



# НАУКА І ТЕХНІКА ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

**Щоквартальний  
науково-технічний журнал**

**3 (32) 2018**

**Заснований  
у липні 2009 року**

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

Журнал відображає новітні знання та результати фундаментальних, пошукових та прикладних наукових досліджень з проблематики розвитку, застосування та забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України, удосконалення їх системи управління, розвитку бойового застосування та озброєння авіації, зенітних ракетних військ, радіотехнічних військ, радіотехнічного забезпечення і зв'язку Повітряних Сил Збройних Сил України.

В області військових та оборонних технологій, озброєння і військової техніки та безпеки журнал відображає прогрес в дослідженнях і розробках, досвід проведення військових місій та операцій з врегулювання кризових ситуацій та підтримує впровадження новітніх знань в оборонну промисловість та військову практику.

**Засновник і видавець:**

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

61023, м. Харків-23, а/с 11800

**Телефон:** +38 (057) 704-91-97  
+38 (067) 998-02-70

**E-mail:** red@hups.mil.gov.ua  
red.hnups@gmail.com

**Інформаційний сайт:**  
www.hups.mil.gov.ua

**Головний редактор:**

Певцов Геннадій Володимирович, доктор технічних наук професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

**Заступник головного редактора:**

Павленко Максим Анатолійович, доктор технічних наук професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

**Члени редакційної колегії:**

- Василець Віталій Олександрович, доктор технічних наук старший науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Євсєєв Сергій Петрович, доктор технічних наук старший науковий співробітник, Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Україна;
- Загорка Олександр Миколайович, доктор військових наук професор, Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Україна;
- Залевський Геннадій Станіславович, доктор технічних наук старший науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Коваль Володимир Валерійович, кандидат військових наук старший науковий співробітник, Генеральний штаб ЗС України, Україна;
- Кульпа Христоф, доктор технічних наук професор, Варшавський політехнічний університет, Польща;
- Оваїд Сальман Рашід, кандидат технічних наук, коледж університету Аль Мареф, Рамаді, Ірак;
- Пацек Богуслав, доктор військових наук професор, Ягелонський університет в Кракові, Польща;
- Романченко Ігор Сергійович, доктор військових наук професор, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Україна;
- Сідченко Сергій Олександрович, кандидат технічних наук старший науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Сова Олег Ярославович, доктор технічних наук старший науковий співробітник, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Україна;
- Сухаревський Олег Ілліч, доктор технічних наук професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Тишка Андрій, кандидат політичних наук, Балтійський оборонний коледж, Естонія;
- Фаркас Тибор, кандидат технічних наук, Національний університет державної служби, Угорщина;
- Худов Геннадій Володимирович, доктор технічних наук професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Чепков Ігор Борисович, доктор технічних наук професор, Центральний науково-дослідний інститут ОВТ Збройних Сил України, Україна;
- Ярош Сергій Петрович, доктор військових наук професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

**Відповідальний секретар:**

Ряполов Іван Євгенович, кандидат технічних наук, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

**Харків • 2018**

## КООРДИНАЦІЙНА РАДА

**Загальне керівництво** діяльністю Координаційної ради науково-технічного журналу "Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України" здійснює командувач Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-полковник **Дроздов С.С.**

**Голова Координаційної ради:**

начальник штабу – перший заступник командувача Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-лейтенант **Шамко В.Є.**

**Заступник голови Координаційної ради:**

заступник командувача Повітряних Сил Збройних Сил України з бойової підготовки – начальник управління бойової підготовки Командування Повітряних Сил Збройних Сил України кандидат технічних наук генерал-лейтенант **Зуєв П.П.**

**Члени Координаційної ради:**

начальник Головного управління морально-психологічного забезпечення Збройних Сил України генерал-майор **Грунтковський О.Л.;**

заступник командувача з авіації – начальник авіації Командування Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-майор **Ярецький А.М.;**

Начальник зенітних ракетних військ Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник **Ставський Ю.М.;**

начальник радіотехнічних військ Командування Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-майор **Вишневський С.Д.;**

начальник управління оборонного планування – заступник начальника штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-майор **Плесний В.М.;**

головний інженер авіації Повітряних Сил – начальник управління головного інженера авіації авіації Командування Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-майор **Скоренький П.Є.;**

заступник начальника Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба з наукової роботи

Заслужений діяч науки і техніки України доктор технічних наук професор полковник **Пєвцов Г.В.**

**Секретар Координаційної ради:**

Начальник науково-організаційного відділу планування наукової роботи та розробки нормативних документів – заступник начальника Воєнно-наукового управління ГШ ЗС України кандидат військових наук старший науковий співробітник полковник **Коваль В.В.**

*Затверджений до друку вченою радою Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (протокол від 28 серпня 2018 року № 11)*

*Занесений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук" (технічні та військові науки), затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528 (із змінами від 22.12.2016 № 1604)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 22358 – 12258ПР від 24.10.2016 р.*

*Англійська мова журналу – Навчально-науковий центр мовної підготовки Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

*Усі статті, що публікуються у журналі, проходять обов'язкове рецензування, яке здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів (подвійне сліпе рецензування).*

*Унікальність текстів публікацій перевіряється за допомогою системи пошуку ознак плагиату Unischeck. За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор*



**Інформаційний сайт видання:** [www.hups.mil.gov.ua](http://www.hups.mil.gov.ua).

**Публічність та доступ:** Журнал зберігається у загальнодержавній базі даних Державної бібліотеки ім. Вернадського „Україніка наукова” та включено у довідник періодичних видань Ulrich's Periodicals Directory (USA).

**Авторські права:** За авторами зберігаються усі авторські права та права на видання без обмежень. Журнал дозволяє користувачам: читати, завантажувати, копіювати, поширювати, друкувати та посилатися на повні тексти статей за умови зазначення авторства. Дозволяється повторне використання змісту журналу у відповідності з ліцензією Creative Commons CC-BY.

**Наукометричні показники:**

ICV (Index Copernicus Value) = 51.52

General Impact Factor = 2.2761



## MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE



# SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THE AIR FORCE OF UKRAINE

**Trimestrial  
scientific and technical journal**

**3 (32) 2018**

**Founded in July, 2009**

### EDITORIAL STAFF

The journal reflects modern knowledge and results of fundamental, pre-conceptual, applied studies concerned with development, appliance, and support of Air Force of Armed Forces of Ukraine, improvement of command and control system, tactics and armaments of aviation, anti-aircraft missile troops, radar troops, electronic support measures and signals of Air Force of Armed Forces of Ukraine.

In the field of military and defence technologies, armament and military equipment and safety, the journal reflects the current progress in researches and developments, experience gained while conducting international combat missions and settlement of crisis situations and support implementation of modern knowledge into defence industry and military practices.

#### Founder and publisher:

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

61023, Kharkiv, a/c 11800

**Phone:** +38 (057) 704-91-97  
+38 (067) 998-02-70

**E-mail:** red@hups.mil.gov.ua  
red.hnups@gmail.com

**Website:** www.hups.mil.gov.ua

#### Editor-in-Chief:

Hennadii Pievtsov, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

#### Deputy Editor-in-Chief:

Maksym Pavlenko, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

#### Editorial Board:

- Vitalii Vasylets, Doctor of Technical Sciences Senior Researcher,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Serhii Yevsieiev Doctor of Technical Sciences Senior Researcher,  
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine;
- Oleksii Zahorka, Doctor of Military Sciences Professor,  
National Defense University of Ukraine, Ukraine;
- Hennadii Zalevskyi, Doctor of Technical Sciences Senior Researcher,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Volodymyr Koval, Candidate of Military Sciences (PhD) Senior Researcher,  
General Staff of Armed Forces of Ukraine, Ukraine;
- Krzysztof Kulpa, Doctor of Sciences Professor,  
Warsaw University of Technology, Poland;
- Salman Rashid Owaid, Candidate of Technical Sciences (PhD),  
Al Maaref University College, Iraq;
- Bogusław Pacek, Doctor of Sciences Professor,  
Jagiellonian University, Poland;
- Ihor Romanchenko, Doctor of Military Sciences Professor,  
Central Research Institute of Armed Forces of Ukraine, Ukraine;
- Serhii Sidchenko, Candidate of Technical Sciences (PhD) Senior Researcher,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Oleh Sova, Doctor of Technical Sciences Senior Researcher,  
Military Institute of Telecommunications and Information Technologies, Ukraine;
- Oleh Sukharevsky, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University Ukraine;
- Andrii Tyushka, Candidate of Political Sciences (PhD),  
Baltic Defence College, Estonia;
- Tybor Farkas, Candidate of Technical Sciences (PhD),  
National University of Public Service, Hungary;
- Hennadii Khudov, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Ihor Chepkov, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Central Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine;
- Serhii Yarosh, Doctor of Military Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

#### Executive Secretary:

Ivan Ryapolov, Candidate of Technical Sciences (PhD),  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

**Kharkiv • 2018**

## COORDINATING COUNCIL

**Overall leadership** coordinating Council activities of scientific and technical journal "Science and Technology of Air Force of Armed Forces of Ukraine" accomplished by Air Force Commander of Armed Forces of Ukraine Colonel General **Serhii Drozdov**.

**Chief of Coordinating Council:**

Chief of Staff – First Deputy Air Force Commander of Armed Forces of Ukraine  
Lieutenant General **Viacheslav Shamko**.

**Deputy Chief of Coordinating Council:**

Deputy Air Force Commander of Armed Forces of Ukraine in charge of combat training  
– Chief of combat training Department of Air Force Commander of Armed Forces of Ukraine  
Ph.D. (Technical Science) Lieutenant General **Pavlo Zuiev**.

**Members of Coordinating Council:**

Chief of General Department of Armed Forces of Ukraine in charge of psychological and moral support  
Major General **Oleh Hruntkovskiy**

Deputy aviation Commander – Chief of Aviation of Air Force Command of Armed Forces of Ukraine  
Major General **Andrii Yaretskyi**

Chief of anti-aircraft missile troops of Air Force Command of Armed Forces of Ukraine  
Colonel **Yurii Stavskiy**

Chief of radio-engineering troops of Air Forces Command of Armed Forces of Ukraine  
Major General **Serhii Vyshnevskiy**

Chief of Defence Planning Department – Deputy Chief of Staff of Air Force Command of  
Armed Forces of Ukraine  
Major General **Viktor Plesnyi**

Leading of Air Force – Leading Engineering Management Department of Air Force Command of  
Armed Forces of Ukraine  
Major General **Petro Skorenkyi**

Deputy Chief of Ivan Kozhedub Kharkiv national Air Force University in charge of scientific work  
Honoured master of sciences and engineering of Ukraine, Doctor of Technical Science Professor  
Colonel **Hennadii Pietvsov**.

**Secretary of Coordinating Council:**

Head of Scientific-Organizational Department of Planning Scientific Work and Development of Normative Documents –  
Deputy Chief of Military Science Division of General Staff of the Armed Forces of Ukraine  
Ph.D. (Military Science) Senior Scientific Researcher,  
Colonel **Volodymyr Koval**.

*Academic Council of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University  
confirmed for printing (record № 11 dated August, 28, 2018)*

*Inscribed to the "List of Scientific Professional Publications of Ukraine, where results of final papers for the Doctor of  
Science degree and Doctor of Philosophy can be published" (Technical and Military Sciences),  
maintained by order of Ministry of Education and Science of Ukraine  
№ 1528 dated December, 29, 2014 (as amended № 1604 dated December, 22, 2016)*

*The State Registration Certificate of printed mass media  
KB № 22358 – 12258ПП dated October, 24, 2016*

*English-language journal – Research and Training Linguistic Center of  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

*All the articles that are published in the journal must be peer reviewed.  
It is conducted anonymous both for authors and reviewers (double blind peer review).*

*The uniqueness of the texts of publications is checked with using the Unicheck plagiarism signs search system.*

*The authors take responsibilities for the reliability of stated facts, quotations and other statements.*



**Website:** [www.hups.mil.gov.ua](http://www.hups.mil.gov.ua).

**Publicity and access:** The journal is stored in federal abstract database of Vernadsky National Library „Ukrayinika naukova” and included with periodical reference book Ulrich’s Periodicals Directory (USA).

**Author’s rights:** The authors retained all copyrights and publishing rights with no limited publications. The journal allows users: to read, download, copy, distribute, type and refer to the whole articles upon conditions of affiliation. Repeated recycling of journal contents is allowed according to Creative Commons CC-BY licence.

**Scientometrical indexes:**

ICV (Index Copernicus Value) = 51.52

General Impact Factor = 2.2761

## З М І С Т

### РОЗВИТОК ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ, ІНШИХ ВИДІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ, УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

*Богданович В.Ю., Свида І.Ю., Сыротенко А.М.*  
Метод адаптивного управління інтегрованим потенціалом протидії виявленим (прогнозованим) загрози воєнній безпеці держави..... 7

*Левченко О.В., Міхєєв Ю.І.*  
Інформаційні загрози як різновид воєнних загроз державі..... 14

### РОЗВИТОК, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОЗБРОЄННЯ АВІАЦІЇ

*Шалигін А.А., Нерубацький В.О., Денисова С.В.*  
Оптимізація маршруту польоту безпілотної літального апарату з урахуванням впливу вітру (engl.) ..... 20

### РОЗВИТОК, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОЗБРОЄННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

*Ланецький Б.М., Деденок В.П., Коваль І.В., Лук'янчук В.В.*  
Бутстреп-метод оцінювання показників надійності бортового обладнання зенітних керованих ракет з використанням апріорної інформації для вирішення завдань продовження призначених показників ..... 25

### РОЗВИТОК, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОЗБРОЄННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК

*Карлов В.Д., Місайлов В.Л., Артеменко А.М.*  
Вимоги щодо контролю рефракції у пограничному шарі атмосфери з урахуванням її впливу на розрахункову дальність виявлення повітряних об'єктів на гранично малих висотах ..... 32

### РОЗВИТОК РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, АСУ ТА ЗВ'ЯЗКУ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

*Борисенко М.В., Герасимов С.В., Костенко О.І., Макаrchuk Д.В.*  
Розробка оптимального алгоритму обробки навігаційної інформації (engl.) ..... 38

*Кучеренко Ю.Ф., Носик А.М., Довбня О.В.*  
Основні заходи щодо здійснення процесу визначення обрисів автоматизованих систем військового призначення на передпроектній стадії їх створення (engl.)..... 45

*Березина С.І., Клімишен О.О., Карлов Д.В., Дичко О.О.*  
Методика тонової та кольорової корекції різномірних і різночасових даних оптико-електронних систем спостереження..... 53

*Кошлань О.А.*  
Обґрунтування методу обробки різнотипної розвідувальної інформації в геоінформаційних системах спеціального призначення (engl.)..... 61

## C O N T E N T S

### DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE AIR FORCE AND OTHER BRANCHES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE, IMPROVEMENT OF THEIR CONTROL SYSTEM

*Bohdanovytch V., Svyda I., Syrotenko A.*  
Adaptive control method of integrated counteraction potential against detected (forecasted) threats of military security of the state..... 7

*Levchenko O., Mikhieiev Y.*  
Information threats as the variety of military threats to the state ..... 14

### DEVELOPMENT, COMBAT APPLICATION AND ARMAMENT OF AVIATION

*Shalyhin A., Nerubatsky V., Denysova S.*  
The UAV flight route optimization by taking into consideration the wind influence ..... 20

### DEVELOPMENT, COMBAT APPLICATION AND ARMAMENT OF ANTI-AIRCRAFT TROOPS

*Lanetsky B., Dedenok V., Koval I., Luk'yanchuk V.*  
Bootstrap method for evaluating the reliability indicators of the airborne equipment of the surface-to-air guided missiles with the use of the priority information for solving the problems of extension of the appointed indicators..... 25

### DEVELOPMENT, COMBAT APPLICATION AND ARMAMENT OF RADIO ENGINEERING TROOPS

*Karlov V., Misailov V., Artemenko A.*  
Requirements for refraction control in the border layer of the atmosphere, in accordance with its impact on the calculation of the determination of air objects on limited small heights..... 32

### DEVELOPMENT OF RADIO ENGINEERING SUPPORT, ACS AND AIR FORCE COMMUNICATION

*Borysenko M., Herasimov S., Kostenko A., Makarchuk D.*  
Development of optimum navigation information processing algorithm ..... 38

*Kucherenko Yu., Nosyk A., Dovbnia A.*  
The main activities to implement the process of identifying the automated military systems characteristics on its pre-project developmental stage..... 45

*Berezina S., Klimishen O., Karlov D., Dychko O.*  
Method tone and color correction for diverse and multi-temporal data of optical-electronic observation systems..... 53

*Koshlan O.*  
Justification of method of processing different intelligence information in geoinformation systems of special purpose..... 61

<i>Тарасенко Я.В., Півень О.Б., Федотова-Півень І.М.</i> Метод семантичного стиснення текстової інформації для протидії комп'ютерній лінгвістичній стеганографії .....	68	<i>Tarasenko Ya., Piven O., Fedotova-Piven I.</i> Method of the textual information Semantic compression for counteracting computer linguistic steganography .....	68
<i>Кононов Б.Т., Кононов В.Б., Кононова О.А., Кірвас В.В.</i> Методи та засоби прискорення процесу автоматичної точної синхронізації синхронних генераторів (engl.).....	79	<i>Kononov B., Kononov V., Kononova O., Kirvas V.</i> Methods and means of accelerating the process of automatic synchronization of the synchronous generators .....	79
<b>ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ МІСІЙ ТА ОПЕРАЦІЙ З ВРЕГУЛЮВАННЯ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ</b>		<b>ARMED MISSION EXPERIENCE AND CRISIS MANAGEMENT OPERATIONS</b>	
<i>Пацек П.</i> Тероризм в Європе как фактор розвитку угроз безпеки .....	88	<i>Pacek P.</i> Terrorism in Europe as a factor of development of security threat.....	88
<b>ІСТОРИЧНІ ПИТАННЯ</b>		<b>HISTORICAL ISSUES</b>	
<i>Яковлев В.М.</i> Бойове застосування авіації в Белгородсько-Харківській наступальній операції 3–23 серпня 1943 року.....	96	<i>Yakovlev V.</i> Air operation during Belgorod-Kharkiv offensive combat august, 3-23, 1943 .....	96
<b>ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ</b>		<b>GENERAL ISSUES</b>	
<i>Бісик С.П., Сливінський О.А., Давидовський Л.С.</i> Дослідження поведінки та характеру руйнування зварних з'єднань зі сталі НВ 500Mod при навантаженні вибухом.....	102	<i>Bisyk S., Slyvinsky O., Davidovskiy L.</i> Research of behavior and nature of the fracture of welded joints of HB 500Mod steel under explosion loading.....	102
<i>Городнов В.П., Кириленко В.А., Шевченко А.В.</i> Комплексна модель оцінки ефективності системи матеріального забезпечення окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період .....	113	<i>Gorodnov V., Kyrylenko V., Shevchenko A.</i> Integrated model of evaluating the material supply system efficiency of a separate border guard subunit in a special period .....	113
<i>Ленков С.В., Толлок І.В., Ленков Є.С., Цицарев В.М.</i> Програмне забезпечення моделювання процесів витрачання і поповнення ресурсу угруповань технічних об'єктів .....	120	<i>Lenkov S., Tolok I., Lenkov E., Tsitsarev V.</i> Software for simulation of consumption processes and functions of the resource group of technical objects.....	120
<i>Рачок Р.В., Боровик О.В., Мазур В.Ю.</i> Методика виявлення часових аномалій руху суден на основі даних інформаційно-телекомунікаційної системи морської охорони «Гарт-12» у системі висвітлення надводної обстановки.....	128	<i>Rachok R., Borovik O., Mazur V.</i> Method of determination time movement anomalies of vessels on the basis of the information and telecommunication system of marine safety «Gart-12» data in the system of the surface picture exploration.....	128
<i>Сургай М.В.</i> Математичне моделювання характеристик вторинного випромінювання снаряду ОФ-25 самохідної гаубиці 2С3 "Акація" у різних діапазонах довжин хвиль .....	135	<i>Surgay M.</i> Mathematical simulation of secondary radiation characteristics of the shell OF-25 for self-propelled gun 2C3 "Akatsiya" in various wave bands .....	135
<b>Алфавітний покажчик</b> .....	142	<b>Alphabetical index</b> .....	142



С.В. Ленков<sup>1</sup>, І.В. Толлок<sup>1</sup>, Є.С. Ленков<sup>2</sup>, В.М. Цицарев<sup>1</sup><sup>1</sup> Військовий інститут Київського національного університету ім. Т. Шевченка, Київ<sup>2</sup> 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  $R_i^{\text{Hk}}$  и  $T_i^{\text{Hk}}$  – нормативний ресурс та нормативний термін служби об'єкту  $i$ -го типу, призначені після проведення планового ремонту (ПР)  $k$ -го виду;  $N_i^{\text{Hk}}$  – 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 окремих 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.

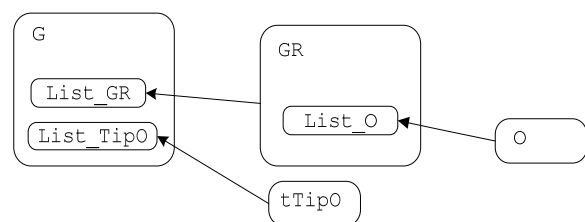


Рис. 1. Структура зв'язків між програмними об'єктами

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  $\Pi_{pi}$ , списання  $\Pi_{ci}$  і поставок нових об'єктів  $\Pi_{ci}$ . 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).

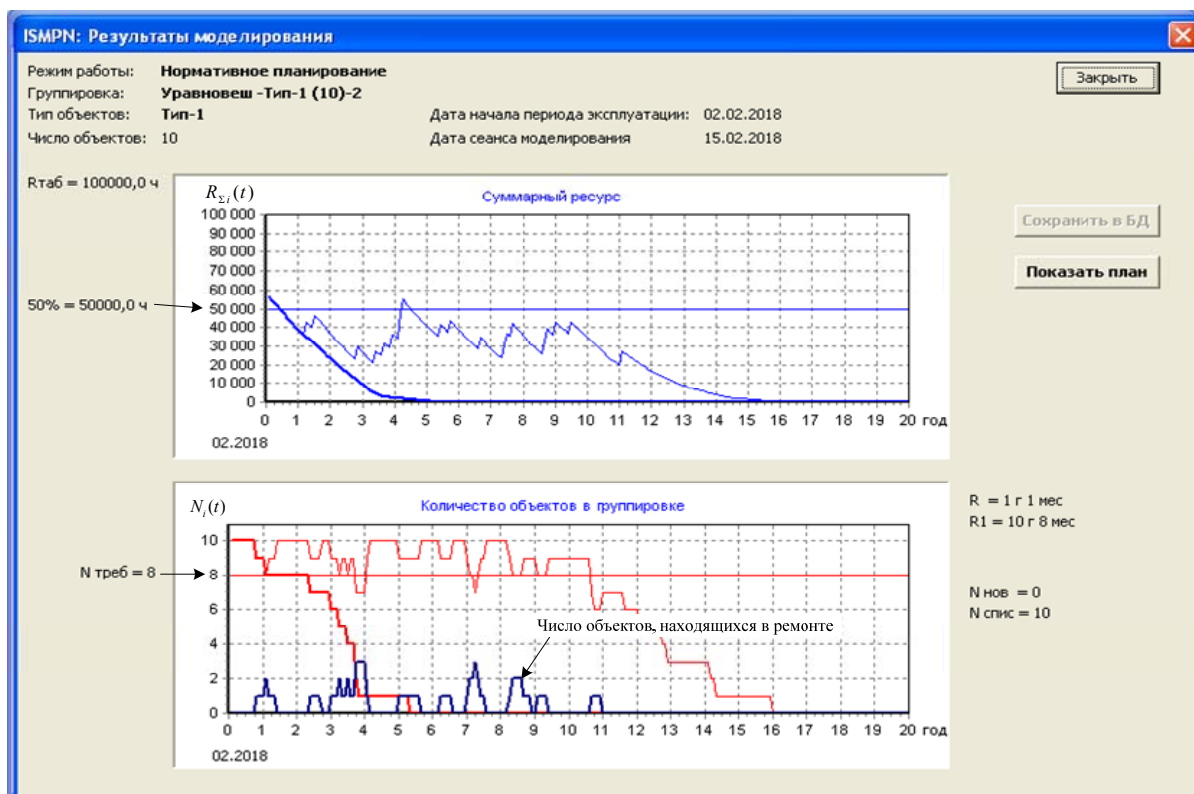


Рис. 2. Результати моделювання (режим Нормативне планування)

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).

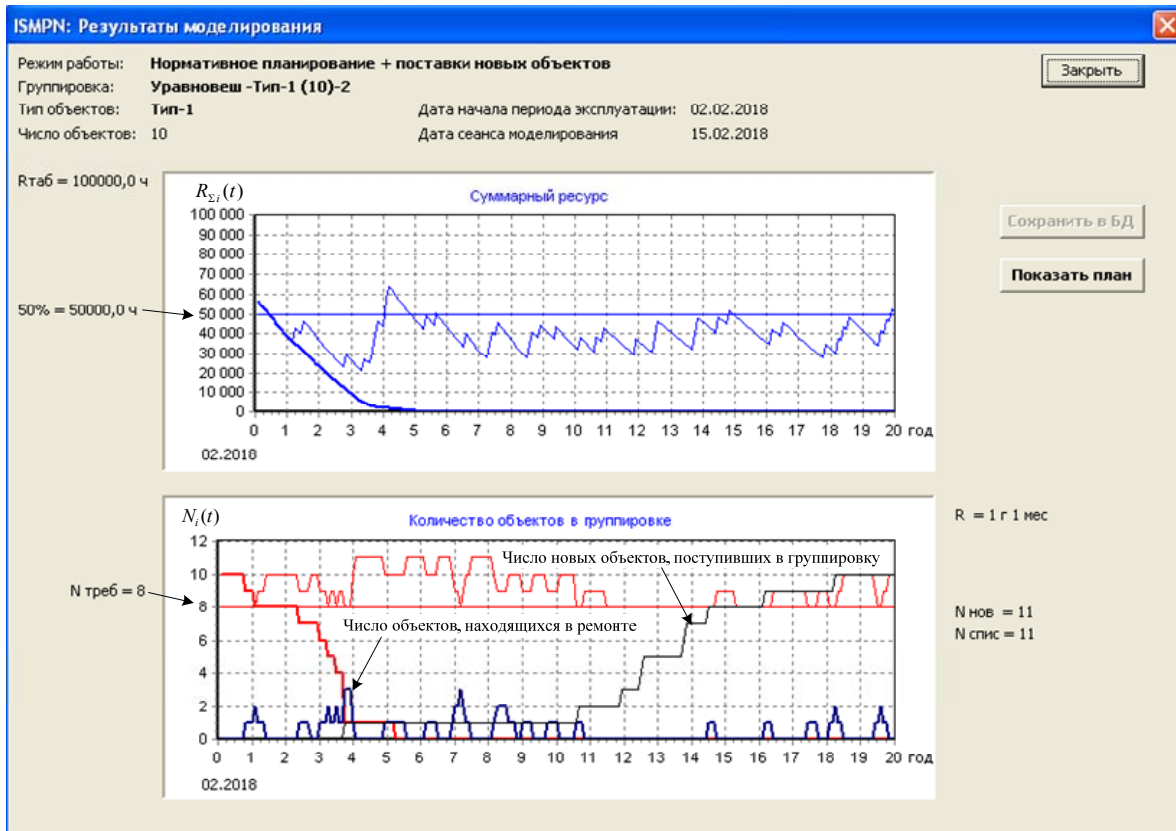


Рис. 3. Результати моделювання (режим Нормативне планування + поставка нових об'єктів)

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. Дарахвелідзе П.Г. Программирование в Delphi 7 / П.Г. Дарахвелідзе, 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 ugrupuвання 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. Darakhvelidze, 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 prilozenij 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 tehničkoj jekspluatacii s ispol'zovaniem imitacionnyh statisticheskikh

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 grafoanalytichnogo 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.