна пропускна спроможність телекомунікаційної мережі, яка створюється в інтересах автоматизованої системи управління. В результаті проведених досліджень зроблені висновки щодо максимальної пропускної спроможності на різних інформаційних напрямках телекомунікаційної мережі, яка використовується в інтересах автоматизованої системи управління спеціального призначення.

Ключові слова: автоматизована система управління, потік інформації, пропускна спроможність.

Постановка проблеми

Загальну оцінку обсягів потоків інформації, що циркулюють в автоматизованих системах управління спеціального призначення (АСУ СП), можливо здійснити за допомогою двох підходів [1 – 7]:

шляхом підсумовування обсягів потоків інформації, що надаються кожною з підсистем АСУ СП;

за допомогою розгляду процесу прийняття рішення в АСУ СП та визначення його “вузьких” місць по перепускній спроможності.

Перший підхід визначає максимальне (граничне, пікове) навантаження, яке може надаватися всіма підсистемами АСУ СП одночасно. Такі розрахунки, як правило, використовують для планування, створення, або модернізації вже існуючої телекомунікаційної мережі, що працює в інтересах АСУ. Але, спираючись на дані результати, зазвичай створюється телекомунікаційна мережа, пропускна спроможність якої не використовується в повному обсязі

майже на всьому проміжку функціонування АСУ, а вартість цієї мережі, а отже і всієї АСУ в цілому, виявляється завищеною. Наприклад, загальний обсяг навантаження, що надає інформаційно-розрахункова підсистема АСУ СП, складається з двох складових: обсягу інформації на напрямках сервер-клієнт та обсягу інформації на напрямках клієнт-сервер.

Обсяг інформації на напрямках сервер-клієнт можливо визначити за допомогою виразу

$$V_{\text{зар}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k V_{ij}, \quad (1)$$

де V_i – обсяг результату j -ї ІРЗ від i -го оператора; n – кількість операторів; k – кількість ІРЗ, що може виконуватися на АРМ i -го оператора.

Прийнявши припущення, що результати ІРЗ будуть передаватися за допомогою використання Web технологій, математичне сподівання $M[V_i]$ од-

нієї ІРЗ можна прийняти рівним 100 Кбайт (середній обсяг однієї Web-сторінки).

Обсяг інформації на напрямках клієнт-сервер для ІРС при умові, що один оператор (клієнт) може надавати один запит на результат ІРЗ:

$$V_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k L_{ij}, \quad (2)$$

де L_{ij} – обсяг запиту на результати j -ї ІРЗ від i -го оператора.

Прийнявши припущення, що запити на результати ІРЗ будуть передаватися за допомогою використання Web технологій, математичне сподівання $M[L_i]$ однієї ІРЗ можна прийняти рівним 1 Кбайт.

Аналізуючи формули (1) та (2) неважко помітити, що навантаження, яке надається інформаційно-розрахунковою підсистемою, в повній мірі залежить від кількості операторів та кількості ІРЗ, що можуть використовуватися на АРМ цих операторів. І якщо кількість операторів можливо прийняти постійною величиною (тобто припустити, що у процесі функціонування АСУ кількість посадових осіб, що приймають участь у процесі управління, не збільшиться), то кількість ІРЗ, що виконується на АРМ кожної посадової особи, буде збільшуватися в залежності від потреб управління, що з'являються. Таким чином, у випадку, коли телекомунікаційна мережа створюється у розрахунок тільки на існуючу кількість ІРЗ, то її пропускну спроможність буде в певні моменти часу недостатньо при додаванні однієї ІРЗ хоча б на одне АРМ оператора. Виходячи з цього, телекомунікаційну мережу проектують у розрахунках, що вона зможе забезпечити загальну пропускну спроможність приблизно 120% від необхідної. Однак, навіть такий підхід не вирішує проблеми, оскільки у ліміті кількість ІРЗ на одному АРМ оператора прагне до нескінченності, отже існує такий момент часу, коли створена телекомунікаційна мережа не буде спроможна задовольняти вимогам АСУ, в інтересах якої вона створюється [8 – 11].

Виходячи з цього, *метою статті* є розрахунок необхідної пропускну спроможність телекомунікаційної мережі, що створюється в інтересах АСУ СП, виходячи з процесу прийняття рішення, яке реалізоване в цій АСУ.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення поставленої мети розглянемо загальну структуру процесу управління структурними підрозділами ЗС України (рис. 1).

На вхід комплексу засобів автоматизації (КЗА) визначеного рівня управління потрапляють вхідні дані у вигляді уніфікованих і формалізованих документів, даних Табелю термінових донесень, та неформалізованих даних, які потрапляють у багаторівневу чергу очікування на обслуговування заявок

людино-машинною системою (рис. 2). На кожному рівні пріоритетів заявки обслуговуються за дисципліною FIFO.

Заявка, що має найвищий пріоритет, потрапляє на обслуговування системою підтримки прийняття рішення (СППР) (рис. 3). СППР здійснює обслуговування даної заявки шляхом виконання комплексу визначених ІРЗ на Application Servers, що входять до складу КЗА. Для підвищення якості виконання ІРЗ, СППР знаходить необхідну інформацію за рахунок використання ІДС.

У випадках, коли виконання необхідної ІРЗ неможливо виконати наявними технічними засобами, заявка на її виконання надходить за допомогою використання Web технологій на Application Servers, що входять до складу інших КЗА, або, за допомогою прикладного інтегруючого компоненту, іншим АСУ. Результати виконання цих ІРЗ надаються СППР.

Оскільки СППР – програмно-апаратний комплекс, його продуктивність можливо збільшити, при необхідності, за рахунок введення структурної надмірності.

Надалі заявки, разом з рекомендаціями, які виробила по ним СППР, потрапляють до черги на обслуговування оператором. Зазначену чергу разом з оператором можна розглядати як одноканальну систему масового обслуговування, пропускну спроможність якої повністю залежить від психофізичних характеристик людини-оператора.

Збільшення зазначеного показника стає можливим за допомогою проведення різноманітних тренувань, однак завжди буде існувати інтенсивність, при перевищенні якої пропускну спроможність людини-оператора виявиться недостатньою. Введення в цьому випадку структурної надмірності (тобто розгортання додаткових АРМ) майже неможливе, оскільки з'являються декілька операторів з дублюючими функціями (порушується ієрархічний принцип управління).

Отже, збільшення пропускну спроможності телекомунікаційної мережі понад граничне сумарне значення пропускну спроможностей операторів є недоцільним.

Психофізичні експерименти із синусоїдально-коливними формами хвилі дають придатні дані для обчислення максимальної швидкості, з якою інформація може входити в людську візуальну систему, відповідно до одноканальної моделі, що і пояснює ці дані; тобто, якщо відношення "сигнал - шум" у ретинальних магістралях керує амплітудою модуляцією, що виявляється мінімальною, то остання – відповідна міра максимального числа помітних сигналів у межах даної вузької смуги частот.

На рис. 4 наведені типові виміри чутливості амплітуди, отримані за допомогою однорідного білого світла [1].

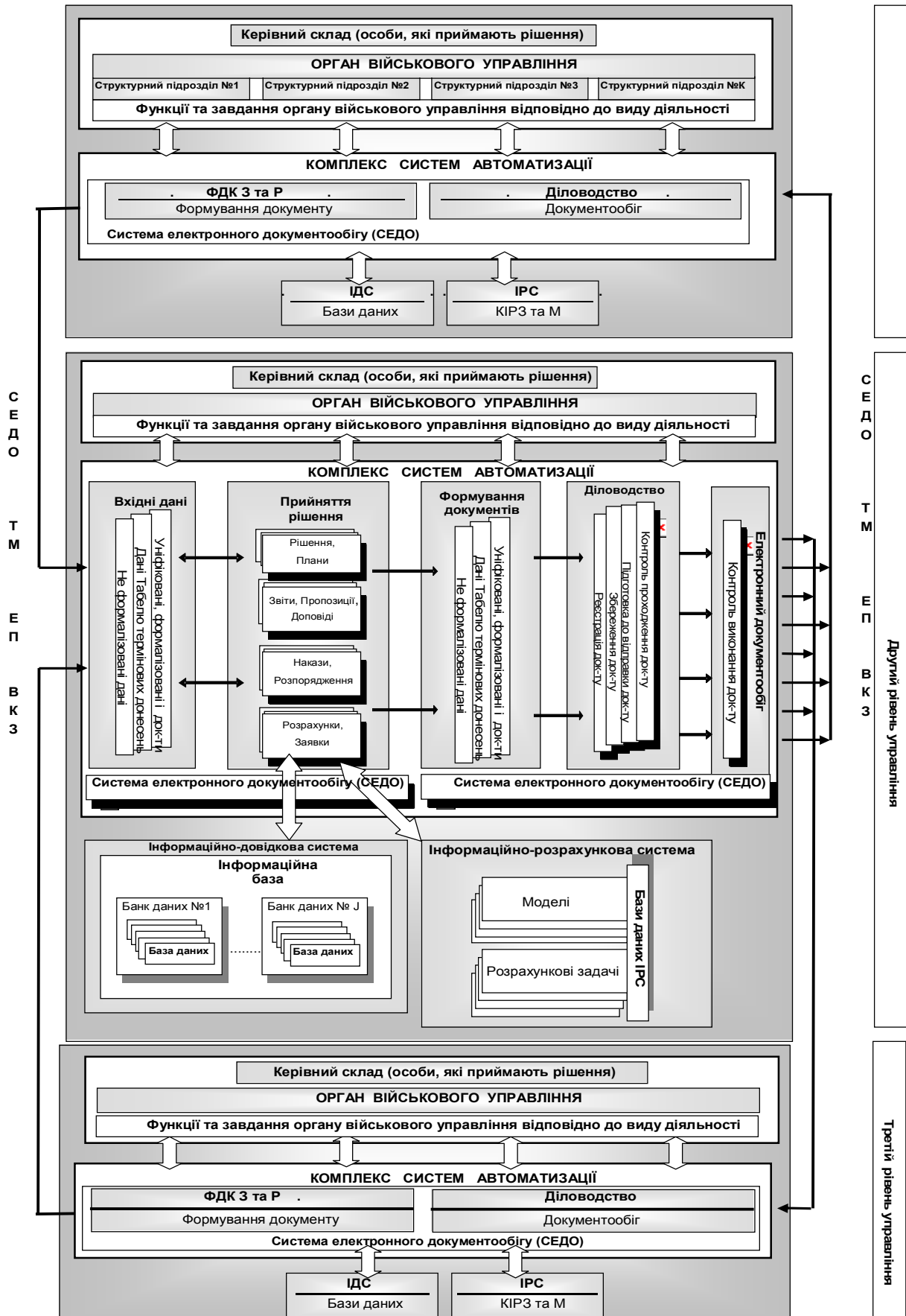


Рис. 1. Загальна структура процесу управління структурними підрозділами ЗС України

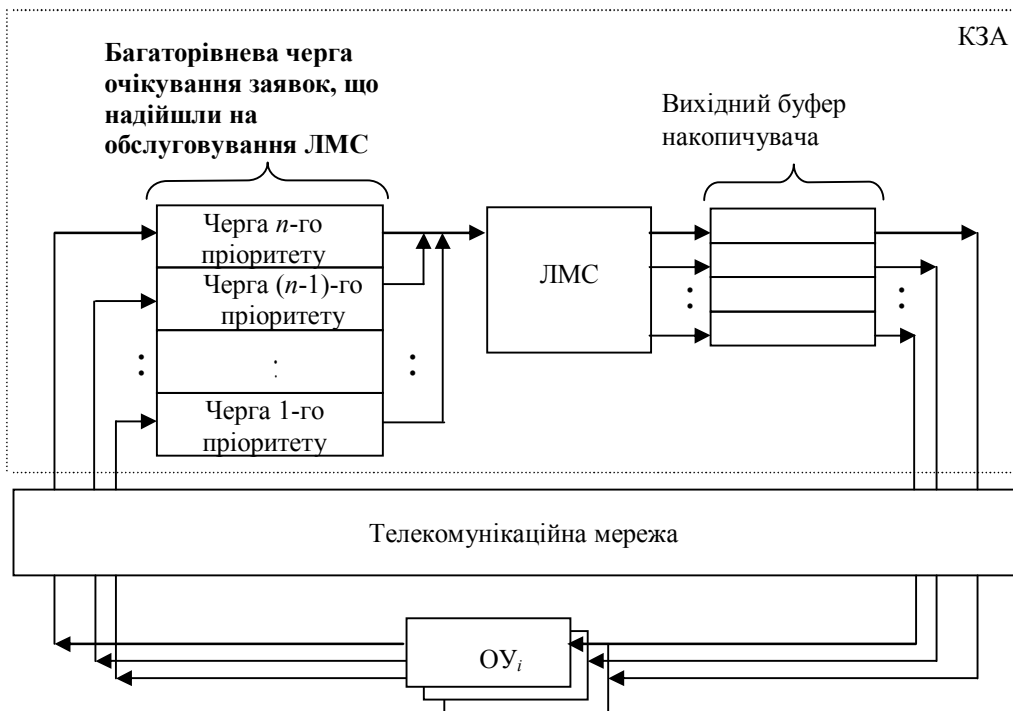


Рис. 2. Структурна схема управління в АСУ СП

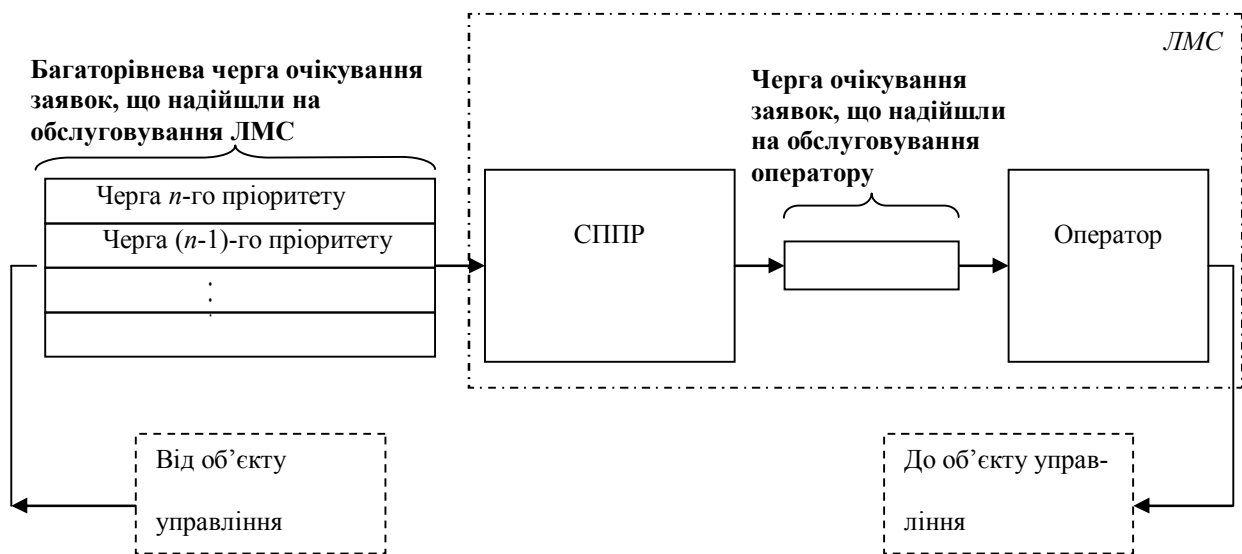


Рис. 3. Обслуговування заявок людино-машинною системою

Форма хвилі вхідного сигналу наводиться як

$$x(t) = B(1 + m \cos 2\pi ft), \quad (3)$$

де m – коефіцієнт модуляції (mB – амплітуда) – гранична змінна, що обмірюється як функція частоти.

Відмітимо, що форма цих наочних АЧХ змінюється з адаптацією рівня B (який був змінений у синхронізмі в діапазоні більше ніж 100 дБ).

Однак, термін "ємність каналу" може мати більше ніж одне значення у тому випадку, коли він застосовується до живого організму. Виходячи з цього, існує більше ніж один шлях, яким такий організм може бути розглянутий як канал зв'язку. Неявною в "прямих" експериментах є модель людського

об'єкта як інформаційного перетворювача – це, власне кажучи, сервомеханізм з оптичним входом.

Але в штучній системі зв'язку, об'єкт часто діє як інформаційний приймач – пристрій, вхідна ємність якого повинна бути визначена, причому і вихідні дані і дані, що містяться ньому є несуттєвими.

З огляду на подобу концепції ролі спостерігача психофізичних експериментів, можна запропонувати обчислення, що були зроблені Якобсоном [1].

Оцінюючи інформаційну ємність візуального каналу класичними вимірами гостроти зору і миготіння, він одержав функцію яскравості $S(B)$, що змінювалася від 10^6 біт у секунду на 0.01 мл до приблизно $4 \cdot 10^6$ біт у секунду на 100 мл.

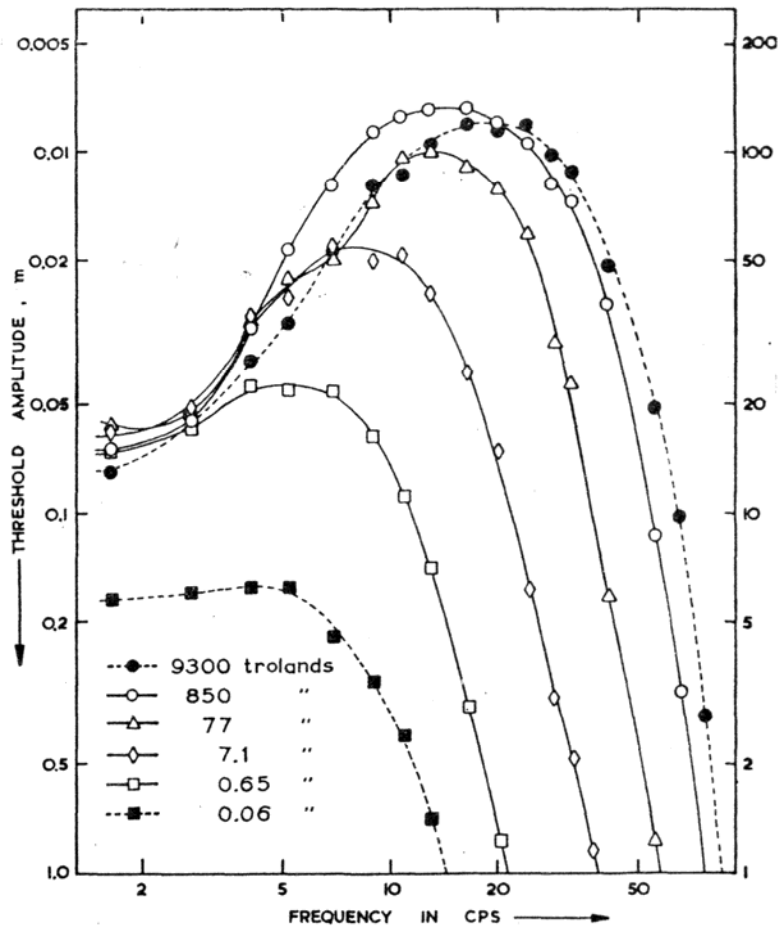


Рис. 4. Залежність обмірюваної чутливості амплітуди модуляції, що виявляється мінімально, від частоти для шести різних рівнів фотопічної адаптації до білого світла (спостерігач ДНК)

Оскільки Якобсон використовував традиційні психофізичні дані, він прийняв дискретну (чорно-білу, періодичну) модель візуальних реакцій, приймаючи, що:

- 1) тільки два рівні яскравості можуть розрізнятися, незалежно від просторового зразка або часової форми хвилі;
- 2) візуальна система поводить себе просто як фільтр низької частоти (і просторово, і за часом);
- 3) просторові і часові реакції – незалежні одна від іншої (тобто немає жодної просторово-часової взаємодії).

Однак, прийняте Якобсоном допущення 1 робить оцінки занадто низькими, у той час як допущення 2) і 3) роблять ці оцінки занадто високими.

Цих допущень можна уникнути, якщо ємність каналу розраховувати методом, що використовує закон Hartley-Shannon [2]. Зазначений метод відповідає безупинній формі одержання візуальної інформації (4).

$$C = 2W \log_2 n, \quad (4)$$

де $(n^2 - 1) = S/N$ – відношення "сигнал - шум" для повної смуги пропускання W .

Якщо брати в якості максимального числа помітних сигналів у межах вузької смуги частот, число:

$$n = m^{-1}, \quad (5)$$

де m – обмірюваний поріг модуляції в межах даної смуги, то розрахунки можуть бути зроблені безпосередньо з даних, що наведені на рис. 4.

Очевидно що:

- 1) оскільки випромінювана потужність – не негативна величина, найбільша амплітуда вхідного сигналу, досяжна на даній частоті, дорівнює B – рівню ухилу;
- 2) згідно з визначенням, мінімальний вхідний сигнал, що виявляється, при тих же самих умовах – гранична амплітуда mB , визначена деяким типом внутрішнього шуму;
- 3) якщо ці дві величини представлені в однакових фотометричних одиницях, то $B/m = m^{-1}$ – безрозмірне відношення. Необхідно також відзначити, що $(-\infty < \log m \leq 0)$. Узв'язавши ємність каналу в межах збільшення смуги частот, Δf , як

$$\Delta C = -2 \Delta f \log_2 m, \quad (6)$$

межа ємності одного ретинального каналу для всієї смуги пропускання W , буде дорівнювати:

$$C_0(B) = -2 \int_0^W -\log_2 m \, df, \quad (7)$$

яка може бути отримана як функція B графічною інтеграцією кожної кривої на рис. 4.

Ці об'єднання були виконані, беручи W у кожному випадку як частоту, у якій $m = 1$.

Результуюче значення C_0 , змінюється від 50 до майже 800 біт у секунду з рівнем адаптації, що збільшується (рис. 5).

Слід зазначити, що C_0 не найвища границя ємності каналу всієї сітківки, оскільки це значення не бере до уваги всі ступені волі, що може мати сприйманий зором вхідний сигнал. Щоб включити інформаційні ефекти просторових зразків, необхідно вимірити граничні значення $m(J_y, k)$ як функції трьох незалежних змінних, де k – кількість хвиль елементарного просторового подразника. Приймавши просторову реакцію ізотропною, подвійна інтеграція і просторових і частотно-часових координат дала б

$$C(B) = -2 \int_0^W \int_0^V 2\pi k \log m dk df, \quad (8)$$

де k – кут зору, що знаходиться в циклах на одиницю;

V – це t , що відповідає просторовій смузі пропускання.

Відношення C_0 до C , як міра повного візуального представлення, може бути зрозуміле наступним чином. Якщо m – не функція k для будь-якого значення V чи f , то

$$C(B) = -2\pi V^2 \int_0^W \log m df, \quad (9)$$

де w^2 – зворотна величина малому просторовому куту. Звідси випливає:

$$C_0(B) = \frac{1}{\pi V^2} C(B). \quad (10)$$

Оскільки просторова реакція – безсумнівно, незалежна від V , число незалежних каналів у сітківці фактично повинне залежати від рівня адаптації, збільшуючись зі збільшенням V , навіть у межах фотопічного діапазону. Однак, C_0 може усе ще бути розглянуте як ємність каналу самої маленької просторової одиниці (поза залежністю від її розміру), вихідний сигнал якої може бути статистично незалежний від реакцій сусідніх одиниць. З запропонованих вище вимірів $C(B)$, фактичне число цих елементів (одиниць) може бути обчислене як відношення C/C_0 . Єдині значення C , що підходять для цієї мети, були розраховані з класичних даних при припущеннях, обговорених вище. Фактично, значення Джекобсона для $C(B)$ не зростають відповідно до рівня адаптації так швидко як значення C_0 , зображені на рис. 5, що привело б до зменшення C/C_0 зі збільшенням V . Відносини, обчислені з цих значень C , змінюються тільки від 20000 незалежних кліток на 0.01 мл до менше ніж третини цього числа на 100 мл. Через широку невідповідність між цими числами і іншими вимірами числа незалежних ретинальних каналів, з даних, наведених на рис. 5, можна зробити висновок, що $C(B)$ повинно бути, принаймні, на порядок більше, ніж припускав Якобсон на найнижчому фотопічному рівні, і воно також збільшується в кілька разів, відповідно до рівня адаптації так само швидко, як і його оцінки.

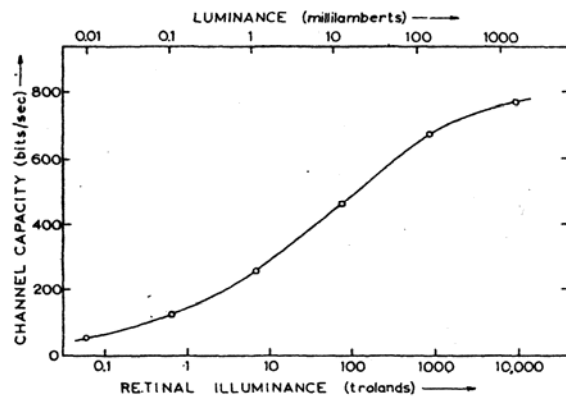


Рис. 5. Інформаційна ємність одного ретинального каналу як функція рівня адаптації, розрахована з даних, наведених на рис. 1

Оскільки порядок величини фактичного числа незалежних, рівнобіжних каналів передбачається взяти 10^6 (приблизне число окремих волокон в оптичному нерві), збільшення цієї величини максимальним значенням, показаним у рис. 5, дасть значення C – приблизно 10^9 біт у секунду. Це порядок величини менший ніж ємність каналу, доступний в кінофільмі (але порядок величини більше ємності ТВ каналу), тобто, у термінах інженерного досвіду роботи з різними візуальними відтворюючими системами, значення цієї величини, як міри ретинального представлення, здається коректним.

Більш формальне обґрунтування розгляду чутливості модуляції, m^{-1} , як відносини "сигнал-шум" можна давати в такий спосіб:

$$m^{-1} = |G| \cos^2(\pi f T / 2) \operatorname{ctnh}(\delta / 2T_c), \quad (11)$$

де T – середній інтервал часу між вихідними імпульсами; δ – допустимий інтервал часу (тобто, параметр шуму); T_c – часова постійна стадії імпульсного кодування; $|G|$ – відповідь амплітуди початкової лінійної стадії з $|G(0)| = 1$, що розраховується згідно з виразом

$$|G| = 5.9 \times 10^3 \left[\frac{(f^4 - 4f^2 + 46)^{1/2}}{(f^2 + 200)^2} \right]. \quad (12)$$

Для $\delta/T_c = 0.12$, значення T у межах від 12 до 135 мс дають сімейство кривих, наведених на рис. 6.

У маленьких амплітудах вхідних сигналів, T – лінійна функція \log ; тобто,

$$T = T_0 + T_c \log(h_0/B), \quad (13)$$

де T_0 і h_0 – постійні.

Усереднений множник $\cos^2(\pi f T / 2)$ у (11) шириною $W = 1/2T$, дає

$$m^{-1}(f, B) \cong |G(f)| \operatorname{ctnh}(\delta / 2T_c), \quad \text{для } 0 < f < W = 0. \quad (14)$$

Підставляючи цей вираз для m^{-1} у (7), маємо

$$C_0 = -2 \int_0^W \log m df = 2 \int_0^W \log \left[|G| \operatorname{ctnh} \frac{\delta}{2T_c} \right] df = \int_0^W \log |G|^2 df + 2 \log \left(\operatorname{ctnh} \frac{\delta}{2T_c} \right) \int_0^W df. \quad (15)$$

Перший елемент цього результату – відоме збільшення ентропії за одиницю часу лінійної стадії. Оскільки ця стадія прийнята безшумною, збільшення ентропії не залежить від розподілу ансамблю вхідних сигналів, і буде скорочена ΔH_G . У другому елементі $\delta \ll T_c$, так, що $2T_c/\delta \cong \text{ctnh } \delta/2T_c$ з незначною помилкою, і

$$C_0(B) = \Delta H_G + \frac{\log(2T_c/\delta)}{\bar{T}} \quad (16)$$

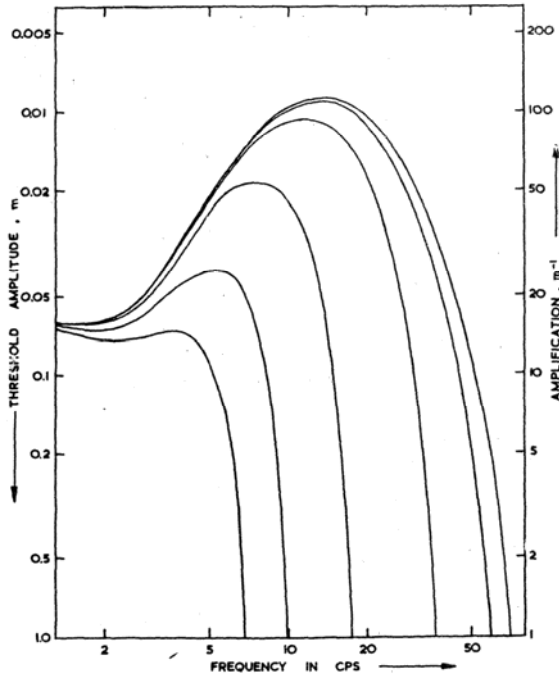


Рис. 6. Теоретична крива чутливості амплітуди за різні середні швидкості імпульсу на виході декодувальної стадії

Таким чином, стадія кодування імпульсу представлена терміном, що має форму середньої швидкості символу (T^{-1}), обмірюваною ентропією на символ $[\log(2T_c/\delta)]$. Якщо ці величини – обидві максимальні при відповідно однакових умовах, то вищезгаданий вираз може бути розцінений як максимальна швидкість передачі інформації системи. Наступні розуміння застосовують до другого члена виразу (16):

Для будь-якого ансамблю візуальних вхідних сигналів, на швидкість символів на виході другої стадії головним чином впливає рівень адаптації B , а не ентропія ступеня волі. Наприклад, припустимо, що вхідний сигнал другої стадії $h(t)$ обмежений максимальним значенням таким чином, щоб такий ансамбль міг бути отриманий на цій стадії, наприклад, обмеженням візуального вхідного сигналу максимальним значенням і обмеженням його спектральної щільності потужності, для зменшення ансамблю принаймні з такою же швидкістю як зменшується $[(1 - f/W)/|G|]^2$, що впливає з одного з результатів Шеннона. Тоді $h(t)$ буде мати максимальну ентро-

пію, якщо

$$p(h) = \frac{1}{2B} \quad \text{для } 0 < h < 2B, \quad (17)$$

(Якщо $G(0) = 1$, з цього випливає, що $h = B$). Тепер відповідно до моделі, цей розподіл буде перетворено в експонентний розподіл інтервалів імпульсів характеристикою пристрою, що кодує,

$$h = h_0 e^{-(T-T_0)/T_c}, \quad (18)$$

таким чином, що не можуть виникати жодні інтервали імпульсу, коротші

$$T_{\min} = T_0 + T_c \log(h_0/2B).$$

Ентропія припустимого вхідного розподілу другої стадії $p(h)$ дорівнює

$$H' = -\int p(h) \log p(h) dh = -\int_0^{2B} \frac{1}{2B} \log \frac{1}{2B} dh = \log 2B \quad (19)$$

при прирості ентропії в наступному перетворенні інформації

$$\Delta H' = -\int p(h) \log J dh = -\frac{1}{2B} \int_0^{2B} \log J dh, \quad (20)$$

де J – Якобіан зворотного перетворення

$$J = \left| \frac{dh}{dT} \right| = \left| -\frac{h_0}{T_c} e^{-(T-T_0)/T_c} \right| = h/T_c. \quad (21)$$

Таким чином, у відсутності шуму ентропія на символ результуючого експонентного ансамблю інтервалів імпульсів буде дорівнювати

$$H' + \Delta H' = \log 2B - \frac{1}{2B} \int_0^{2B} \log(h/T_c) dh = \log 2B + \log(eT_c/2B) = \log eT_c;$$

$$H' + \Delta H' = \log 2B - \frac{1}{2B} \int_0^{2B} \log(h/T_c) dh = \log 2B + \log(eT_c/2B) = \log eT_c \quad (22)$$

та не залежати від рівня адаптації B для будь-якого максимально обмеженого ансамблю вхідних сигналів другої стадії максимальної ентропії. При цих умовах швидкість символів залежить від B , починаючи із середнього значення цього розподілу інтервалів імпульсів ($T_c + T_{\min}$).

Після процесу кодування, точний час появи кожного імпульсу визначається випадково, таким чином, що істотні розходження між будь-якими двома імпульсними інтервалами повинні бути більше ніж допустимий інтервал часу, як згадано вище. Якщо розподіл цього шумового інтервалу – гауссовий, то його ентропія буде максимальна для даного стандартного відхилення і може бути записана у вигляді:

$$N' = \log [(2\pi e)^{1/2} \delta/K], \quad (23)$$

де δ – це стандартна девіація невідомого шумового розподілу.

Хоча це додаткове тремтіння часу незначно впливає на розподіл сигналу (тобто $\delta \ll T_c$), воно обов'язково обмежує інформацію, отриману символом. Якщо розподілу сигналу і шуму очікувано за-

лежні, швидкість передачі інформації на другій стадії для експонентного розподілу інтервалів імпульсу складає:

$$\frac{H' - N'}{T_{\min} + T_c} = \frac{\log(2T_c / \delta) + \log K(e / 8\pi)^{1/2}}{\bar{T} + 0.37T_c}$$

Якщо ця швидкість отримана при умовах обмеження смуги перепускання, сформульованих вище, вона повинні бути меншою ніж

$$\frac{\log(2T_c / \delta)}{\bar{T}}$$

Значення максимальної швидкості передачі на другій стадії знаходиться за допомогою (16), і це буде мати місце для всіх значень T за винятком випадку, коли $\log(iT/3.04) > 0$; тобто, за винятком випадку, коли δ прийнято більшим ніж три дев'яці шумового розподілу.

Таке надзвичайне визначення допустимого інтервалу часу змішало б інтервали імпульсу, що фактично могли бути правильно розбірливі з імовірністю більшою ніж 0,998.

Висновки

Узагальнюючи наведені розрахунки, можна зробити наступні висновки: на інформаційних напрямках телекомунікаційної мережі, яка використовується в інтересах АСУ СП, де передбачається використовувати підсистему відеоконференцв'язку, максимальна перепускна спроможність повинна становити 109 біт у секунду; на інших інформаційних напрямках – значення перепускної спроможності повинно лежати в діапазоні – 800 – 109 біт за секунду, в залежності від виду трафіку, який передбачено передавати цими напрямками.

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ОБМЕНА И ОБЪЕМОВ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

П.В. Жук, Л.Г. Жук, А.В. Северинов

Проведен анализ существующих подходов оценки объемов информации, которые циркулируют в автоматизированных системах управления специального назначения. Рассчитана необходимая пропускная способность телекоммуникационной сети, которая создается в интересах автоматизированной системы управления. В результате проведенных исследований сделаны выводы касательно максимальной пропускной способности на различных информационных направлениях телекоммуникационной сети, которая используется в интересах автоматизированной системы управления специального назначения.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, поток информации, пропускная способность.

THE ESTIMATION TO INTENSITIES OF THE EXCHANGE AND VOLUMES FLOW TO INFORMATION IN AUTOMATED MANAGING SYSTEM OF THE SPECIAL PURPOSE

P.V. Zhuk, L.G. Zhuk, A.V. Severinov

In article is organized analysis existing approach of the estimation of the volumes to information, which circulate in automated managing system of the special purpose. It is calculated necessary reception capacity to telecommunication network, which is in interest automated managing system. As a result of researches are made findings to regarding maximum reception capacity on different information directions of the telecommunication network, which is used in interest automated managing system of the special purpose.

Keywords: automated managing system, flow to information, reception capacity.

Список літератури

1. Якобсон П. Информационная пропускная способность человеческого глаза (П. Jacobson, *The informational capacity of the human eye*) // *Science*. – 1951. – 113, № 2933. – С. 292-293.
2. Krichevsky R.E. Shannon-Hartley entropy ratio under Zipf law / R.E. Krichevsky, M.P. Sharova // *Proceeding of the 1994 IEEE-IMS Workshop on Information Theory and Statistics*. Virginia, Alexandria. – 1994. – P. 66.
3. Федотов А.Е. Технология управления распределенными сетями [Текст] / А.Е. Федотов // *Сети и системы связи*. – 1996. – № 1. – С. 56 – 59.
4. Зайченко Ю.П. Некоторые проблемы топологического проектирования распределенных сетей ЭВМ большой размерности [Текст] / Ю.П. Зайченко, Л.П. Кондратова // *Автоматика*. – 1983. – № 2. – С. 55 – 58.
5. Кучук Г.А. Управление ресурсами инфокоммуникаций [Текст] / Г.А. Кучук, Р.П. Гахов, А.А. Пашичев. – М.: Физматлит, 2006. – 220 с.
6. Поповский В.В. Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах: учебник [Текст] / В.В. Поповский, В.Ф. Олейник. – Х.: ООО "Компания СМИТ", 2011. – 362 с.
7. Базатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології/ Ч.2 [Текст] / О.В. Лемешко, В.А. Лошаков, В.В. Поповський та ін. – Х.: Компанія СМІТ, 2010. – 482 с.
8. *Pepelnjak I. EIGRP Network Design Solutions: The Definitive Resource for EIGRP Design, Deployment, and Operation [Text] / Pepelnjak I.* – CiscoPress. – 2000. – 384 p.
9. *Retana A. EIGRP for IP: Basic Operation and Configuration [Text] / Retana A., White R., Slice D.* – Addison-Wesley Professional. – 2000. – 144p.
10. Максименков А.В. Выбор выделенных каналов связи и оптимизация потока в сети с пакетной коммутацией [Текст] / А.В. Максименков // *Кибернетика*. – 1983. – № 6. – С. 72 – 76.
11. Кульгин М. Б. Технологии корпоративных сетей [Текст] / М. Б. Кульгин. – С.-Пб.: Питер. – 2000. – 704 с.

Надійшла до редколегії 23.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Приходько, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків.