

УДК 629.78

І.В. Пасько

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ

Розглядаються основні підходи, які доцільно застосовувати при моделюванні інформаційних процесів в автоматизованій системі управління ракетних військ і артилерії та розробці методики оптимального розподілу інформації в розподіленій базі даних автоматизованої інформаційної системи артилерійського штабу.

**Ключові слова:** інформаційний процес, автоматизована система управління система масового обслуговування, методи математичного моделювання, інформаційний простір

### Вступ

**Постановка проблеми.** Для розвинених у військовому відношенні країн розвиток автоматизованих систем управління військами і бойовими засобами вже давно став пріоритетним напрямком розвитку збройних сил. В той же час рівень автоматизації й інформатизації у Збройних Силах, і зокрема в РВіА Сухопутних військ значно нижчий порівняно з арміями провідних у військовому відношенні країн. Все це, а також інтенсивний загальний процес інформатизації нашої держави, суспільства об'єктивно вимагає і від Збройних Сил України переходу до нових способів інформаційного спілкування, створення єдиного інформаційного простору, впровадження сучасних інформаційних систем та технологій.

**Мета статті** полягає у дослідженні інформаційних процесів які відбуваються в системі управління ракетних військ і артилерії

### Основна частина

Основу функціонування будь-якої АСУ складає інформаційний процес. Розглядаючи його з позиції цільового призначення, можна виділити основні фази перетворення інформації в АСУ, такі як збір, реєстрація, підготовка, передача, збереження, обробка, відображення інформації. Дані фази перетворення інформації реалізуються на базі окремих функціональних підсистем технічного забезпечення АСУ. Можуть бути виділені: підсистема підготовки та реєстрації інформації, підсистема збору та передачі інформації, підсистема збереження та обробки інформації. Найбільш складним є інформаційний процес в АСУ адміністративного типу, до якого відносяться АСУ військами та бойовими засобами [1].

В процесі створення АСУ виникає необхідність проектування апаратно-програмних засобів. При розробці останніх здійснюється забезпечення необхідних характеристик цих засобів, проводиться вибір різних варіантів побудови відповідних комплексів на основі використання моделей і критеріїв для оцінки ефективності [2, 3].

Дослідження процесу функціонування апаратно-програмних засобів і визначення вимог до їх елемен-

тів потребує застосування моделей. Елементи системи настільки різноманітні, що недоцільно створювати універсальну модель елементів, які використовуються в усіх частинах системи управління. Достатньо мати набір моделей, які з метою зручності застосування повинні бути оформлені у вигляді окремих модулів. Основні типи моделей, які можуть застосовуватися при дослідженні інформаційних процесів в АСУ наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні типи моделей, які застосовуватися при дослідженні інформаційних процесів в АСУ

Тип моделі	Можливі математичні методи
Однофазні, одноканальні з відмовами, з очікуванням і змішаного типу	ТМО і методи математичного моделювання
Однофазні, багатоканальні з відмовами, з очікуванням і змішаного типу	ТМО і методи математичного моделювання
Багатофазні, багатоканальні з очікуванням і змішаного типу	ТМО і методи математичного моделювання
Багатофазні, багатоканальні з замкнутими інформаційними потоками	Методи математичного моделювання, мережеві методи, теорія графів
Багатофазні, багатоканальні з замкнутими інформаційними потоками. Підсистемами є моделі попередніх типів	Методи математичного моделювання, мережеві методи, теорія графів

При визначенні математичних залежностей для дослідження інформаційних процесів в АСУ застосовують математичний апарат теорії масового обслуговування та методи математичного моделювання.

Вхідний потік заявок являє собою ту інформацію, яка циркулює в АСУ (інформація стану від джерел інформації і об'єктів управління, запити операторів на рішення задач і інше). Характеристикою потоку заявок є інтенсивність потоку  $\lambda(t)$ .

В АСУ (РВіА) потоки заявок, як правило, є випадковими. Тому при дослідженні зазвичай використовується простіший потік заявок, який є найгіршим серед потоків з обмеженою післядією. Для нього імовірність появи  $k$  вимог за час  $t$  визначається за формулою

$$P_k(t) = \left( (\lambda t)^k / k! \right) \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Перший тип моделі – це найпростіша система масового обслуговування (одноканальна однофазна СМО). Імовірність наявності в системі  $n$  заявок визначається за формулою

$$p_n = (1-p)p^n \quad (2)$$

Середня кількість заявок, яка буде знаходитись в системі, складає [4]:

$$M = \sum_{k=0}^{\infty} k p_k = p(1-p) \frac{d}{dp} \left[ \frac{p}{1-p} \right] = \frac{p}{1-p} \quad (3)$$

Імовірність того, що в системі буде більше ніж  $N$  заявок  $P_{N+1}$ , буде дорівнювати:

$$P_{N+1} = \sum_{i=N+1}^{\infty} p_i = p^{N+1}$$

Так як кожна заявка в системі у середньому обслуговується за час  $T/\mu$ , то середній час її перебування в черзі складає:

$$t_c = t_{оч} + t_{обсл} = (\mu(1-p))^{-1} \quad (4)$$

Для багатоканальних однофазних систем аналітичні вирази набувають більш складного вигляду, однак методика отримання аналітичних залежностей залишається без змін. Якщо є  $n$  органів обслуговування, сумарний потік заявок можна вважати рівномірно розподіленим між ними. Тоді на кожен орган обслуговування поступає потік з інтенсивністю  $\lambda^* = \lambda / n$ . Таким чином задача дослідження зводиться до дослідження функціонування  $n$  однолінійних систем масового обслуговування.

Модель інформаційного процесу є моделлю багатофазного, багатоканального типу з очікуванням, тому вона являє собою систему масового обслуговування і характеризується вхідним потоком заявок, механізмом та дисципліною їх обслуговування.

Так як на вхід  $i$ -го рівня АСУ буде поступати інформація по декільком каналам (не менше двох), то для побудови математичної моделі інформаційних процесів розглянемо математичний апарат багатоканальної системи масового обслуговування з чергою.

Система диференціальних рівнянь для ймовірностей  $p_0(t), p_1(t), \dots, p_n(t), \dots, p_{n+m}(t)$  має вигляд [3]:

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t), \\ \dots \\ \frac{dp_k(t)}{dt} = -(\lambda + k\mu)p_k(t) + \lambda p_{k-1}(t) + \mu(k+1)p_{k+1}(t), \\ \dots \\ \frac{dp_{n+s}(t)}{dt} = -(\lambda + n\mu)p_{n+s}(t) + \lambda p_{n+s-1}(t) + n\mu p_{n+s+1}(t), \\ \dots \\ \frac{dp_{n+m}(t)}{dt} = -n\mu p_{n+m}(t) + \lambda p_{n+m-1}(t), \end{cases}$$

де  $k = 1, 2, \dots, n-1$ ;  $s = 0, 1, \dots, m-1$

З системи рівнянь отримуємо формули для визначення ймовірностей  $p_0, p_1, \dots, p_{n+m}$ :

$$P_0 = \left\{ 1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{2!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^2 + \dots + \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \right. \\ \left. + \frac{1}{n \cdot n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{n+1} \left[ 1 - \left( \frac{\lambda}{n\mu} \right)^m \right] \left( 1 - \frac{\lambda}{n\mu} \right)^{-1} \right\}^{-1}$$

$$p_k = \frac{1}{k!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k p_0, (k = 1, 2, \dots, n),$$

$$p_k = \frac{1}{n! n^s} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{n+s} p_0, (k = 1, 2, \dots, m). \quad (5)$$

Останні формульні залежності дозволяють визначити основні характеристики АСУ:

Імовірність відмови системи

$$P_{відм} = P_{n+m} = \frac{1}{n! n^m} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{n+m} p_0 \quad (6)$$

Відносна пропускна спроможність системи – імовірність обслуговування

$$P_{обсл} = 1 - P_{відм} = 1 - \frac{1}{n! n^m} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{n+m} p_0 \quad (7)$$

Абсолютна перепускна спроможність системи

$$A = \lambda P_{обсл} = \lambda \left[ 1 - \frac{1}{n! n^m} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{n+m} p_0 \right] \quad (8)$$

Середній час перебування інформації на черзі

$$\bar{t}_{оч} = \frac{\bar{m}}{\lambda} \quad (9)$$

Середня довжина черги

$$\bar{m} = \frac{1}{n! n} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{n-1} \left( 1 - \frac{\lambda}{n\mu} \right) p_0 \quad (10)$$

Середній час перебування інформації в системі

$$\bar{t}_c = \bar{t}_{оч} + \frac{P_{обсл}}{\mu} \quad (11)$$

Середнє число зайнятих каналів  $\bar{z} = \frac{A}{\mu}$ .

Багатофазні, багатоканальні моделі з замкнутими інформаційними потоками характеризуються тим, що заявки, які виходять із системи з деякою ймовірністю  $p_i$  можуть поступати на  $i$ -ту фазу цієї системи. Даний випадок є характерним для автоматизованої системи управління.

Аналітичне дослідження подібних систем надзвичайно складне, тому найбільше застосування знаходить метод статистичних випробувань. Так для двофазної системи зі зворотнім зв'язком необхідно моделювати: моменти надходження заявок на першу фазу і на чергу першої фази на обслуговування; моменти надходження заявок із першої фази на другу фазу і із черги другої фази на обслуговування; моме-

нти закінчення обслуговування на другій фазі; визначення моменту, що обслуговування заявки закінчено, або вона знову повинна надійти на другу фазу.

Використавши описані вище моделі, можна визначити необхідну величину запам'ятовуючого пристрою, тривалість обслуговування інформації, оцінити степінь обслуговування заявок по часу вирішення задач і визначити показник продуктивності.

Розглянемо деякі підходи при визначенні імовірно-часових характеристик процесу обробки інформації апаратно-програмними засобами АСУ.

На етапі прийняття інформації тривалість її обслуговування залежить від сумарного часу демодуляції, декодування та дешифрування [2]. Сумарний час знайдемо, скориставшись формулами:

$$t_w = \frac{W}{R_{дм}}; t_n = \frac{n}{R_{дк}}; t_c = \frac{C}{R_{дш}}, \quad (12)$$

де  $R_{дм}$ ,  $R_{дк}$ ,  $R_{дш}$  – швидкості обробки інформації демодулятором, декодером та дешифратором відповідно;

$W$ ,  $n$ ,  $C$  – кількість елементарних операцій, що виконуються в демодуляторі, декодері та дешифраторі відповідно.

Тоді середній час обробки інформації на етапі прийому буде мати вигляд:  $t_{опр} = t_{оч} + t_w + t_n + t_c$ .

Для забезпечення ефективного управління необхідно, щоб основні показники (час передачі та імовірність не виявлення помилки) відповідали заданим значенням, але помилки, що виникають під час передачі в каналі зв'язку приводять до викривлення повідомлення та втраті інформації. Тому використовують багатократне повторення повідомлення в каналі зв'язку або дублювання шляхів. Якщо відома імовірність втрати повідомлення при однократній передачі, то можна визначити необхідну кількість повторів при заданій втраті.

$$P_{n_m} = P_{n_1}^m; \quad m \geq \log_2 P_{n_m} / \log_2 P_{n_1}.$$

Імовірність втрати при передачі по  $l$  напрямкам має вид:  $P_{n_1} = P_{n_1}^l$ . При одночасному використанні багатоканальної передачі по  $l$  шляхам доведення сумарні втрати визначаються:  $P_{втр(lm)} = P_{n_1}^{lm}$ .

Багаторазова передачі по декільком напрямкам зменшує імовірність втрат, але приводить до збільшення часу передачі та розмноження інформації. Ця проблема розв'язується за допомогою селекції повідомлень.

Час селекції ( $T_c$ ) визначається за формулою:

$$T_c = -\mu^{-1} \ln(P_{втр} \cdot \lambda / (\lambda + \mu)). \quad (13)$$

Після закінчення селекції інформація поступає на пристрій реєстрації.

Реєстрація необхідна для відновлення процесів, що раніше відбувалися в системі та виявлення ненормально функціонуючих частин системи.

Час реєстрації залежить лише від технічних ха-

рактеристик приладу, що реєструє.

Основним етапом проходження інформації через  $i$ -ту ланку системи управління РВ і А є етап обробки інформації.

Загальний час знаходження інформації в системі на етапі обробки інформації можна визначити за формулою:

$$t_{обр} = t_b + t_{пр} + t_{роб} + t_{рш}, \quad (14)$$

де  $t_b$  – час, що відводиться для відображення інформації;  $t_{пр}$  – час відведений на прийняття рішення;  $t_{роб}$  – час роботи оператора;  $t_{рш}$  – час рішення задач.

Час виведення інформації, яка прийшла для обробки, на табло дуже малий, тому при розрахунках його можна не враховувати.

Час прийняття рішення залежить від багатьох факторів, основними є об'єм прийнятої інформації, рівень підготовки командира (його компетентність), варіанти реалізації рішення ЕОМ та час передачі прийнятого рішення від командира до оператора.

Задачею людини-оператора є отримання, обробка і відправлення інформації, наказів і команд. Час роботи оператора напряму залежить від психофізіологічних факторів та умов роботи людини.

Останнім етапом проходження інформації через  $i$ -ту ланку системи управління є етап передачі інформації. Він, як і етап прийому інформації поділяється на основні підетапи: первинне кодування; захист інформації (шифрування); вторинне кодування; модуляція.

Тривалість обслуговування інформації (заявки), що передається у лінію зв'язку залежить від сумарного часу проходження усіх цих підетапів. Сумарний час знайдемо, скориставшись формулами:

$$t_{1n} = \frac{n}{R_{К1}}; t_{ш} = \frac{C}{R_{Ш}}; t_{2n} = \frac{n}{R_{К2}}; t_{w*} = \frac{W}{R_M}, \quad (15)$$

де  $t_{1n}$ ,  $t_{2n}$  – час первинного та вторинного кодування відповідно;  $t_{ш}$  – час проходження інформації через етап захисту (шифрування та ін);  $t_{w*}$  – час модуляції (перетворення дискретних повідомлень в аналоговий сигнал по закону АМ, ЧМ, ФМ);  $R_{К1}$ ,  $R_{К2}$ ,  $R_{Ш}$ ,  $R_M$  – швидкості обробки інформації кодером, шифратором та модулятором відповідно;  $n$ ,  $C$ ,  $W$  – кількість елементарних операцій, що виконуються в кодері, шифраторі та модуляторі відповідно.

Тоді середній час обробки інформації на етапі передачі буде мати вигляд:

$$t_{пер} = t_{n1} + t_{ш} + t_{n2} + t_{w*}. \quad (16)$$

Розглянута математична модель проходження інформації через  $i$ -ту ланку управління буде не повною, якщо не враховувати проходження інформації по каналу зв'язку.

Потенційні можливості каналу зв'язку характеризуються пропускною здатністю, яка визначається

максимальною швидкістю передачі інформації.

### Висновок

Основу функціонування будь-якої АСУ складають процеси передачі і обробки інформації, які отримали назву інформаційного процесу. Найбільш складними є інформаційні процеси в АСУ адміністративного типу до якого відносяться АСУ військами та бойовими засобами. При дослідженні процесів функціонування апаратно-програмних засобів системи управління і визначенні вимог до АСУ в цілому та її компонентів виникає необхідність застосування моделей. На етапі створення базового варіанту вимог і базової структури АСУ найбільш оптимальними є математичні моделі, кожна з яких являє собою систему масового обслуговування і характеризується вхідним потоком заявок, механізмом і дисципліною їх обслуговування.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТНЫХ ВОЙСК И АРТИЛЛЕРИИ

И.В. Пасько

*В статье рассматриваются основные подходы, которые целесообразно применять при моделировании информационных процессов в автоматизированной системе управления ракетных войск и артиллерии и разработке методики оптимального распределения информации в распределенной базе данных автоматизированной информационной системы артиллерийского штаба.*

**Ключевые слова:** информационный процесс, автоматизированная система управления, система массового обслуживания, методы математического моделирования, информационное пространство.

### METHODS OF INFORMATION IN PROCESS CONTROL SYSTEM MISSILE FORCES AND ARTILLERY

I.V. Pasko

*The article examines the main approaches that are appropriate to apply the modeling of information processes in automated control system of missile troops and artillery, and the development of optimal methods of distributing information in a distributed database, automated information system of the artillery headquarters.*

**Keywords:** information process, the automated control system, queuing system, the methods of mathematical modeling, information space.

### Список літератури

1. Модин А.А. Основы разработки и развития АСУ / А.А. Модин. – М.: Наука, 1981. – 279 с.
2. Козлов О.В. Автоматизированные системы управления (теория и методология). Т. 1. / О.В. Козлов. – М.: Мысль, 1972. – 455 с.
3. Максименко А.В. Основы проектирования информационно-вычислительных систем и сетей / А.В. Максименко, М.Л. Селезнев. – М.: Радио и связь, 1991. – 320 с.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 2001. – 380 с.
5. Лукин А.И. Системы массового обслуживания. – М.: Воениздат, 1980. – 189 с.

Надійшла до редколегії 23.12.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.О. Кузнецов, Харківський університет Повітряних Сил ім. Кожедуба, Харків.