

С.В. Ленков¹, І.В. Толлок¹, Є.С. Ленков², В.М. Цицарев¹¹ Військовий інститут Київського національного університету ім. Т. Шевченка, Київ² Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИТРАЧАННЯ І ПОПОВНЕННЯ РЕСУРСУ УГРУПУВАНЬ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

У статті наводяться результати програмного забезпечення (ПЗ), для реалізації моделі процесів витрачання та поповнення ресурсу (ПВПР) угруповання технічних об'єктів. Спочатку коротко описана сама модель ПВПР, яка призначена для прогнозування складу та ресурсу угруповання на заданому інтервалі часу її експлуатації. Параметрами моделі є: стан угруповання в поточний момент часу; нормативні показники ресурсу об'єктів і параметри, що визначають процес поповнення їх ресурсу при їх експлуатації в складі цього угруповання; очікувана середня інтенсивність витрачання ресурсу об'єктів; плани ремонту, списання (припинення експлуатації) і поставки в угруповання нових об'єктів.

Модель ПВПР реалізована методом імітаційного моделювання на мові програмування Delphi. Для кращого розуміння способу реалізації моделі наведено коротке пояснення класів програмних об'єктів, закладених в основу алгоритмів моделювання. Розроблене ПЗ є не тільки реалізацією моделі ПВПР, а являє собою програмну систему, яка, з одного боку, дозволяє генерувати різні варіанти угруповань і досліджувати їх властивості та особливості, а з іншого боку, надає можливість вирішувати завдання прогнозування складу та ресурсу для конкретних угруповань, що задаються користувачем, для цього використовується вбудована (інтегрована в програму) база даних. Прогнозування складу і ресурсу угруповання може здійснюватися в одному з наступних режимів: «нормативне планування», коли плани ремонту, списання та поставки нових об'єктів реалізуються в суворій відповідності до встановлених для цього угруповання нормативами; «планування користувача», коли всі дії по поповненню ресурсу здійснюються за планами, що задається користувачем. Наводиться короткий опис користувацького інтерфейсу ПЗ та наведені приклади результатів моделювання.

Ключові слова: ресурс технічного об'єкта, термін служби технічного об'єкта, склад і ресурс угруповання технічних об'єктів, плани ремонту, списання та поставок нових об'єктів, моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу.

Вступ та постановка завдання

У даній статті наводяться матеріали щодо програмного забезпечення (ПЗ), яке призначене для практичної реалізації математичної моделі процесів витрачання та поповнення ресурсу (ПВПР) угруповань технічних об'єктів, описаних авторами раніше в [1–2]. Модель ПВПР, про яку йде мова, призначена для прогнозування складу та ресурсу угруповання технічних об'єктів на заданому майбутньому періоді її експлуатації з урахуванням поточного стану об'єктів угруповання і з урахуванням здійснення діючих на даний момент планів ремонту, списання та поставок в угруповання нових об'єктів техніки. У стислій формі математична модель ПВПР представляється наступними залежностями:

$$N_i(t) = N_i \left(t / S_i(t_0), P_{\text{ресі}}^H, \bar{n}_i, \Pi_{\text{рі}}, \Pi_{\text{сі}}, \Pi_{\text{ні}} \right);$$

$$R_{\Sigma i}(t) = R_{\Sigma i} \left(t / S_i(t_0), P_{\text{ресі}}^H, \bar{n}_i, \Pi_{\text{рі}}, \Pi_{\text{сі}}, \Pi_{\text{ні}} \right), \quad (1)$$

де $N_i(t)$ та $R_{\Sigma i}(t)$ – кількість об'єктів і сумарний ресурс об'єктів i -го типу в складі угруповання на момент часу t ($t \in [t_0, t_0 + T_3]$; t_0 – поточний мо-

мент часу, T_3 – тривалість заданого інтервалу експлуатації угруповання); $S_i(t_0), P_{\text{ресі}}^H, \bar{n}_i, \Pi_{\text{рі}}, \Pi_{\text{сі}}, \Pi_{\text{ні}}$ – параметри моделі ($i = \overline{1, N_{\text{тип}}}$; $N_{\text{тип}}$ – кількість типів об'єктів в угрупованні).

Параметри моделі, а саме $S_i(t_0)$ – вектор, який характеризує стан об'єктів i -го типу на момент часу t_0 мають такий опис:

$$S_{ij}(t_0) = \left\langle R_{ij}(t_0), T_{ij}(t_0), N_{\text{рїј}}(t_0) \right\rangle, \quad (2)$$

де $R_{ij}(t_0)$ та $T_{ij}(t_0)$ – залишковий ресурс і залишковий термін служби j -го об'єкту i -го типу (ij -го об'єкту) на момент часу t_0 ; $N_{\text{рїј}}(t_0)$ – залишкова кількість ремонтів, які ще потрібно виконати на ij -м об'єкті до його списання ($i = \overline{1, N_{\text{тип}}}$; $j = \overline{1, |\mathbf{O}_i|}$). Тут $|\mathbf{O}_i|$ – це кількість елементів i -го типу в угрупованні ($\mathbf{O}_i = \{o_{ij}\}$ – позначення множин всіх об'єктів i -го типу); $P_{\text{ресі}}^H$ – нормативні параметри, що визначають процес поповнення ресурсу об'єктів i -го типу:

$$P_{\text{ресі}}^{\text{H}} = \left\{ \left\langle R_i^{\text{Hk}}, T_i^{\text{Hk}}, N_i^{\text{Hk}} \right\rangle; k = \overline{0, N_{\text{видр}}} \right\}, \quad (3)$$

де R_i^{Hk} и T_i^{Hk} – нормативний ресурс та нормативний термін служби об'єкту i -го типу, призначені після проведення планового ремонту (ПР) k -го виду; N_i^{Hk} – кількість ПР k -го виду, яка повинна бути виконана до його списання; $N_{\text{видр}}$ – кількість різних видів ПР. Можливі види ПР розрізняються обсягом ремонтних робіт та величиною ресурсу, поповнюваної в результаті його проведення (на практиці найбільш поширені два види ПР – середній і капітальний). При $k = 0$ параметри $\langle R_i^{\text{H0}}, T_i^{\text{H0}}, N_i^{\text{H0}} \rangle$ є відповідними параметрами нового об'єкта i -го типу;

$\bar{\eta}_i = \{\bar{\eta}_{ij}\}$ – вектор, елементами якого є середні інтенсивності витрачання ресурсу об'єктів i -го типу $\bar{\eta}_{ij}$ ($j = \overline{1, |O_i|}$);

$\Pi_{\text{рі}}$, $\Pi_{\text{сі}}$ та $\Pi_{\text{ні}}$ – множини, що представляють плани відповідно ремонту, списання та надходження в угруповання нових об'єктів i -го типу ($i = \overline{1, N_{\text{тип}}}$).

Наведений короткий опис дає загальне уявлення про модель i , на наш погляд, достатнє для розуміння подальшого матеріалу статті. Для побудови моделі ПВПР використовувався метод імітаційного моделювання [3–4]. Модель реалізована засобами програмування Delphi для платформи операційної системи Windows [5–6]. База даних (БД) моделі побудована на основі СУБД InterBase [7–8] (використовується тільки локальний сервер). Модель реалізована як підпрограма програми ISMPN [4; 9]. ПО моделі ініціалізується при запуску програми ISMPN в режимі Угруповання | Прогнозування складу і ресурсу.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє вирішувати наступні завдання:

1) Дослідити модель (1) з метою виявлення залежності прогнозованих показників $N_i(t)$ та $R_{\Sigma i}(t)$ від параметрів моделі, при цьому можливі початкові стани угруповання $S_i(t_0)$ та інтенсивності витрачання ресурсу, $\bar{\eta}_i$ можуть генеруватися випадковим чином в заданих користувачем діапазонах їх значень. Плани $\Pi_{\text{рі}}$, $\Pi_{\text{сі}}$ та $\Pi_{\text{ні}}$ формуються в процесі моделювання відповідно до встановлених нормативів $P_{\text{ресі}}^{\text{H}}$ і вимог до складу угруповання. Одержувати реальний прогноз показників $N_i(t)$ та $R_{\Sigma i}(t)$ для реального угруповання, інформація про який введена в БД моделі.

2) Отримувати в результаті моделювання плани витрачання та поповнення ресурсу ($\Pi_{\text{рі}}$, $\Pi_{\text{сі}}$ та $\Pi_{\text{ні}}$) цілком можна приймати в якості оптимальних

планів, вважаючи, що задані нормативні показники $P_{\text{ресі}}^{\text{H}}$ є науково обґрунтованими, відповідними реальним властивостям надійності об'єктів цього угруповання.

Виклад основного матеріалу

Основні структури даних, що використовуються в програмах. Для здійснення процесів моделювання в оперативній пам'яті комп'ютера створюють наступні структури даних:

G – об'єкт, що представляє в моделі угруповання технічних об'єктів;

GR – об'єкт, що представляє окрему реалізацію угруповання G (в моделі кожне угруповання може бути представлено в одному або декількох варіантах, що розрізняються будь-якими даними); можливість створення і збереження декількох варіантів (реалізацій) одного і того ж угруповання дозволяє ефективно досліджувати ПРВР в угрупованнях різних типів;

TipO – об'єкт, що представляє дані окремого типу технічних об'єктів;

O – об'єкт, що описує інформацію про окремий екземпляр технічного об'єкта.

Кожен з цих об'єктів породжується від універсального класу Delphi tObject [2] і має свій опис представлення їм інформації. Наведемо ці описи.

Об'єкти G створені на основі класу (типу) tG, описання якого має наступний вигляд:

```
tG = class
  IG      : Integer;    //ідентифікатор угруповання
  Name    : String;    //найменування угруповання
  D0      : tDateTime; //дата створення даних
  N_TipO  : Integer;   //кількість типів об'єктів в угрупованні
  pr_polz : Integer;   //признак угруповання користувача
  List_TipO : tList;   //список типів об'єктів угруповання
  List_GR  : tList;   //список варіантів реалізації даного угруповання
  constructor Create(...); //конструктор, за допомогою якого створюється об'єкт G
end;
```

У коментарях до даного опису вказується призначення відповідних полів. Більш детально зміст і призначення цих полів при необхідності буде пояснюватися нижче в міру розгляду наведеного тут опису.

Об'єкти GR створюються на основі класу tGR, що має наступний опис:

```
tGR = class
```

```

IGR      : Integer;    //ідентифікатор реалі-
зації
IG       : Integer;    //ідентифікатор угру-
пування
Name     : String;    //найменування реалі-
зації
D0       : tDateTime; //дата створення реалі-
зації
D0_mod   : tDateTime; //дата початку інтер-
валу моделювання
N_O      : Integer;    //кількість об'єктів да-
ного типу
IT       : Integer;    //ідентифікатор типу
об'єктів
List_O   : tList;     //список (кількість)
об'єктів даного типу
List_O_new : tList;   //список нових об'єктів
constructor Create(...); //конструктор об'єкта
GR
end;
    
```

Може бути створено кілька об'єктів GR, що відносяться до одного угруповання G. Об'єкт GR завжди містить дані, що відносяться до об'єктів будь-якого одного типу.

Опис класу типів об'єктів tTipO мА\ має наступний вигляд:

```

tTipO = class
IT      : Integer; //ідентифікатор ти-
пу
IG      : Integer; //ідентифікатор
угруповання
Name    : String; //найменування ти-
пу
RKR0,TKR0 : Double; //нормативний ре-
сурс (строк служби) нов об'єкту
RKR1,TKR1,      //ресурс (строк
служби) після КР
RSR1,TSR1      : Double; //ресурс (строк слу-
жби) після СР
NKR,NSR       : Integer; //нормативна кіль-
кість КР (СР)
TAU_SR,TAU_KR : Double; // тривалість прове-
дення КР (СР)
R1,R2,T1,T2,L1,L2 : Double; // кордони варію-
вання параметрів
N_O        : Integer; //кількість об'єктів в
угрупованні
Rsum_tr    : Double; // необхідний сумар-
ний ресурс
Nsum_tr    : Integer; // необхідне число об'-
єктів
constructor Create(AITG:Integer);
end;
    
```

Опис класу об'єктів tO має такий вигляд:

```

tO = class
I      : Integer;    // ідентифікатор
(ключ)
IGR    : Integer;    // ключ угруповання
(реалізації)
IT     : Integer;    // ключ типу об'єктів
TipO   : tTipO;     // показник на тип
об'єкту TipO
NUM, MDF : String;   // заводський номер,
модифікація
Dizg   : TDateTime; // дата виготовлення
Lim0   : Double;    // річний ліміт витра-
ти ресурсу (ч/рік)
Rost0,Rost,      // залишковий ресурс
Tost0,Tost      : Double; //залишковий термін
служби
Nkr0,Nkr,      //залишкова кількість
ремонтів
Nsr0,Nsr       : Integer;
s        : Byte;    // змінна стану: 0-
робота; 1-ремонт
tau_r      : Double; // тривалість ремонту
Pkr,Psr,Psp   : tDateTime; //планова дата КР, СР
та списання
pr_new     : Byte;   //ознака новизни: 0-
стара; 1-нова
constructor Create(...);
end;
    
```

Розглянуті вище класи програмних об'єктів взаємопов'язані ставленням підпорядкованості, породжуючи тим, що підлеглі об'єкти є елементами структур (списків), що входять до складу об'єктів старшого рівня (рис. 1). На вершині ієрархії цього відношення знаходиться об'єкт G.

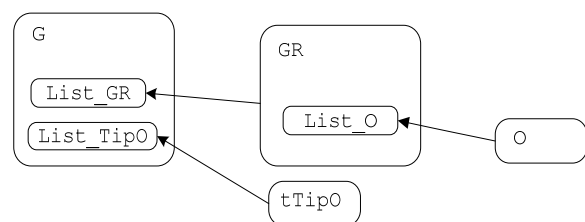


Рис. 1. Структура зв'язків між програмними об'єктами

Для кожного з угруповань, з якими працює користувач, створюється свій об'єкт G. Об'єкт G містить у собі списки List_GR (список варіантів реалізації угруповання) і List_TipO (список типів об'єктів, що існують в угрупованні). Кількість об'єктів GR визначається кількістю варіантів угруповання, створених користувачем [10]. Кожен об'єкт GR містить в собі список об'єктів List_O (список об'єктів – елементів угруповання).

Всі ці програмні об'єкти створюються в оперативній пам'яті персонального комп'ютера (ПК) по

інформації, що міститься в БД. Об'єкти створюються відразу при запуску програми.

Інтерфейс користувача та приклади результатів моделювання. Програма може працювати в різних режимах. Основними режимами моделювання є наступні:

- нормативне планування;
- нормативне планування + поставка нових об'єктів;
- планування користувача;
- планування користувача + поставка нових об'єктів.

Результати моделювання, що прогноуються для заданого періоду експлуатації функції складу угруповання $N_i(t)$ і сумарного ресурсу $R_{\Sigma i}(t)$, виводяться на екран ПК у вигляді графіків.

В режимах нормативного планування результатами моделювання є також плани ремонту Π_{pi} , списання Π_{ci} і поставок нових об'єктів Π_{ci} . Такі плани можуть брати участь у ролі оптимальних планів, вважаючи, що задані нормативні параметри $P_{рес}^H$ є науково обгрунтованими, відповідними реальним властивостям надійності об'єктів цього угруповання. У режимах планування користувача відповідні плани задаються користувачем, і з урахуванням цих

планів здійснюється прогнозування функцій $N_i(t)$ та $R_{\Sigma i}(t)$. Плани користувача попередньо повинні бути введені в БД.

На рис. 2 показано приклад результатів моделювання в режимі Нормативне планування. У цьому прикладі угруповання складається з 10 об'єктів типу Тип-1. На верхньому графіку рис. 2 показано прогнозний (отриманий в результаті моделювання) вид для функції сумарного ресурсу об'єктів типу Тип-1 (графік функції $R_{\Sigma i}(t)$). Жирною лінією показана початкова частина графіка функції $R_{\Sigma i}(t)$, що відображає прогноз для випадку, якщо ніякі ПР не проводяться. Тоншою лінією ця ж функція являє прогноз за умови, що ПР проводяться в установлені для даного типу об'єктів нормативні терміни. На нижньому графіку (червоним кольором) показано графік функції $N_i(t)$. Більш жирною лінією показана початкова частина графіка для випадку, якщо ПР не проводилися, більш тонкою червоною лінією показано продовження цієї ж функції за умови, якщо проводяться всі ПР у встановлені нормативні терміни. На нижньому графіку в тих же координатах показаний графік для кількості об'єктів, що знаходяться в кожен момент часу в ПР (відсутніх в даний момент в складі угруповання).

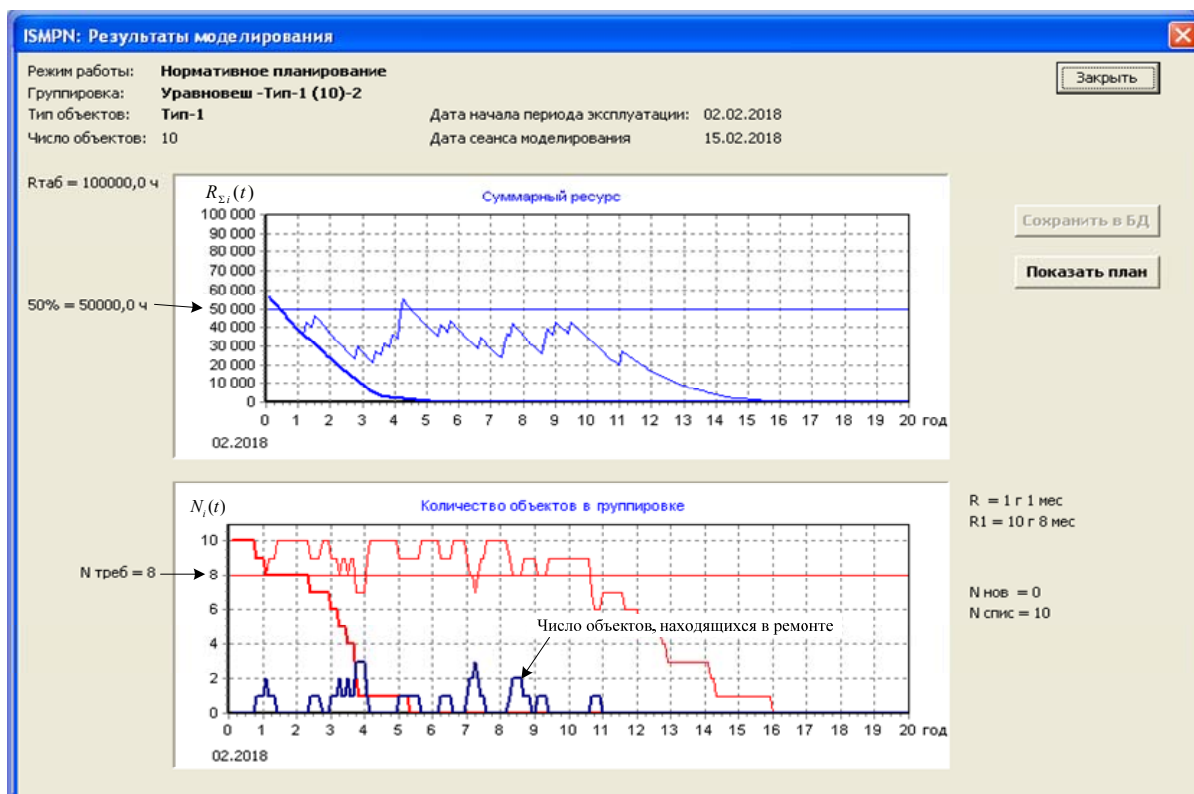


Рис. 2. Результати моделювання (режим **Нормативне планування**)

У розглянутому прикладі необхідна кількість об'єктів в угрупованні задана рівним $N_i^{TP} = 8$. З ура-

хуванням цього за графіком $N_i(t)$ можна визначити, що прогнозована тривалість існування угруповання

в необхідному складі дорівнює 10 років 8 міс. При цьому прогноуються короточасні інтервали часу (в кінці 3-го і на початку 8-го року), коли необхідний склад угруповання не забезпечується. На рис. 3 показані результати моделювання, отримані в ре-

жимі Нормативне планування + поставка нових об'єктів. В цьому режимі виходять такі ж графіки функцій $R_{\Sigma i}(t)$ та $N_i(t)$, які були розглянуті вище (див. рис. 2).

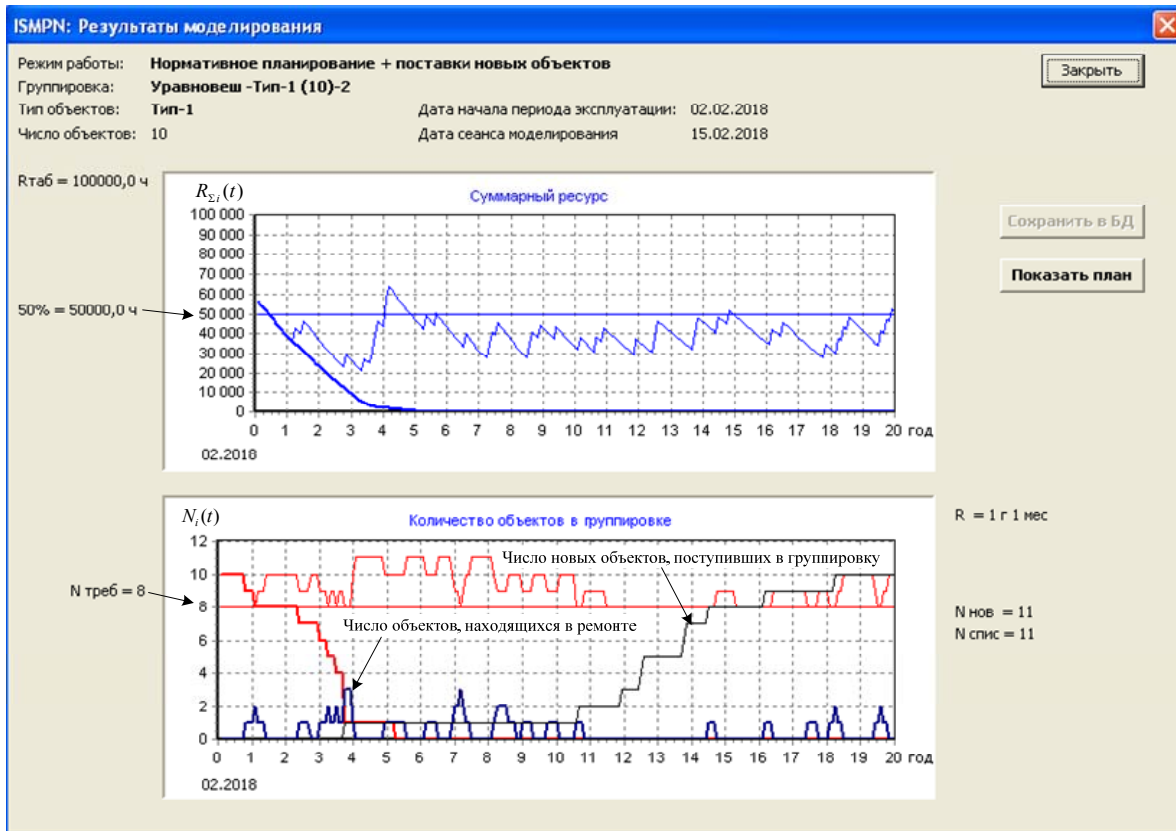


Рис. 3. Результати моделювання (режим Нормативне планування + поставка нових об'єктів)

Поставки нових об'єктів в цьому режимі імітуються в моменти часу, коли кількість працездатних об'єктів в угрупованні знижується нижче заданого необхідного значення $N_i^{TP} = 8$. У розглянутому прикладі перший новий об'єкт надходить в угруповання в 4-м кварталі 3-го року (див. рис. 3). Другий новий об'єкт надходить в 3-му кварталі 10-го року. Всього на аналізованому періоді експлуатації в угруповання для підтримки необхідного її складу повинні бути поставлені 11 нових об'єктів даного типу.

Отримані в результаті моделювання нормативні плани ремонту, списання та поставок в угруповання нових об'єктів зберігаються в БД і можуть використовуватися в подальшому для реального планування. Технологія дій з прогнозування функцій $R_{\Sigma i}(t)$ та $N_i(t)$ в режимі Планування користувача в цілому аналогічна розглянутій в даному прикладі технології прогнозування в режимі Нормативне планування. Відмінність полягає в тому, що процес поповнення ресурсу в цьому випадку імітується на основі планів, що задаються користувачем, які

можуть з тих чи інших причин відрізнятися від планів, побудованих на основі суворої відповідності встановленим нормативним вимогам. Тому видається дуже цінним для користувача порівняльний аналіз прогнозів ПВПР в режимах нормативного і призначеного для користувача планування. Обмежений розмір статті не дозволяє розглянути приклади моделювання в режимі Планування користувача.

Висновки

1. Розглянутий ПО в повній мірі реалізує розроблену раніше математичну модель ПВПР (1), яка встановлює залежність складу та сумарного ресурсу угруповання технічних об'єктів від нормативних показників їх ресурсу, від інтенсивності витрачання ресурсу і від параметрів планів по заповненню ресурсу угруповання.

2. Розроблене ПЗ є зручним інструментом для аналізу ПВПР в угрупованнях технічних об'єктів. Застосування цього ПО дозволяє не тільки прогнозувати склад і ресурс угруповань, а й отримувати також нормативні (близькі до оптимальних) плани

заповнення ресурсу, які можна використовувати як основу при реальному плануванні. ПО і можливості його застосування на практиці при плануванні експлуатації угруповань технічних об'єктів.

3. Розглянуті приклади результатів моделювання дозволяють зробити висновок про працездатність

Список літератури

1. Ленков С.В. Моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання технічних об'єктів / С.В. Ленков, І.В. Толок, В.М. Цицарев, Є.С. Ленков // Системи озброєння і військова техніка. – 2018. – № 1(53). – С. 155-162.
2. Ленков С.В. Математична модель процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання складних технічних об'єктів / С.В. Ленков, О.В. Сєлюков, І.В. Толок, Є.С. Ленков, Т.В. Бондаренко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. – Вип. 2(31). – С. 174-181. DOI: 10.30748/nitps.2018.31.23.
3. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство или наука: пер. с англ. / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
4. Lenkov S. Features of modeling failures of recoverable complex technical objects with a hierarchical constructive structure / S. Lenkov, G. Zhyrov, D. Zaytsev, I. Tolok, E. Lenkov, T. Bondarenko, Y. Gunchenko, V. Zagrebnyuk, O. Antonenko // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2017. – №4. – С. 34-42.
5. Дарахвєлидзе П.Г. Программирование в Delphi 7 / П.Г. Дарахвєлидзе, Е.П. Марков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 784 с.
6. Жиров Г.Б. Моделювання процесу відмов об'єктів, що відновлюються з ієрархічною конструктивною структурою / Г.Б. Жиров, Є.С. Ленков, В.М. Цицарев, Я.М. Проценко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2017. – № 55. – С. 30-39.
7. Ковязин А. Мир InterBase. Архитектура, администрирование и разработка приложений баз данных в InterBase/Firebird/Yaffil / А. Ковязин, С. Востриков. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002. – 496 с.
8. Lenkov E.S. Modeling the processes of maintenance and repair of complex equipment objects / E.S. Lenkov, Y.N. Prozenko, T.V. Bondarenko // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук». – Радом, Республіка Польща, 27-28 грудня 2017. – С. 35-39.
9. Прогнозирование надежности сложных объектов радиоэлектронной техники и оптимизация параметров их технической эксплуатации с использованием имитационных статистических моделей: Монография / С.В. Ленков, К.Ф. Борjak, Г.В. Банзак, В.О. Браун [и др.]; под ред. С.В. Ленкова. – Одесса: Изд-во «ВМВ», 2014. – 256 с.
10. Ленков Є.С. Програмне забезпечення прогнозування періодичності проведення технічного обслуговування методом графоаналітичного розрахунку / Є.С. Ленков, Т.В. Бондаренко // П'ятнадцята всеукраїнська конференція студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології». – Одеса, 2018. – С. 66.

References

1. Ljenkov, S.V., Tolok, I.V., Tsytsarev, V.N. and Ljenkov, Ye.S. (2018), "Modeliuvannia protsesiv vytrachannia ta popovnennia resursu uhrupuvannia tekhnichnykh ob'ektiv" [Modeling of processes of expenditure and resource replenishment grouping of technical objects], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(53), pp. 155-162.
2. Ljenkov, S.V., Sjeljukov, O.V., Tolok, I.V., Ljenkov, Je.S. and Bondarenko, T.V. (2018), "Matematychna model' procesiv vytrachannja ta popovnennja resursu ugrupuvannja skladnyh tehnych ob'ektiv" [Mathematical model of processes of expenditure and replenishment of the grouping of complex technical objects], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(31), pp. 174-181, <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.31.23>.
3. Shannon, R. (1978), "Ymytacyonnoe modelyrovanye system – yskusstvo yly nauka", [Simulation of systems - art or science], Myr, Moscow, 418 p.
4. Ljenkov, S., Zhyrov, G., Zaytsev, D., Tolok, I., Lenkov, E., Bondarenko, T., Gunchenko, Y., Zagrebnyuk, V. and Antonenko, O. (2017), Features of modeling failures of recoverable complex technical objects with a hierarchical constructive structure, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 4, pp. 34-42.
5. Darakhvelydze, P.H. and Markov, E.P. (2004), "Prohrammyrovanye v Delphi 7" [Programming in Delphi 7], BKhV-Peterburg, Saint Petersburg, 784 p.
6. Zhyrov, G.B., Ljenkov, Je.S., Cycarjev, V.M. and Procenko, Ja.M. (2017), "Modeljuvannja procesu vidmov ob'ektiv, shho vidnovljujut'sja z ijerarhichnoju konstruktyvnoju strukturoju" [Simulation of the process of failure of objects that are restored with a hierarchical constructive structure], *Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 55, pp. 30-39.
7. Kovjazin, A. and Vostrikov, S. (2002), "Mir InterBase. Arhitektura, administrirovanie i razrabotka prilozhenij baz dannyh v InterBase/Firebird/Yaffil" [Architecture, administration and development of database applications in InterBase / Firebird/Yaffil], KUDIC-OBRAZ, Moscow, 496 p.
8. Ljenkov, E.S., Prozenko, Y.N. and Bondarenko, T.V. (2017), Modeling the processes of maintenance and repair of complex equipment objects, *Modern techniques, innovations and experience of practical application in the field of technical sciences, International scientific and practical conference*, December 27-28, Radom, Republic of Poland, pp. 35-39.
9. Ljenkov, S.V., Borjak, K.F., Banzak, G.V. and Braun, V.O. (2014), "Prognozirovanye nadezhnosti slozhnyh ob'ektov radioelektronnoj tehniky i optimizacija parametrov ih tehnichejskoj jekspluatacii s ispol'zovaniem imitacionnyh statisticheskih

modelej” [Forecasting the reliability of complex objects of radio electronic equipment and optimizing the parameters of their technical operation using imitation statistical models], VMV, Odessa, 256 p.

10. Ljenkov, Je.S. and Bondarenko, T.V. (2018), “Programne zabezpechennja prognozuvannja periodychnosti provedennja tehničnogo obslugovuvannja metodom grafoanalyčnogo rozrahunku” [Software for forecasting periodicity of technical maintenance by the method of graph-analytical calculation], *Informatyka, informacijni systemy ta tehnologii*, p’jatnadcjata vseukrai’ns’ka konferencija studentiv i molodyh naukovciv, Odesa, pp. 66.

Надійшла до редколегії 20.06.2018

Схвалена до друку 17.07.2018

Відомості про авторів:

Ленков Сергій Васильович

доктор технічних наук професор
головний науковий співробітник науково-дослідного центру
Військового інституту Київського національного
університету ім. Тараса Шевченка,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7689-239X>

Толок Ігор Вікторович

кандидат педагогічних наук
начальник Військового інституту Київського
національного університету ім. Тараса Шевченка,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6309-9608>

Ленков Євген Сергійович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
старший науковий співробітник
Наукового центру Військового інституту
телекомунікацій та інформатизації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5819-2656>

Цицарєв Вадим Миколайович

кандидат технічних наук доцент
старший науковий співробітник науково-дослідного центру
Військового інституту Київського національного
університету ім. Тараса Шевченка,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3844-4155>

Information about the authors:

Sergey Ljenkov

Doctor of Technical Sciences Professor
Chief Researcher of Research Center
of Military Institute of Taras Shevchenko
National University,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7689-239X>

Igor Tolok

Candidate of Pedagogical Sciences
Head of the Military Institute of Taras Shevchenko
Kyiv National University,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6309-9608>

Evgen Ljenkov

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Senior Research Associate of the Scientific Center
of Military Institute of Telecommunications
and Informatization,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5819-2656>

Vadim Tsitsarev

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Research Associate of the Science Research Center
of Military Institute of Taras Shevchenko
National University,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3844-4155>

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВАНИЯ И ВОСПОЛНЕНИЯ РЕСУРСА ГРУППИРОВОК ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С.В. Ленков, И.В. Толок, Е.С. Ленков, В.Н. Цицарев

В статье приводятся сведения о программном обеспечении (ПО), в рамках которого реализована модель процессов расходования и восполнения ресурса (ПРВР) группировки технических объектов. Вначале кратко описывается сама модель ПРВР, которая предназначена для прогнозирования состава и ресурса группировки на заданном интервале времени ее эксплуатации. Параметрами модели являются:

- состояние группировки в текущий момент времени;
- нормативные показатели ресурса объектов и параметры, определяющие процесс восполнения их ресурса при их эксплуатации в составе данной группировки;
- ожидаемая средняя интенсивность расходования ресурса объектов;
- планы ремонта, списания (прекращения эксплуатации) и поставки в группировку новых объектов.

Модель ПРВР реализована методом имитационного моделирования на языке программирования Delphi. Для лучшего понимания способа реализации модели приведено краткое описание классов программных объектов, положенных в

основу алгоритмов моделирования. Разработанное ПО является не просто реализацией модели ПРВР, а представляет собой программную систему, которая, с одной стороны, позволяет генерировать различные варианты группировок и исследовать их свойства и особенности, а с другой стороны, предоставляет возможность решать задачи прогнозирования состава и ресурса для конкретных группировок, задаваемых пользователем. Для этого используется встроенная (интегрированная в программу) база данных (БД). Прогнозирование состава и ресурса группировки может осуществляться в одном из следующих режимов: (а) «нормативное планирование», когда планы ремонта, списания и поставки новых объектов реализуются в строгом соответствии с установленными для данной группировки нормативами, и (б) «планирование пользователя», когда все действия по восполнению ресурса осуществляются по планам, задаваемым пользователем.

Приводится краткое описание пользовательского интерфейса ПО. Приведены примеры результатов моделирования.

Ключевые слова: ресурс технического объекта, срок службы технического объекта, состав и ресурс группировки технических объектов, планы ремонта, списания и поставок новых объектов, моделирование процессов расходования и восполнения ресурса.

SOFTWARE FOR SIMULATION OF CONSUMPTION PROCESSES AND FUNCTIONS OF THE RESOURCE GROUP OF TECHNICAL OBJECTS

S. Lenkov, I. Tolok, E. Lenkov, V. Tsitsarev

The article provides information on software (software), within which a model of the processes of resource allocation and replenishment of the resource (RDP) of the grouping of technical objects is implemented. First, the PRVR model itself is briefly described, which is intended for forecasting the composition and resource of the grouping at a given interval of its operation time.

The parameters of the model are:

- the state of the grouping at the current time;
- normative indicators of the resource of objects and parameters that determine the process of replenishing their resource when they are used in the composition of this grouping;
- expected average intensity of resource consumption of objects;
- plans for repair, write-off (termination of operation) and delivery to the grouping of new facilities.

The PRDP model is realized by the simulation method in Delphi programming language. For a better understanding of the way the model is implemented, a brief description of the classes of program objects that form the basis of modeling algorithms is given. The developed software is not just an implementation of the PRCM model, but is a software system that, on the one hand, allows generating different variants of groupings and investigating their properties and features, and on the other hand, it provides an opportunity to solve the tasks of forecasting the composition and resource for specific groupings specified by the user. For this, a built-in (integrated into the program) database (DB) is used. Forecasting composition and resource grouping can be carried out in one of the following modes: (a) "regulatory planning", when plans for repair, write-off and delivery of new objects are implemented in strict accordance with the standards established for this grouping, and (b) "user planning" When all actions to replenish the resource are carried out according to the plans set by the user.

A brief description of the user interface of the software is provided. Examples of simulation results are given.

Keywords: resource of technical object, service life of technical object, composition and resource of grouping of technical objects, plans for repair, write-off and supply of new objects, modeling of consumption and replenishment of resource.