

# Інфокомунікаційні системи

УДК 004.421

В.І. Горбенко, В.Ю. Картавих, І.Ю. Субач

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУ України "КПІ", Київ*

## МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ ДОМЕНУ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*У статті розглядається модель моніторингу домену управління інформаційної мережі військового призначення. Запропонований математичний апарат дозволяє розрахувати на етапі проектування по вхідним даним підсистеми моніторингу об'єм службової інформації, яка буде згенерована в процесі моніторингу, та інтенсивність вхідного і вихідного потоків повідомлень підсистеми моніторингу в стаціонарному режимі.*

**Ключові слова:** інформаційна мережа, потоки повідомлень, моніторинг.

### Вступ

У теперішній час в повсякденну діяльність Збройних Сил (ЗС) активно впроваджуються сучасні інформаційні технології. Високими темпами розгортаються інформаційні мережі військового призначення. З кожним днем кількість підключених до них підрозділів зростає. Стаціонарні вузли оснащуються сучасними засобами збору, обробки та передачі інформації. У зв'язку з розширенням мереж підвищується актуальність питань пов'язаних з їх управлінням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що існує множина моделей, що представляють процес управління інформаційними мережами як у цілому, так і по елементам. У [1 – 3] визначені етапи процесу управління, запропонована класифікація підходів до виконання кожного з етапів, визначаються підходи до побудови систем управління інформаційними мережами. Крім того, при розгляді системи управління інформаційною мережею (ІМ) слід враховувати рекомендації міжнародних організацій та союзів. Так міжнародний союз електрозв'язку в своїх рекомендаціях [4, 5] розкриває основні принципи побудови систем управління ІМ, визначає функціональну модель системи управління, описує інтерфейси та елементи систем управління в загальному вигляді. При розгляді системи управління ІМ військового призначення і підсистеми моніторингу, як її складової, слід враховувати обмеження, що накладаються на них структурою, і методи передачі інформації у них. Основні вимоги до ІМ військового призначення визначено рядом наказів Міністра оборони України [6, 7]. Одним з основних програмно-технічних комплексів визначений програмно-технічний комплекс управління функціонуванням (ПТК УФ), який на теперішній день не розгорнутий. Згідно концепції розвитку системи зв'язку одним з основних напрямків її розвитку є розгортання дано-

го комплексу [8] до складу якого входить підсистема моніторингу (ПМ) мережевих елементів, яка здійснює збір параметрів, що характеризують роботу мережевих елементів. Необхідність вирішення задачі розгортання ПТК УФ, та важливість процесу моніторингу, як основного процесу щодо збору первинних даних про стан мережевих елементів, вказують на **актуальність** задачі моделювання процесу моніторингу в інформаційній мережі військового призначення.

Виходячи з наведеного, **метою статті** є розробка моделі моніторингу домену управління ІМ військового призначення, яка дозволяє на етапі проектування підсистеми моніторингу визначити об'єм службового трафіку, який буде згенерований процесом моніторингу й інтенсивність потоків запитів підсистеми моніторингу та потоків відповідей мережевих елементів.

### Результати досліджень

Аналіз структури ІМ військового призначення, її функцій та задач, дозволяє визначити початкові дані моделі та обмеження, що на неї накладаються.

ІМ ЗС України побудована на основі стеку протоколів TCP/IP. Різноманітність обладнання, велика кількість інформаційно-телекомунікаційних вузлів, різні пропускні здатності каналів визначають зональний підхід до побудови системи управління нею, як найкращий. Для застосування цього підходу ІМ поділяється на домени управління. У кожному домені розгортається своя підсистема управління, до складу якої входить підсистема моніторингу, що здійснює збір параметрів про роботу мережевих елементів, причому кількість параметрів визначається в інформаційній моделі мережевого елемента.

Впровадження ІМ на базі стеку протоколів TCP/IP однозначно визначає протокол *SNMP*, як протокол моніторингу мережевих елементів. Проте одним з основних його недоліків є використання прото-

колу транспортного рівня *UDP*, який не забезпечує гарантованої доставки повідомлень. Для усунення цього недоліку, необхідно забезпечити перевірку роботи мережевих елементів на мережевому рівні, який представлений в стеці протоколу *TCP/IP* протоколом *IP*. Для вирішення даної задачі застосовується протокол *ICMP*.

Отже процедура моніторингу окремого мережевого елемента, поділяється на дві складові. Перша – забезпечує контроль роботи протоколу *IP* мережевого елемента шляхом застосування протоколу *ICMP*, друга – забезпечує збір параметрів роботи мережевих елементів по протоколом *SNMP*.

У протоколі *SNMP* реалізовано два методи збору параметрів: за подією та регулярний. Перший метод не дозволяє відслідковувати тенденції зміни значень параметрів мережевого елемента та відображати повну картину стану. Тому при застосуванні протоколу *SNMP* у системі управління ІМ військового призначення він може застосовуватися лише для моніторингу неважливих її елементів. Тому, за основу слід взяти інший метод моніторингу – регулярний метод збору інформації.

Побудуємо модель процесу моніторингу мережевого елемента. Початкові дані моделі:

$S = \{ICMP, SNMP\}$  – множина протоколів моніторингу;

$\tau_{ICMP}$  – період моніторингу мережевого елемента на мережевому рівні;

$T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_K\}$  – множина параметрів представлених у вигляді періодів моніторингу, де  $K$  – кількість параметрів, що контролюються підсистемою моніторингу на мережевому елементі.

Обмеження моделі:

моніторинг усіх мережевих елементів здійснюється за регулярним методом.

Шукаємі величини:

$\lambda_{in}$  – інтенсивність потоку запитів до мережевого елемента від підсистеми моніторингу;

$C_{in}$  – об'єм службового трафіку за одиницю часу, що буде згенерований підсистемою моніторингу в напрямку мережевого елемента;

$C_{out}$  – об'єм службового трафіку за одиницю часу, що буде згенерований мережевим елементом в напрямку підсистеми моніторингу.

Процес моніторингу одного мережевого елемента на мережевому рівні представлений на рис. 1. Підсистема моніторингу з певним періодом часу генерує запит до мережевого елемента. Пакет із запитом передається по мережі на протязі часу  $t_{зап}$ , мережевий елемент здійснює обробку запиту і генерує відповідь на протязі часу  $t_{розр}$ , а відповідь передається до підсистеми моніторингу протягом часу  $t_{відп}$ . Дані величини залежать від пропускної здатності каналів передачі даних, завантаженості мережі та швидкостей обробки пакетів на телекомунікаційному обладнанні. Ці залежності обумовлюють випадковість зазначених величин. На рис. 2 представлена схема моделі процесу моніторингу.

Позначимо час обслуговування заявки через

$$t_{RTT} = t_{зап} + t_{розр} + t_{відп} \quad (1)$$

Потік запитів підсистеми моніторингу до мережевого елемента, згідно обмежень, формується через визначений період часу. Отже потік запитів можна розглядати, як регулярний потік. Не важко помітити, що регулярний потік є ординарним, стаціонарним та потоком з післядією [9].

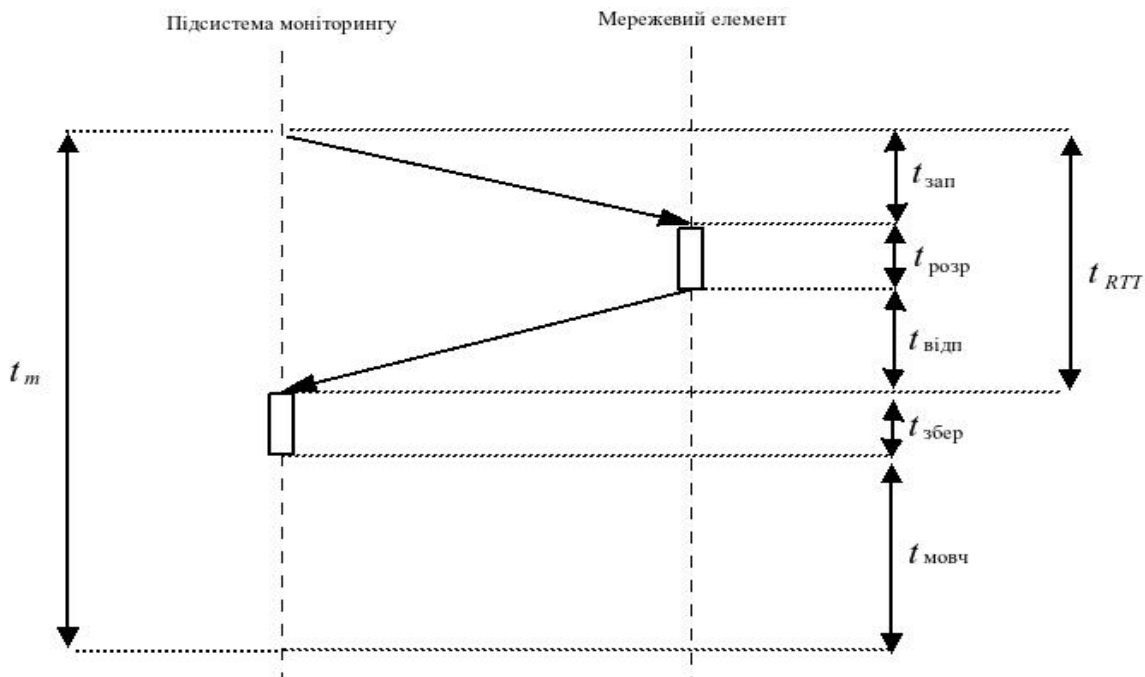


Рис. 1. Процес моніторингу мережевого елемента



Рис. 2. Схема моделі процесу моніторингу мережевого елемента на мережевому рівні

Інтенсивність потоку запитів до мережевого елемента задається таким виразом:

$$\lambda_{in} = \frac{1}{\tau_{ICMP}} \quad (2)$$

Дослідження [10] показують, що при незавантаженої мережі, час обслуговування заявок  $t_{RTT}$  розподілений за нормальним законом. Тому, систему масового обслуговування не можна розглядати, як марковську систему масового обслуговування [9]. Потік оброблених запитів відображає потік відповідей мережевого елемента, що поступають до підсистеми моніторингу.

Аналогічно процедурі моніторингу, процес моніторингу мережевого елемента поділяється на дві складові. Перша – виконує моніторинг мережевого елемента на мережевому рівні. Модель даного процесу була розглянута раніше. Друга – здійснює збір динамічних параметрів, які характеризують роботу мережевого елемента. Вона генерує  $K$  потоків запитів з періодами, що визначено в початкових даних моделі (рис.3). Вхідним потоком до моделі є сума регулярних потоків запитів на перевірку кожного параметру мережевого елемента та потоку запитів за протоколом *ICMP*. Згідно [11] сумарний потік наближається до найпростішого пуасонівського потоку з інтенсивністю:

$$\lambda_{in} = \frac{1}{\tau_{ICMP}} + \sum_{i=1}^K \lambda_i = \frac{1}{\tau_{ICMP}} + \sum_{i=1}^K \frac{1}{\tau_i} \quad (3)$$

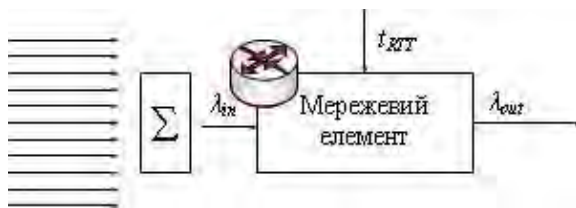


Рис. 3. Схема моделі процесу моніторингу мережевого елемента в загальному вигляді

Об'єм трафіку, що буде згенерований підсистемою моніторингу в напрямку мережевого елемента за одиницю часу розраховується за формулою:

$$C_{in} = N_{ICMP} \frac{1}{\tau_{ICMP}} + N_{SNMP} \sum_{i=1}^K \frac{1}{\tau_i} \quad (4)$$

Константи  $N_{ICMP}$  та  $N_{SNMP}$  визначаються з структури пакетів даних протоколів [12, 13]. Вони дорівнюють розмірам пакетів мережевого рівня да-

них протоколів у байтах. По замовчанню  $N_{ICMP} = 84$  байта. Пакети протоколу *SNMP* мають змінний розмір у залежності від розміру даних, які передаються цим пакетом. З урахуванням структури заголовків *IP*, *UDP*, *SNMP* саме жорстке обмеження накладає поле *length SNMP PDU* розміром 1 байт, який визначає розмір пакету *SNMP*. Виходячи з цього максимальний розмір пакету, що передає запит і повертає відповідь дорівнює 288 байт. Введемо наступне обмеження:

$$N_{SNMP} = 288 \text{ байт.}$$

Вихідний потік даної моделі є потоком прибуття відповідей від мережевого елемента, до підсистеми моніторингу. Він є результуючим потоком лінійного безінерційного перетворення першого виду вхідного потоку моделі [14].

При розгляді потоку на проміжку часу  $[0, t]$  вихідний потік затримується на випадкову величину  $t_{RTT}$  (рис. 4). Згідно [15] вихідний потік також є стаціонарним Пуасонівським потоком.

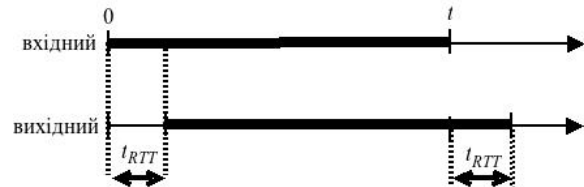


Рис. 4. Вхідний та вихідний потік на початку роботи підсистеми моніторингу

Проте, при розгляді цих потоків на проміжку зміщеному на відстань  $t_1$ , тобто коли ПМ переходить у стаціонарний режим, видно що на проміжку  $[t_1, t_1+t_{RTT}]$  у вихідному потоці з'являються відповіді на запити, що були згенеровані у проміжок  $[t_0, t_1]$  (рис. 5).

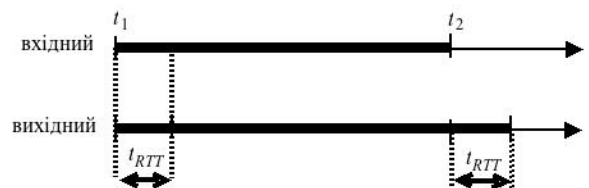


Рис. 5. Вхідні та вихідні потоки при стаціонарному режимі роботи ПМ

Виходячи з цих міркувань з достатньою точністю на етапі проектування ПМ можна вважати, що об'єм службового трафіка на вході і на виході моделі за одиницю часу дорівнює:

$$C_{in} \approx C_{out} \approx C = \frac{N_{ICMP}}{\tau_{ICMP}} + N_{SNMP} \sum_{i=1}^K \frac{1}{\tau_i} \quad (5)$$

При умові, що всі параметри моніторяться з однаковим періодом:

$$\tau_{ICMP} = \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_K, \quad (6)$$

формула (5) набуває вигляду:

$$C(\tau) = \frac{N_{ICMP} + K N_{SNMP}}{\tau} \quad (7)$$

Розглянемо процес моніторингу всього домену управління. Початковими даними моделі процесу моніторингу домену управління є:

$S = \{ICMP, SNMP\}$  – множина протоколів моніторингу;

$N = \{n_i\}$ , де  $i \in \overline{1, n}$  – множина мережевих елементів, домену управління, що представлені вихідними даними моделей моніторингу мережевих елементів.

Необхідно знайти:

$C_{inM}$  – об’єм службового трафіку на вході ПМ;

$C_{outM}$  – об’єм службового трафіку на виході ПМ.

Представимо вихідні дані моделі моніторингу домену управління у вигляді матриці (рис. 6). Вона

$\tau_{1,ICMP}$	$\tau_{1,1}$	...	$\tau_{1,j-1}$	$\tau_{1,j}$	$\tau_{1,j+1}$	...	$\tau_{1,K_1-1}$	$\tau_{1,K_1}$
$\tau_{2,ICMP}$	$\tau_{2,1}$	...	$\tau_{2,j-1}$	$\tau_{2,j}$	$\tau_{2,j+1}$	...	$\tau_{2,K_2-1}$	$\tau_{2,K_2}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$\tau_{i-1,ICMP}$	$\tau_{i-1,1}$	...	$\tau_{i-1,j-1}$	$\tau_{i-1,j}$	$\tau_{i-1,j+1}$	...	$\tau_{i-1,K_i-1}$	0
$\tau_{i,ICMP}$	$\tau_{i,1}$	...	$\tau_{i,j-1}$	$\tau_{i,j}$	$\tau_{i,j+1}$	...	$\tau_{i,K_i-1}$	$\tau_{i,K_i}$
$\tau_{i+1,ICMP}$	$\tau_{i+1,1}$	...	$\tau_{i+1,j-1}$	$\tau_{i+1,j}$	$\tau_{i+1,j+1}$	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$\tau_{n,ICMP}$	$\tau_{n,1}$	...	$\tau_{n,j-1}$	$\tau_{n,j}$	$\tau_{n,j+1}$	...	$\tau_{n,K_n-1}$	$\tau_{n,K_n}$

Рис. 6. Матриця моніторингу домену управління

Представимо модель моніторингу домену управління, як мережу масового обслуговування, що складається з двох рівнів (рис. 7).

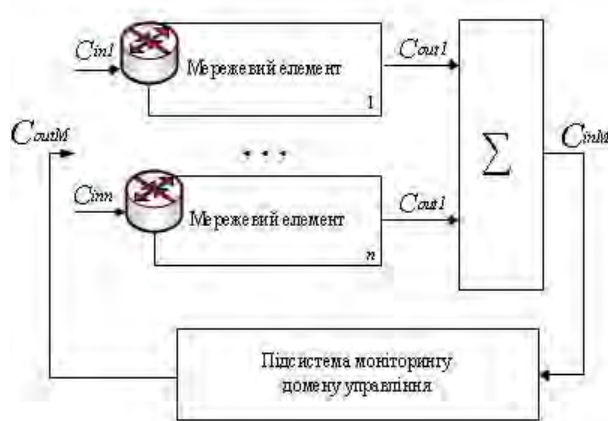


Рис. 7. Схема моделі моніторингу домену управління

Дана мережа є замкнутою, оскільки вхідні потоки систем першого рівня  $C_{in1} \dots C_{inn}$  складають сумарний потік, що є вихідним потоком системи другого рівня.

містить періоди моніторингу мережевих елементів у першому стовпчику, та періоди моніторингу параметрів мережевих елементів в інших. Визначення кількості параметрів, що підлягають моніторингу здійснюється за рахунок побудови інформаційної моделі мережевого елементу [16]. Кількість параметрів, що характеризують кожний мережевий елемент залежить від класу мережевого елементу і його функціональних можливостей. Виходячи з цього, кількість параметрів кожного мережевого елементу та, відповідно, кількість комірок в кожному рядку матриці моніторингу різна. Тому в матриці моніторингу пусті комірки в кожному рядку заповнюються 0. Матриця моніторингу представляє собою основний результат проектування підсистеми моніторингу. Розмірність матриці відповідно:

$$n \times \arg \max_{i \in \overline{1, n}} (K_i)$$

$$C_{outM} = \sum_{i=1}^n C_{ini} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_{ICMP}}{\tau_{i,ICMP}} + \sum_{j=1}^{K_i} \frac{N_{SNMP}}{\tau_{ij}} \right), \quad (8)$$

де  $n$  – кількість мережевих елементів в домену управління,  $K_i$  – кількість параметрів, що підлягають моніторингу по протоколу  $SNMP$ .

Виходячи з (5):

$$C_{inM} \approx C_{outM} \approx \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_{ICMP}}{\tau_{i,ICMP}} + \sum_{j=1}^{K_i} \frac{N_{SNMP}}{\tau_{ij}} \right). \quad (9)$$

При виконанні обмеження (6) отримуємо:

$$C_{inM}(T_d) \approx C_{outM}(T_d) \approx C(T_d); \quad (10)$$

$$C(T_d) = \sum_{i=1}^n \frac{N_{ICMP} + K_i N_{SNMP}}{\tau_i}, \quad (11)$$

де  $T_d$  – одностовпчикова матриця моніторингу домену управління, де кожна комірка містить період моніторингу відповідного мережевого елементу.

## Висновки

По-перше, модель моніторингу домену управління визначає інтенсивності вхідних і вихідних потоків підсистеми моніторингу.

По-друге, на основі матриці моніторингу можливо визначити об'єми службової інформації, яка буде навантажувати мережу при стаціонарній роботі підсистеми моніторингу.

По-третє, на основі запропонованої моделі можливо вирішити задачу розробки раціонального плану моніторингу домену управління за критерієм мінімізації співвідношення службового трафіку до пропускнуої можливості каналів передачі даних між мережевими елементами.

## Список літератури

1. Герасимов Б.М. Человечно-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.
2. Бунин С.Г. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами / С.Г. Бунин, Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. – К.: НПП «Издательство «Наукова думка» НАН України». 2012. – 444 с.
3. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие / А.И. Романов. – К.: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2003. – 247 с.
4. ITU-T Recommendation M.3010: Principles for a telecommunications management network – approved on 4 February 2000. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-M.3400/en>.
5. ITU-T Recommendation M.3400: TMN management functions. – approved on 4 February 2000. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-M.3400/en>.
6. Наказ Міністра Оборони України №185 від 05.04.2011 Про прийняття на озброєння Збройних Сил України та організацію впровадження програмно-технічних комплексів, комплексів засобів зв'язку стаціонарних телекомунікаційних вузлів та терміналів відеоконференцзв'язку автоматизованої системи управління повсякденної діяльності Збройних Сил України «Дніпро».
7. Наказ Міністра Оборони України №597 від 01.10.2011 Про затвердження порядку використання автоматизованої системи управління Збройних Сил України «Дніпро».
8. Плуговий Ю.А. Развитие системы зв'язку Збройних Сил України на основе перспективных телекоммуникационных систем, комплексів та систем зв'язку спеціального призначення / Ю.А. Плуговий // Збірник матеріалів VI науково-технічної конференції ВІТІ НТУУ "КПІ". – К., 2012. – С. 28-31.
9. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложение / Т.Л. Саати. – М.: Сов. радио. 1965. – 505 с.
10. Горбенко В.І. Інформаційно-часова модель моніторингу мережевих елементів підсистеми моніторингу інформаційної мережі спеціального призначення / В.І. Горбенко, О.В. Сілко, В.Ю. Картавих / Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ», вип. 1. – 2012. – С. 24–36.
11. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1986. – 434 с.
12. RFC 792. Internet Control Message Protocol (ICMP). [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://rfc.com.ru/rfc792.htm>.
13. RFC 1157. Simple Network Management Protocol (SNMP). [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1157.html>.
14. Большаков И.А. Прикладная теория случайных потоков / И.А. Большаков, В.С. Ракошиц – М.: Сов. радио. 1978. – 248 с.
15. Дуб Дж. Вероятностные процессы / Дж. Дуб. – М.: Издательство иностранной литературы, 1957. – 606 с.
16. Горбенко В.І. Інформаційна модель мережевого елементу інформаційної мережі військового призначення / В.І. Горбенко, В.Ю. Картавих, В.І. Міценко // Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах. ДССЗІ. – К., 2013. – С. 85.

Надійшла до редколегії 2.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ДОМЕНА УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.И. Горбенко, В.Ю. Картавих, И.Ю. Субач

В статье рассматривается модель мониторинга домена управления информационной сети военного назначения. Предложенный математический аппарат позволяет рассчитать на этапе проектирования по входным данным подсистемы мониторинга объем служебной информации, которая будет сгенерирована в процессе мониторинга, и интенсивность входного и исходного потоков сообщений подсистемы мониторинга в стационарном режиме.

**Ключевые слова:** информационная сеть, потоки сообщений, мониторинг.

## MODEL OF MANAGEMENT DOMAIN MONITORING OF MILITARY-ORIENTED INFORMATIVE NETWORK

V.I. Gorbenko, V.Yu. Having a burr, I.Yu. Subach

The model of management domain monitoring of military-oriented informative network is examined in the article. The offered mathematical vehicle allows to expect on the stage of planning from entrance data of monitoring subsystem the volume of service information which will be generated in the process of monitoring, and intensity of input and initial streams of reports of monitoring subsystem in the stationary mode.

**Keywords:** informative network, streams of reports, monitoring.