

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ**  
**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ**  
**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Випуск № 1**

**КИЇВ – 2005**

**Збірник наукових праць** Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Випуск №1. - Київ: ВІКНУ, 2005.- 200 с.

У збірнику опубліковано статті вчених, науково-педагогічних працівників, ад'юнктів і здобувачів інституту, в яких розглядаються актуальні проблеми військово-технічного та військово-гуманітарного розвитку збройних сил України.

**Редакційна колегія:**

**Ленков С.В.,** доктор технічних наук, професор (голова редакційної колегії);  
**Бортник С.Ю.,** доктор географічних наук, професор (заступник голови редакційної колегії);

**Герасимов Б.М.,** доктор технічних наук, професор;  
**Жердєв М.К.,** доктор технічних наук, професор;  
**Креденцер Б.П.,** доктор технічних наук, професор;  
**Лісова С.В.,** доктор педагогічних наук, професор;  
**Лихогруд М.Г.,** доктор технічних наук, професор;  
**Маслов В.С.,** доктор педагогічних наук, професор;  
**Марушкевич А.А.,** доктор педагогічних наук, доцент;  
**Матвієнко О.В.,** доктор педагогічних наук, доцент;  
**Науменко М.І.,** доктор технічних наук, професор;  
**Нещадим М.І.,** доктор педагогічних наук, професор;  
**Ободовський О.Г.,** доктор географічних наук, професор;  
**Пономоренко Л.А.,** доктор технічних наук, професор;  
**Плахотнік О.В.,** доктор педагогічних наук, професор;  
**Сніжко С.І.,** доктор географічних наук, професор;  
**Шевченко В.О.,** доктор географічних наук, професор;  
**Шищенко П.Г.,** доктор географічних наук, професор;  
**Ягупов В.В.,** доктор педагогічних наук, професор;  
**Балабін В.В.,** кандидат філологічних наук, доцент;  
**Браун В.О.,** кандидат технічних наук;  
**Сторубльов О.І.,** кандидат технічних наук, доцент.

**Відповідальні секретарі:**

**Вишнівський В.В.,** кандидат технічних наук, доцент, (секція: техніка);  
**Міхно О.Г.,** кандидат технічних наук, доцент, (секція: географія);  
**Безносюк О.О.,** кандидат педагогічних наук, доцент, (секція: педагогіка).

Зареєстровано Державним комітетом інформаційної політики України, свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:

Затверджено на засіданні вченої ради ВІКНУ від 09.12.2005 р., протокол №6.

Технічна редакція:

Жиров Г.Б.

Мірошніченко О.В.

Бесєдіна Л.Н.

**Адреса редакції:** м. Київ, вул. Глушкова 2 корп. 8, тел. +38 (044) 521 – 33 – 82  
Тираж 300 прим.

## ЗМІСТ - 1

### Техніка

<b>Жуков С.А., Козлов А.Ф., Ленков С.В., Кошечая С.С., Кавалеров Д.А., Коротков В.Ю.</b> Модернизация РЛС П-18 МУ и П-19.....	5
<b>Балабін В.В., Ленков С.В., Рось А.О.</b> Інформаційні технології як фактор забезпечення національних інтересів у воєнній сфері.....	9
<b>Бахвалов В.Б., Горшколепов В.Б., Присяжнюк В.А.</b> Аналіз можливостей адаптивних антенних решіток по придушенню активних радіоперешкод.....	15
<b>Браун В.О., Цицарєв В.М., Захрабов М.К., Невзоров А.В.</b> Модель процесу витрат і поповнення ресурсу складного відновлювального об'єкта РЕТ.....	22
<b>Волох О.П.</b> Методика обґрунтування раціональних значень періодичності технічного обслуговування машин інженерного озброєння під час експлуатації..	29
<b>Герасимов Б.М., Субач І.Ю., Нікіфоров Є.В.</b> Обґрунтування вибору моделі надання знань для систем підтримки прийняття рішень органів управління військами.....	36
<b>Гоменюк Ю.А.</b> Розробка моделі інформаційної підсистеми автоматизованої системи управління зв'язком.....	41
<b>Євграфов Д.В.</b> Розподілення абсолютного максимуму в теорії виявлення сигналів засобами радіоконтролю.....	46
<b>Жердев М.К., Вишнівський В.В., Сазонов Ю.І., Жиров Г.Б.</b> Удосконалення системи ремонту пристроїв, які містять цифрові елементи.....	51
<b>Замаруєва І.В., Садовник О.С.</b> Концептуальний проект побудови систем автоматизації інформаційно-аналітичної діяльності на основі знання-орієнтованого підходу.....	57
<b>Кривцун В.І.</b> Методика обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування інженерної техніки тривалого зберігання з врахуванням почасової надмірності та неповної інформації щодо її безвідмовності.....	63
<b>Крижний А.В., Андрієнко А.М., Тхоржевський В.І., Буяло О.В.</b> Методичний підхід щодо формування номенклатури технічних характеристик бойових машин легкої категорії ваги.....	70
<b>Круковський-Синевич К.Б., Полегенько О.Ф.</b> Визначення похибок експертних оцінок при проведенні порівняльного аналізу складних систем озброєння та військової техніки.....	73
<b>Кулагін К.К., Судаков О.Г.</b> Методи інформаційної війни в конкурентній боротьбі на світовому ринку зброєнь.....	77
<b>Зубарєв В.В., Краснік А.В., Лещенко О.І.</b> Зміна ступеню натягу гусениць на основі автоматичних диференціальних електромеханічних приводів.....	83
<b>Ленков С.В., Лукомський Д.В., Видолоб В.В., Синіцин В.С.</b> Дослідження механізмів нестабільності властивостей планарних транзисторів.....	89
<b>Лісовенко Д.В.</b> Багатофункціональна мобільна енергоефективна світлосигнальна система на базі світлодіодного випромінювання.....	95
<b>Лукомський Д.В.</b> Методика керування параметрами фотоелектричних перетворювачів. Нанесення антивідбиваючих покриттів.....	97
<b>Манько О.О., Тупкало В.Є., Бурба О.І.</b> Оптимізація функцій АСУ зв'язком на стадії концептуального проектування та обґрунтування шляхів їх реалізації.....	102
<b>Могилевич Д.І., Міночкін Д. А.</b> Використання технологій мімо в стандартах бездротових локальних обчислювальних мереж.....	107

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИТРАТ І ПОПОВНЕННЯ РЕСУРСУ СКЛАДНОГО ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ОБ'ЄКТА РЕТ

*Розроблено модель процесу витрат і поповнення ресурсу складного відновлюваного об'єкта радіоелектронної техніки (РЕТ), що заснована на імітаційній статистичній моделі прогнозування його безвідмовності. Як критерій граничного стану об'єкта РЕТ прийнято умову досягнення показника безвідмовності об'єкта (параметра потоку відмов) заданого критичного значення. Поповнення ресурсу об'єкта РЕТ здійснюється шляхом періодичних ремонтів, при яких проводиться часткове відновлення (заміна) елементів об'єкта. Модель реалізована програмно в системі програмування Delphi.*

*Разработано модель процесса расходов и пополнения ресурса сложного возобновляемого объекта радиоэлектронной техники (РЕТ), что основана на имитационной статистической модели прогнозирования его безотказности. Как критерий предельного состояния объекта РЕТ принято условие достижения показателя безотказности объекта (параметра потока отказов) заданного критического значения. Пополнение ресурса объекта РЕТ осуществляется путем периодических ремонтов, при которых проводится частичное возобновление (замена) элементов объекта. Модель реализована программно в системе программирования Delphi.*

*The model of consumptions and replenishment's process of complicated restoring radio-electronic materiel's (REM) object are proposed which is based on the imitating statistical model of its absence of failures' forecasting. The criterion of REM object's boundary status is taken the criterion of achievement the attribute of object's absence of failures (parameter of failure flow) adjusted by critical value. The fillup of REM object's resources is accomplished owing to the circulating maintenance in order to replace the object's elements partially. The model is realized in Delphy software system.*

### 1. Змістовний аналіз процесу витрат і поповнення ресурсу. Постановка задачі.

*Технічний ресурс* (далі просто *ресурс*), [1], - це сумарний наробіток об'єкта з початку його експлуатації або його відновлення після ремонту до настання граничного стану. Під *граничним станом* (ГС), згідно з [1], розуміється стан об'єкта, при якому подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне. Для відновлюваних об'єктів як критерій ГС приймають зниження рівня безвідмовності об'єкта нижче заданого гранично допустимого значення. Найбільш інформативним показником безвідмовності для відновлюваних об'єктів є параметр потоку відмов [1]. Тому як критерій ГС природно прийняти умову:

$$\Omega(t) \geq \Omega^{\text{ГП}}, \quad (1)$$

де  $\Omega(t)$  – функція параметра потоку відмов;

$\Omega^{\text{ГП}}$  – задане гранично допустиме значення параметра потоку відмов;

$t$  – сумарний наробіток об'єкта.

Наробіток  $t$ , при якому виконується умова (1), і є ресурс об'єкта.

Припустимо, що об'єкт РЕТ у процесі експлуатації працює безперервно (знаходиться у робочому стані під струмом). З урахуванням такого припущення введемо функцію ресурсу  $R(t)$  таким чином:

$$R(t) = \begin{cases} R^0, & \text{при } t = 0; \\ R^0 - t, & \text{при } 0 < t = R^0; \\ 0, & \text{при } t > 0, \end{cases} \quad (2)$$

де  $R^0$  – початковий ресурс об'єкта РЕТ.

На рис. 1 наведені графіки функцій  $\Omega(t)$  і  $R(t)$ , які пояснюють суть поняття ресурсу для відновлюваного об'єкта.

Для складних об'єктів РЕТ після вичерпання ресурсу передбачається проведення ремонтів, що поповнюють ресурс. При таких ремонтах проводиться заміна (відновлення, ремонт, регулювання і т.і.) деякої частини елементів, завдяки чому рівень безвідмовності об'єкта зростає, що може інтерпретуватися як часткове поповнення ресурсу. Очевидно, що ступінь поповнення ресурсу при цьому залежить від обсягу здійснюваних при ремонті заміні.

На рис. 2 показано вигляд функцій  $\Omega(t)$  і  $R(t)$  для гіпотетичною випадку, коли при ремонті проводиться заміна 100% елементів (повне відновлення об'єкта). На рис. 3 показані графіки цих же функцій для більш реальної ситуації, коли при ремонтах відновлюється тільки частина елементів. По графіках (рис. 3) добре видно суть процесів, що відбуваються, при частковому поповненні ресурсу при ремонтах.

Задача полягає в тому, щоб розробити модель (математичну, алгоритмічну і т.п.) розглянутого процесу витрат і поповнення ресурсу об'єкта РЕТ, за допомогою якої можна було б досліджувати ці процеси і знаходити раціональні обсяг і періодичність ремонтів, що забезпечують необхідний рівень безвідмовності об'єкта РЕТ.

Ясно, що для вирішення цієї задачі необхідною умовою є знання функції  $\Omega(t)$ . Для реальних об'єктів РЕТ функція  $\Omega(t)$  невідома і одержана вона може бути тільки шляхом моделювання. Для отримання функції  $\Omega(t)$  ми використовуємо імітаційну статистичну модель прогнозування безвідмовності об'єкта РЕТ, опубліковану в [2]. Оскільки модель, що розробляється, значною мірою заснована на моделі [2], її також слід віднести до класу імітаційних статистичних моделей. Нижче розглядаються основні положення запропонованої моделі.

## 2. Модель процесу витрат і поповнення ресурсу

Описана в [2] модель дозволяє одержувати функцію  $\Omega(t)$  для конкретного типу об'єкта РЕТ, інформація про який введена в базу даних (БД) моделі, і для заданих користувачем параметрів планових ремонтів для поповнення ресурсу. У загальному вигляді функцію  $\Omega(t)$  яка одержана в результаті моделювання, можна представити таким чином:

$$\Omega(t) \geq \Omega(t / \mathbf{B}, \mathbf{P}), \quad (3)$$

де  $\mathbf{B}$  – узагальнений параметр, що представляє інформацію про склад, структуру і показники надійності об'єкта РЕТ. Вся ця інформація вводиться до БД моделі. Зміст цієї інформації детально розглянуто в [3];

$\mathbf{P}$  – узагальнений параметр, що визначає обсяг планових ремонтів і терміни їх виконання.

Параметр  $\mathbf{P}$  визначає формально *систему планових ремонтів* (СПР), встановлену для даного об'єкта РЕТ. Параметр  $\mathbf{P}$  представляється такою множиною:

$$\mathbf{P} = \{\mathbf{p}_k\} = \{\langle R_k, V_k \rangle\}, \quad (4)$$

де  $\mathbf{p}_k = \langle R_k, V_k \rangle$  – параметри  $k$ -го ремонту;

$R_k$  – міжремонтний ресурс між  $(k-1)$ -м і  $k$ -ми ремонтами;

$V_k$  – обсяг  $k$ -го ремонту, що визначається множиною елементів, які замінюються при ремонті;

$k$  – порядковий номер ремонту ( $k = \overline{1, N_p}$ , де  $N_p$  – кількість планових ремонтів об'єкта

РЕТ протягом заданого періоду експлуатації  $T_E$ ).

Множину всіх структурних елементів об'єкта, які можуть замінюватися при планових ремонтах, позначимо  $E$ . З урахуванням цього  $V_k \subset E$ .

Задача ставиться така: потрібно знайти оптимальну СПР  $\mathbf{P}^*$  – таку, при якій забезпечується заданий рівень безвідмовності об'єкта протягом усього періоду експлуатації  $T_E$ .

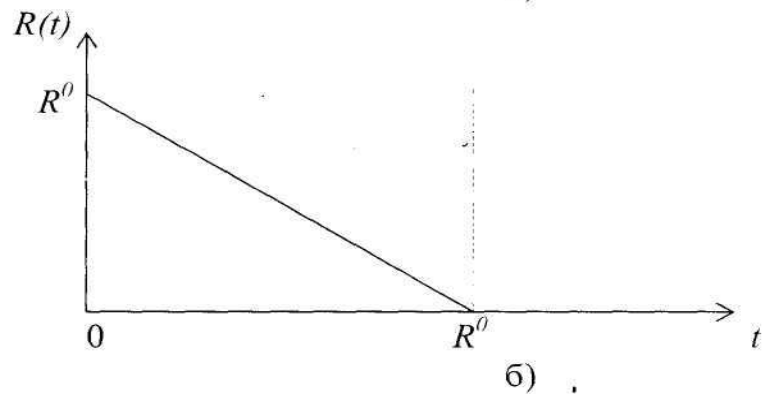
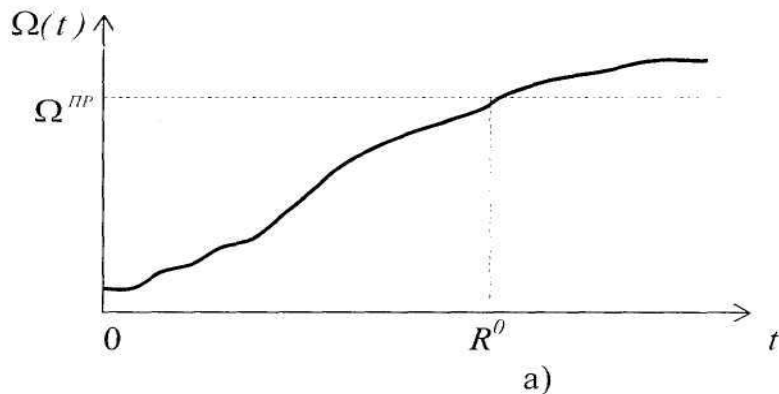


Рис.1.

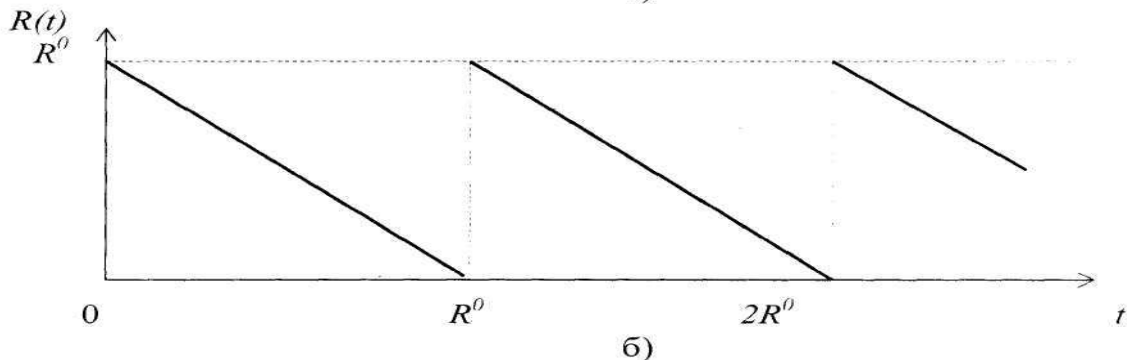
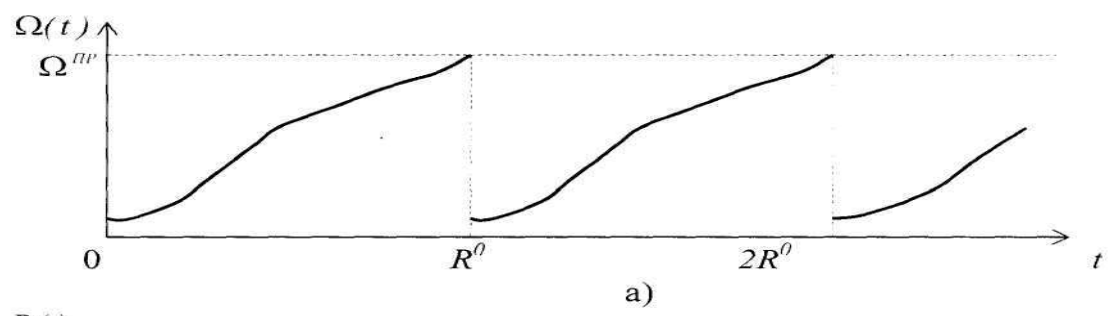


Рис.2.

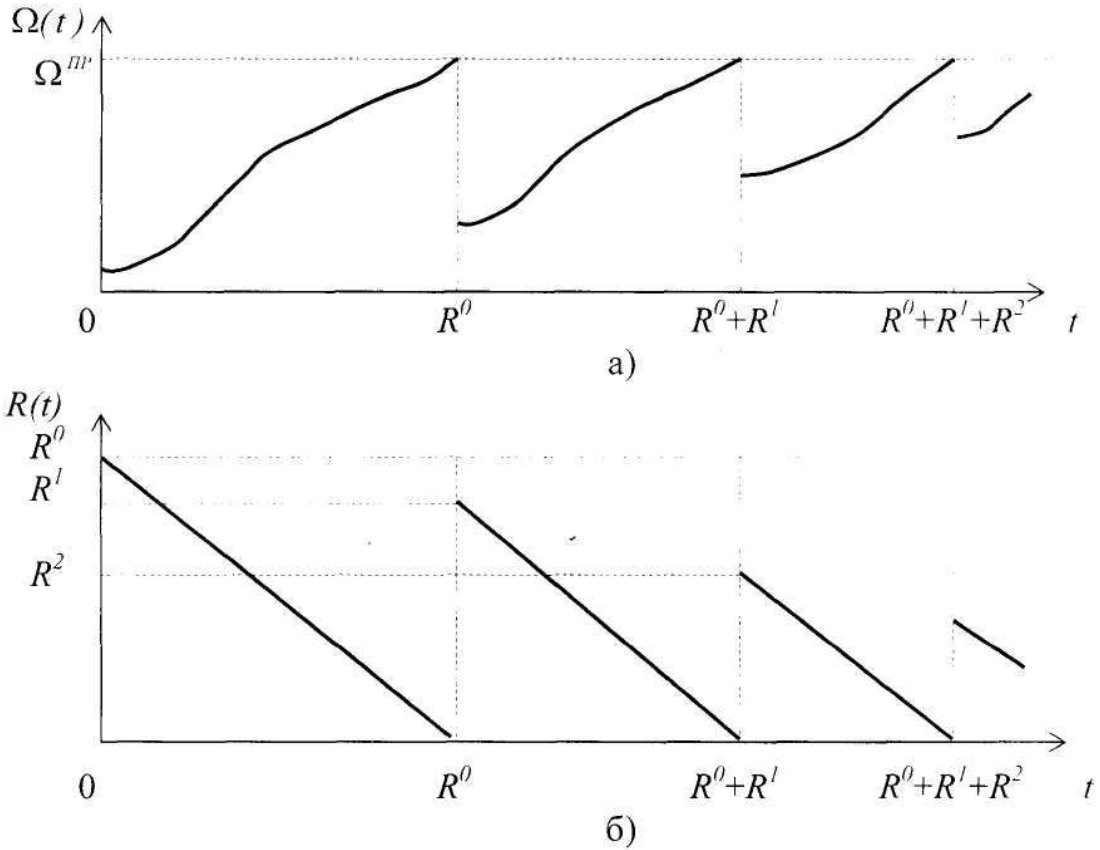


Рис.3.

При цьому сумарна вартість ремонтів буде мінімальною. У формалізованому вигляді цю постановку задачі можна представити так:

$$\begin{aligned} \Omega(t/\mathbf{B}, \mathbf{P}^*) &\leq \Omega^{\text{ПР}}; \\ C_p(T_E, \mathbf{B}, \mathbf{P}) &= \min_p C_p(T_E, \mathbf{B}, \mathbf{P}); \\ t &\in [0, T_E], \end{aligned} \quad (5)$$

де  $C_p(T_E, \mathbf{B}, \mathbf{P})$  – сумарна вартість ремонтів, що виконуються при СПР.

Оптимальне рішення задачі (5) навряд чи представляється можливим, передусім через складність шуканого параметра  $\mathbf{P}$ . Параметр  $\mathbf{P}$  є множиною і, крім того, елементи його так само є множинами. Для спрощення структури параметра  $\mathbf{P}$  застосуємо такий прийом. Введемо поняття *відсотка заміни елементів*  $P_k$ :

$$P_k = \frac{|V_k|}{|E|} \times 100\%. \quad (6)$$

Якщо задано відсоток заміни елементів  $P$ , то відповідну йому множину ремонтованих елементів  $V_k(P)$  будемо знаходити таким чином. На початку всі елементи  $e_i \in E$  упорядкуємо по убутанню значення ймовірностей  $q_i(R_k)$  – ймовірностей відмови елементів протягом наробітку  $P_k$ . Упорядковану таким чином множину елементів позначимо  $E'$ . Після цього визначимо множину  $V_k(P)$  як множину перших  $[P|E'|/100]$  елементів, узятих із  $E'$ .

З урахуванням цього, початкову постановку задачі (5) можна модифікувати так: потрібно знайти оптимальне значення відсотка заміни  $P^*$ , при якому виконуватимуться

УМОВИ:

$$\Omega(t/\mathbf{B}, \mathbf{P}(P^*)) \leq \Omega^{TP}; \quad (7a)$$

$$C_p(T_E, \mathbf{B}, \mathbf{P}(P)) = \min_p C_p(T_E, \mathbf{B}, \mathbf{P}(P)); \quad t \in [0, T_E], \quad (76)$$

де  $\mathbf{P}(P) = \{\mathbf{p}_k(P)\} = \{\langle R_k, V_k(P) \rangle\}$ .

Аналітичний вигляд цільових функцій  $\Omega(\dots)$  і  $C_p(\dots)$  тут невідомий, і вони можуть бути одержані лише шляхом моделювання. Тому для пошуку оптимального значення  $P^*$  можуть бути застосовані лише прості методи прямою пошуку екстремуму (методи Фібоначчі, золотого перетину, прямою перебору і т.п.) [3]. При цьому, незалежно від використовуваного методу, пошук  $P^*$  проводитиметься шляхом покрокового наближення до шуканого розв'язку. На кожному такому кроці повинно проводитися моделювання процесу при деякому фіксованому значенні  $P$ , і в результаті такого моделювання отримаємо часткове рішення  $P'(P)$ , що задовольняє вимозі (7a). Це рішення називатимемо умовно оптимальним рішенням (рішення, що одержано за умовою  $P$ ). Пошук остаточного рішення (екстремуму  $P^*$  і відповідного йому рішення  $P(P^*)$ ) потім проводитиметься серед умовно оптимальних рішень по критерію (76).

Отже видно, що найбільший інтерес у даній задачі представляє алгоритм формування умовно оптимального рішення  $\mathbf{P}'(P)$ . Нижче розглядається алгоритм моделювання, в результаті виконання якого отримаємо цей розв'язок.

### 3. Алгоритм моделювання

Узагальнена структурна схема алгоритму наведена на рис. 4. Робота алгоритму стисло полягає в наступному:

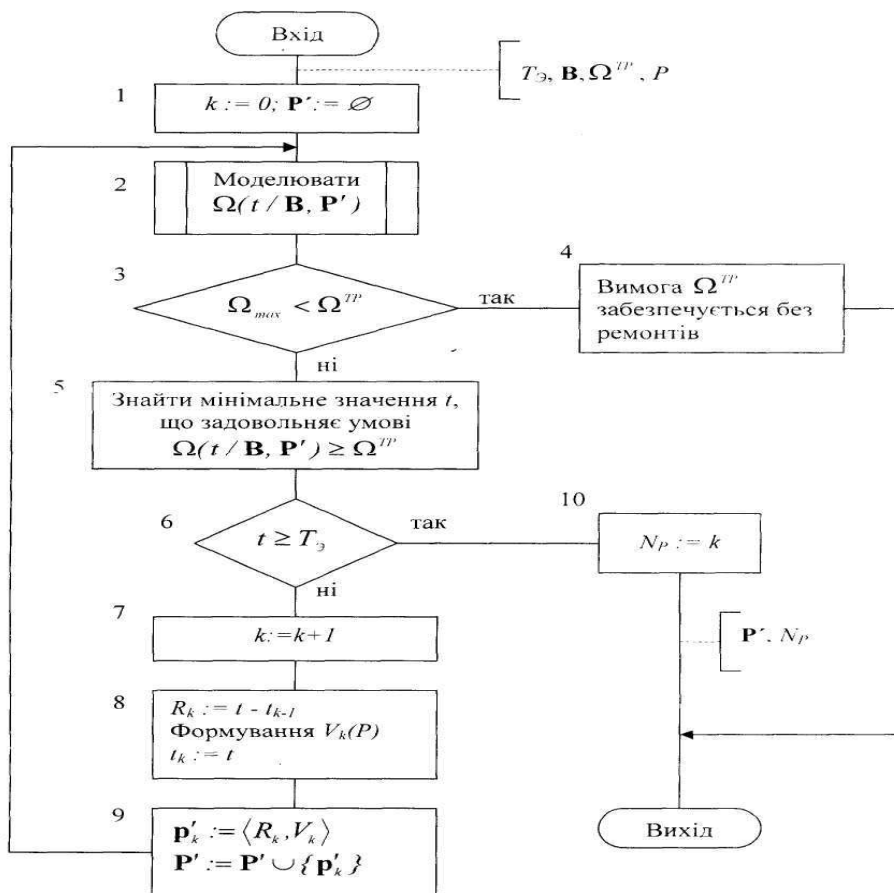


Рис.4.

Оператор 1 встановлює початкові значення змінних:  $k$  – змінна, що використовується для підрахунку кількості виконаних ремонтів;  $\mathbf{P}'$  – змінна-множина, в якій у процесі моделювання формується шуканий розв'язок.

Оператор 2 викликає окрему програму, яка реалізує алгоритм моделювання [2]. В результаті моделювання отримуємо функцію  $\Omega(t/\mathbf{V}, \mathbf{P}')$ , яка представляється множиною значень у заданих дискретних точках аргументу  $t$ . При першому виконанні оператора 2 функція  $\Omega(t/\mathbf{V}, \mathbf{P}')$  формується в умовах, коли жодні ремонти не проводились (оскільки  $\mathbf{P}' = \emptyset$ ).

Оператор 3 перевіряє умову  $\Omega_{\max} < \Omega^{\text{ПП}}$ , де  $\Omega_{\max}$  – максимальне значення функції  $\Omega(\dots)$ . Якщо умова виконується, це означає, що задана вимога до рівня безвідмовності об'єкта РЕТ виконується на всьому інтервалі  $[0, T_E]$  і, отже, ніякі ремонти не потрібні. В цьому випадку оператор 4 виводить відповідне повідомлення, і робота алгоритму на цьому завершується. В іншому випадку далі виконуються оператори 5-10.

Оператор 5 знаходить найменше значення  $t$ , що задовольняє умові (1). Отримане таким чином значення  $t$  є момент часу (наробітку), коли ресурс вичерпано.

Оператор 6 перевіряє умову завершення процесу моделювання. Якщо чергове значення  $t$  не перевищило  $T_E$ , моделювання продовжується.

Оператор 7 формує номер чергового ремонту  $k$ .

Оператор 8 формує значення параметрів  $k$ -го ремонту:  $R_k$  – міжремонтний ресурс;  $V_k$  – обсяг ремонту.

Обсяг ремонту  $V_k$  формується таким чином. На початку розраховуються значення ймовірності відмови  $q_i(R_k)$  для всіх елементів об'єкта РЕТ  $e_i \in E$  і множина  $E$  упорядковується по зростанню значень цієї ймовірності. Потім множина  $V_k$  формується як множина перших  $P$  елементів, узятих із впорядкованої множини  $E$ .

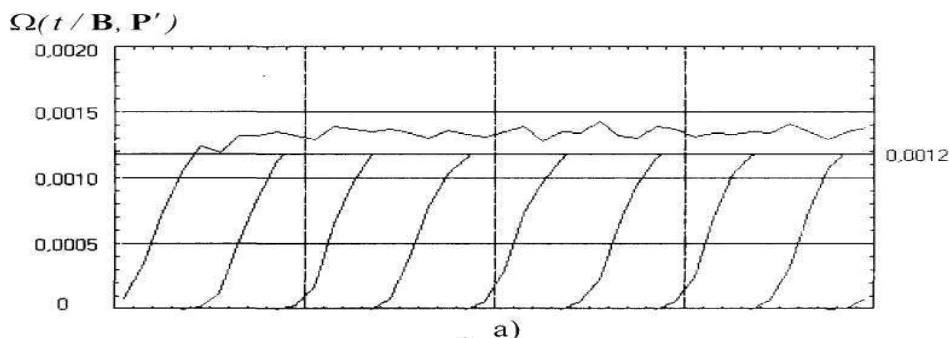
Оператор 9 формує змінну  $\mathbf{p}'_k$ , що містить інформацію про параметри  $k$ -го ремонту, і включає її в множину  $\mathbf{P}'$ . Після цього управління знов передається оператору 2 для продовження моделювання.

На кожному  $k$ -ому кроці процесу моделювання оператор 2 формує функцію  $\Omega(t/\mathbf{V}, \mathbf{P}')$  з урахуванням того, що виконані перші  $k$  ремонти, які вже включені в множину  $\mathbf{P}'$ .

Процес моделювання закінчується, коли чергове значення  $t$  перевищить величину  $T_E$ . В цьому випадку оператор 6 передає управління оператору 10, який сформує значення  $N_p$  – кількість виконаних у процесі моделювання ремонтів. Результат роботи алгоритму міститься в змінній  $\mathbf{P}'$ .

Розглянутий алгоритм реалізовано програмно в середовищі програмування Delphi.

На рис. 5 показані приклади результатів моделювання – графіки функцій  $\Omega(\dots)$ , одержаних при різних значеннях відсотка заміни елементів  $P$ . На рис. 5а наведені графіки для випадку  $P = 100\%$ , на рис. 5б – для  $P = 50\%$ , на рис. 5в для  $P = 10\%$ .



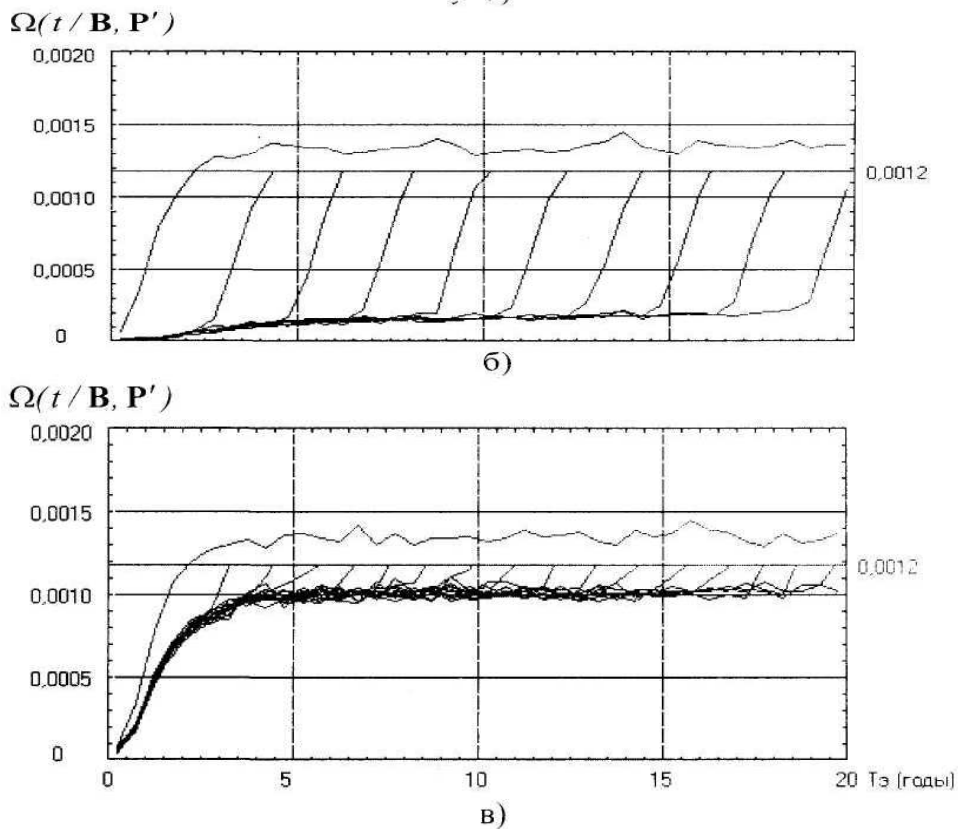


Рис.5.

### 3. Висновки.

Розроблена модель дозволяє проводити детальний аналіз характеристик довговічності складних об'єктів РЕТ, оцінювати їхній ресурс, визначати необхідні параметри СПР. Модель дозволяє визначати не тільки міжремонтний ресурс, але й оптимальні обсяги планових ремонтів, при яких забезпечується заданий рівень безвідмовності об'єкта РЕТ.

Модель є комплексом програм, що включає програми імітаційного статистичного моделювання, програми оптимізації параметрів СПР і програми управління БД моделі. Програми розроблені для операційної системи Windows.

Модель може бути застосовна як на етапі розробки і створення об'єкта РЕТ, так і на етапі серійного виробництва й експлуатації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. - Введ. 01.01.96.-49 с.
2. Браун В.О., Цыцарев В.Н. Имитационная статистическая модель для прогнозирования показателей безотказности сложных объектов радиоэлектронной техники // Электронное моделирование. - 2004. - № 4. - С. 83-93.
3. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер с англ. - М.: Радно и связь, 1988.-128 с.

Рецензент: д.т.н., професор **Ленков С.В.**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ “ВІКНУ”

Випуск № 1

Відповідальний за випуск О.В.Мірошніченко

---

Підписано до друку 12.12.2005 р. Зам. Друк.арк..

Тираж 300 прим.