

ПРОГНОЗУВАННЯ СКЛАДУ ТА РЕСУРСУ УГРУПУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ВАРІАНТІВ

В роботі проведено прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки (ОВТ) та зроблено аналіз його варіантів. Можливими заходами по поповненню складу і ресурсу угруповання можуть бути поставки в угруповання нових ОВТ, а також ефективно технічне обслуговування і ремонт. Для того, щоб угруповання могло виконувати всі завдання у відповідності до свого призначення, воно повинно задовольняти встановленим вимогам за кількісним та якісним складом. Кількісний склад угруповання визначається кількістю ОВТ різних типів, наявних в даний момент часу і готових до негайного виконання завдань. При цьому кількість типів об'єктів і їх розподіл за типами повинно відповідати заданим вимогам. Для підтримки необхідної ефективності функціонування угруповання необхідно замість списаних поставити нові об'єкти відповідних типів, чи принципово нових типів, в тому числі закордонних.

Проаналізовано останні дослідження в даній предметній області, які наведено в великій кількості наукових робіт, що розв'язують проблему прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки. Аналіз його варіанту комплексу, в повній мірі фактично не існує. Це обумовлює необхідність розв'язання наукових задач прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки та аналіз його варіантів.

Математична модель процесу витрачання та поповнення ресурсу (ПВПР) угруповання розроблено методом імітаційного моделювання із застосуванням універсальної мови програмування процедурного типу. Це дозволяє, з одного боку, реалізувати в моделі всі істотні тонкощі моделюючого процесу і зробити програму компактною, зручною для практичного застосування.

Проведено прогнозування складу і ресурсу сучасних засобів ОВТ та їх угруповань. Розглянуті режими нормативного планування термінів ремонтів та списання об'єктів, що моделюються в моменти часу витрачання ресурсу. Поставки нових об'єктів моделюються в моменти часу, в які залишкова кількість працездатних об'єктів в угрупованні знижується нижче допустимого значення. Для нових об'єктів, що надійшли в угруповання, ПВПР моделюється звичайним чином, точно так же, як і для всіх інших об'єктів. Розроблено генерування варіантів угруповання ОВТ та нормативне планування. Найменування збереженого варіанту автоматично формується за наступним правилом: ім'я угруповання- найменування типу об'єктів-кількість об'єктів в угрупованні (в дужках) - порядковий номер варіанта. В подальшому це ім'я може бути змінено зручним для користувача чином. Для кожного зі збережених варіантів можна виконати повторне моделювання.

Ключові слова: прогнозування складу та ресурсу угруповання, об'єкти військової техніки, технічне обслуговування і ремонт, математична модель, поставка нових об'єктів, генерування варіантів угруповання.

Вступ та аналіз останніх досліджень. Складні об'єкти військової техніки (ОВТ) застосовуються за призначенням зазвичай в складі угруповань (військових частин, з'єднань, об'єднань). Прикладами складних ОВТ наприклад у протиповітряній обороні є радіолокаційні станції, зенітно-ракетні комплекси, станції радіоелектронної боротьби, системи зв'язку та управління. Можливими заходами по поповненню складу і ресурсу угруповання можуть бути поставки в угруповання нових озброєння і військова техніка (ОВТ), технічне обслуговування і ремонти різних видів [1]. Угруповання ОВТ створюються тимчасово, або на постійній основі для вирішення певних завдань на деякій території, чи окремих бойових дій. Для того, щоб воно могло виконувати всі завдання у відповідності зі своїм призначенням, воно повинно задовольняти встановленим для неї вимогам за її кількісним та якісним складом. Кількісний склад угруповання визначається кількістю ОВТ різних типів, наявних в даний момент часу і готових до негайного виконання завдань по їх призначенню [2]. При цьому кількість типів об'єктів і їх розподіл за типами повинно відповідати заданим вимогам.

Якісний склад визначається залишковим ресурсом ОВТ, наявних в угрупованні. Чим більший в середньому залишковий ресурс об'єктів, тим якіснішим є її склад, тим більшою буде тривалість часу існування угруповання в стані, при якому всі поставлені завдання будуть виконуватися з необхідною ефективністю. В процесі експлуатації угруповання ресурс окремих об'єктів витрачається в цілому випадковим чином, внаслідок цього якісний його склад з часом погіршується, тобто скорочується «запас міцності». Після вичерпання ресурсу окремими об'єктами, їх експлуатація повинна бути припинена. Об'єкти, що вичерпали ресурс, повинні бути піддані ремонту для відновлення ресурсу, або списанню, тобто безповоротно вилучено з його складу.

Для підтримки необхідної ефективності функціонування угруповання необхідно замість списаних об'єктів поставити нові об'єкти відповідних типів, чи принципово нових типів, в тому числі закордонних.

Таким чином, для вищих органів (штабів), відповідальних за експлуатацію угруповання виникає важливе завдання своєчасного планування технічного обслуговування (ТО) і ремонту ОВТ і поставок в угруповання нових об'єктів [1,2]. Вочевидь, що вирішення такого завдання можливе лише на підставі застосування математичної моделі процесу витрачання та поповнення ресурсу (ПВПР) об'єктів, за допомогою якої можна і доцільно прогнозувати склад і ресурс угруповання.

В даній предметній області багато років працювали і працюють такі вчені Барзилович Є.Ю., Гніденко Б.В., Каштанов В.О., Креденцер Б.П., Ланецький Б.М., Ушаков І.О., Шишанов М.О. та деякі інші.

Так в роботі [3] аналізуються особливості зенітної керованої ракети та ракетних двигунів твердого палива (РДТП), зенітної керованої ракети (ЗРК), як об'єктів експлуатації й продовження призначених показників, а також методи оцінки показників залишкового ресурсу. Запропоновано для оцінки показників залишкового ресурсу РДТП використовувати метод „доламування” і імовірнісну модель накопичення пошкоджень в елементах РДТП, ЗРК у часі. Розглянута імовірнісна модель у якій процеси накопичення пошкоджень описується марківськими випадковими процесами, приводяться основні розрахункові співвідношення.

У роботі [4] формулюються основні науково-методичні положення щодо оцінювання показників безвідмовності і залишкової довговічності при експлуатації складних технічних систем (СТС) за технічним станом. Розглядаються основні фактори, що визначають поняття граничного стану і залишкового ресурсу для СТС і їх складових частин, положення концепції оцінювання (прогнозування) залишкового ресурсу і терміну служби і методи їх оцінювання за результатами експлуатаційних спостережень і випробувань.

У роботі [5] формулюється задача визначення періоду проведення контролів граничного стану (КГС) за техніко-економічним критерієм, пропонується метод її вирішення. Наводяться основні розрахункові співвідношення для різних варіантів завдання регресійних залежностей показників безвідмовності від календарної тривалості експлуатації (сумарного напрацювання). Пропонуються рекомендації щодо обґрунтування періоду проведення КГС.

У роботі [6] наведено методичні рекомендації щодо розподілу агрегатів, блоків і систем керованих авіаційних засобів ураження (КАЗУ) на групи з урахуванням їх контролепридатності та впливу на безпеку застосування. У зв'язку з цим вважається доцільним представити КАЗУ у вигляді багаторівневої конструкції взаємодіючих елементів, що об'єднані в підсистеми різних рівнів. Використання процедури декомпозиції дозволить подати їх у вигляді деякої структури, що включає декілька рівнів, та провести розподіл систем, агрегатів, блоків тощо (далі – складових частин) на групи за деякими визначеними ознаками. Математичною основою формалізованого вирішення цієї задачі є агрегативно-декомпозиційний підхід, суть якого полягає в поданні структури складної системи сукупністю взаємозв'язаних елементів різного рівня.

Існує ще декілька робіт, найбільш цікавими з них, наприклад такі [7-11].

Аналіз цих та інших наукових робіт дозволяє зробити наступні висновки: доволі детально та повно вивчалась та розв'язувалась поставлена задача ще в часи колишнього СРСР,

оскільки вона була спрямована на підвищення боєготовності радянської ретро військової техніки. Наукових робіт, що розв'язують проблему прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки та аналіз його варіантів комплексно, в повній мірі сьогодні фактично не існує. Це обумовлює необхідність розв'язання наукової задачі прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки і аналізу його варіантів.

Основні результати досліджень. Математична модель ПВПР угруповання розробляється методом імітаційного моделювання. Це дозволяє, з одного боку, реалізувати в моделі всі істотні тонкощі моделюючого процесу і, з іншого боку, зробити програму компактною, зручною для практичного застосування. Автор є одним із розробників програми ISMPN [12-14], призначеної для моделювання процесів ТОiP складних об'єктів техніки. Виявилось зручним реалізувати імітаційну модель (ІМ) ПВПР угруповання шляхом введення в програму ISMPN додаткового режиму роботи. Введений режим був названий **Угруповання ОБТ. Прогнозування складу і ресурсу.** Програмне забезпечення (ПЗ), реалізоване в рамках цього режиму, дозволяє вирішувати завдання двох типів:

- 1). виробляти дослідження моделі ПВПР для різних типів угруповань з метою виявлення найбільш важливих властивостей моделі та подальшого використання цих знань на практиці;
- 2). вирішувати конкретні завдання планування експлуатації угруповань ОБТ, що задаються користувачем.

Для викладу можливостей розробленого ПО моделі ПВПР угруповання, спочатку розглянемо всі можливі режими його роботи. Є два основні режими роботи:

- введення даних для нового угруповання (Reg=0);
- робота зі збереженими угрупованнями (Reg=1).

Усі угруповання ОБТ (далі просто угруповання), з якими може працювати користувач, будемо розділяти на два типи - угруповання, які генеруються програмно (будемо називати їх віртуальними), і угруповання, що задаються користувачем (назвемо їх для користувача). Параметри генерування віртуальних угруповань задаються користувачем, віртуальні угруповання існують тільки в пам'яті комп'ютера. Призначені для користувача угруповання відповідають конкретним угрупованням, які існують у реальності, дані, що представляють ці угруповання (їх склад, ресурс кожного об'єкта, і т.і.), вводяться користувачем. Інформація про всіх угрупованнях зберігається в базі даних (БД).

Власне моделювання ПВПР здійснюється тільки в режимі роботи зі збереженими угрупованнями. При цьому збережена угруповання може бути як віртуальною, так і для користувача. При роботі зі збереженими угрупованнями можливі два *режими моделювання*:

- генерування нового варіанту віртуальної угруповання (Reg_m=0);
- моделювання ПВПР (Reg_m=1).

Моделювання ПВПР можливо, як для згенерованого тільки що (ще не збереженого) варіанту угруповання, так і для створеної раніше і вже збереженої угруповання (віртуальної або користувальницької).

Безпосередньо моделювання ПВПР може проходити в одному з наступних режимів (назвемо їх режимами прогнозування):

- нормативне планування (Reg_p=0);
- нормативне планування + поставка нових об'єктів (Reg_p=1);
- планування користувача (Reg_p=2);
- планування користувача + поставка нових об'єктів (Reg_p=3).

У режимі нормативного планування терміни ремонтів і списання об'єктів, що моделюються (імітуються) в моменти часу витрачення ресурсу об'єктів. У режимі планування користувача відповідні терміни визначаються даними, що задаються користувачем (і збереженими в БД).

У режимах поставок нових об'єктів моменти часу надходження в угруповання нових об'єктів визначаються по заданому критерію необхідної кількості об'єктів даного типу в угрупованні. Поставки нових об'єктів моделюються в моменти часу, в які залишкова кількість

працездатних об'єктів в угрупованні знижується нижче допустимого значення. Для нових об'єктів, що надійшли в угруповання, ПВПР моделюється звичайним чином, точно так же, як і для всіх інших об'єктів.

По-перше, доцільно більш детально визначити вихідну інформацію для моделі ПВПР угруповання, яка була описана автором у [1,12,14]. Це необхідно тому, що склад вихідної інформації може відрізнятись в різних режимах роботи ПО моделі. Математична модель ПВПР в загальному вигляді представляється наступними співвідношеннями (наведемо їх тут ще раз):

$$\begin{aligned} N_{\Sigma i}(t) &= N_i(t / \mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}, S_i(t_0), \bar{\eta}_i, \Pi_{pi}, \Pi_{ci}, \Pi_{ni}); \\ R_{\Sigma i}(t) &= R_{\Sigma i}(t / \mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}, S_i(t_0), \bar{\eta}_i, \Pi_{pi}, \Pi_{ci}, \Pi_{ni}), \end{aligned} \quad (1)$$

де $N_{\Sigma i}(t)$ та $R_{\Sigma i}(t)$ показники якості ПВПР, що представляють вихідну інформацію моделі (середня кількість об'єктів i -го типу, наявне в складі угруповання в момент часу t , та їх сумарний ресурс);

$\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}, S_i(t_0), \bar{\eta}_i, \Pi_{pi}, \Pi_{ci}, \Pi_{ni}$ – параметри моделі ПВПР.

Параметри $\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}, S_i(t_0)$ та $\bar{\eta}_i$ є основними вихідними даними моделі, смисловий зміст їх наступне:

$\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}$ – ресурсні характеристики об'єктів;

$S_i(t_0)$ – стан ресурсу об'єктів в початковий момент часу t_0 ;

$\bar{\eta}_i$ – середні значення інтенсивності витрачання ресурсу об'єктів.

Параметр $\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}$ в розглянутій вище (у розділі 1) математичної моделі визначався таким чином:

$$\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}} = \left\langle \left\langle R_i^{\text{H}r}, T_i^{\text{H}r}, N_i^{\text{H}r} \right\rangle, r = \overline{0, N_{\text{вид}r}} \right\rangle, \quad (i = \overline{1, N_{\text{тип}}}) \quad (2)$$

де $R_i^{\text{H}r}$ – нормативний ресурс об'єкта i -го типу, заповнювати в результаті виконання r -го виду планового ремонту ПЛР;

$T_i^{\text{H}r}$ – нормативний строк служби об'єкту i -го типу після проведення r -го виду ремонту;

$N_i^{\text{H}r}$ – кількість ПЛР r -го виду до списання об'єкту;

$N_{\text{вид}r}$ – кількість видів ПЛР;

$N_{\text{тип}}$ – кількість типів об'єктів в угрупованні. В описуваному тут ПО поки реалізована можливість моделювання тільки для одного типу ПР ($N_{\text{вид}r} = 1$).

З урахуванням цього параметри $\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}$ представляються наступним чином:

$$\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}} = \left\langle \left\langle R_i^{\text{H}0}, T_i^{\text{H}0}, N_i^{\text{H}0} \right\rangle, \left\langle R_i^{\text{H}1}, T_i^{\text{H}1} \right\rangle \right\rangle, \quad (i = \overline{1, N_{\text{тип}}}) \quad (3)$$

де $\left\langle R_i^{\text{H}0}, T_i^{\text{H}0}, N_i^{\text{H}0} \right\rangle$ – нормативні параметри для нового об'єкта i -го типу; $\left\langle R_i^{\text{H}1}, T_i^{\text{H}1} \right\rangle$ – нормативні параметри заповнення ресурсу після проведення ПР, який за прийнятою практиці домовимося називати капітальним ремонтом (КР).

Крім параметрів (3) в якості характеристики КР задається також величина тривалості ремонту $\tau_{\text{кр}}$. Параметри $\mathbf{P}_{\text{рес}i}^{\text{H}}$ повинні бути задані в будь-якому випадку, незалежно від цілей і завдань моделювання. Параметр початкового стану об'єктів угруповання $S_i(t_0)$ згідно (1.6) має таке уявлення:

$$S_i(t_0) = \left\langle \left\langle R_{ij}(t_0), T_{ij}(t_0), n_{pij}(t_0) \right\rangle; j = \overline{1, |\mathbf{O}_i|} \right\rangle, \quad (4)$$

де $R_j(t_0)$ та $T_j(t_0)$ – залишковий ресурс і залишковий термін служби ij -го об'єкту на момент часу t_0 ;

$n_{rij}(t_0)$ – залишкова кількість ремонтів, яке повинно бути виконано до списання об'єкта;

$|\mathbf{O}_i|$ – кількість об'єктів i -го типу в досліджувальному угрупованні.

Параметр $S_i(t_0)$ в залежності від режиму роботи програми може здаватися двома способами:

- при роботі з віртуальним угрупованням значення параметрів генерується випадковим чином в заданих діапазонах їх значень;

- при роботі з призначеної для користувача угрупованням ці параметри задаються користувачем шляхом безпосереднього введення їх значень в БД.

У розробленій версії ПО генеруються тільки параметри $R_j(t_0)$ та $T_j(t_0)$, для них задаються межі інтервалів варіювання:

$R1_i$ та $R2_i$ – межі інтервалу варіювання для параметра $R_j(t_0)$;

$T1_i$ та $T2_i$ – межі інтервалу варіювання для параметра $T_j(t_0)$.

Значення $R_j(t_0)$ та $T_j(t_0)$ при цьому генеруються як випадкові числа, рівномірно розподілені відповідно в інтервалах $[R1_i, R2_i]$ та $[T1_i, T2_i]$.

Параметр $n_{rij}(t_0)$ не варіюється, для нього задається фіксоване значення $n_{rij}(t_0) = N_i^{H0}$. Параметри $\bar{\eta}_i = \{\bar{\eta}_{ij}\}$ (де $\bar{\eta}_{ij}$ – інтенсивності витрачання ресурсу ij -х об'єктів) равіюються тільки в режимі роботи з віртуальним угрупованням. Згідно (1.7) значення $\bar{\eta}_{ij}$ визначаються через ліміт витрачання ресурсу:

$$\bar{\eta}_{ij} = L_{rij} / T,$$

де L_{rij} – ліміт витрати ресурсу, встановлений для ij -го об'єкту; T – період експлуатації, для якого встановлено ліміт L_{rij} . З урахуванням цього варіюються не інтенсивності $\bar{\eta}_{ij}$, а ліміт витрачання ресурсу L_{rij} . Для генерування його значень задаються нижня і верхня межі діапазону варіювання $L1_i$ та $L2_i$. Для кожного об'єкту значення L_{rij} генерується як випадкова величина, рівномірно розподілена на інтервалі $[L1_i, L2_i]$. Параметри Π_{pi} , Π_{ci} , Π_{ni} – це плани заповнення ресурсу: план ремонту, план списання і план поставки нових об'єктів в угруповання. Відповідні плани можуть бути як вихідними даними (задаватися користувачем), так і результатами моделювання в залежності від режиму роботи моделі. Наприклад, в режимах **Нормативне планування** ці плани геніруються в результаті моделювання незалежно від того, є угруповання віртуальної або користувальницької. У режимах **Планування користувача** плани задаються користувачем шляхом безпосереднього введення відповідних даних в БД.

У вихідних даних повинна бути введена також наступна інформація:

N_i^{TP} $R_{\Sigma i}^{TP}$ – необхідні значення числа об'єктів i -го типу і їх сумарного ресурсу, які повинні підтримуватися протягом усього часу експлуатації угруповання;

$D0$ – дата, яка визначає початок інтервалу експлуатації угруповання (дата, відповідна моменту часу t_0);

N_i – кількість ітерацій моделювання при визначенні середніх значень результуючих показників $\bar{N}_{\Sigma i}(t)$ та $\bar{R}_{\Sigma i}(t)$;

Δ_{η} – інтервал варіювання середніх інтенсивностей витрачання ресурсу об'єктів $\bar{\eta}_{ij}$.

Величина Δ_{η} задається у відсотках. Варіювання значень $\bar{\eta}_{ij}$ здійснюється від реалізації до реалізації процесу моделювання шляхом генерування їх значень як випадкових чисел, рівномірно розподілених в діапазоні

$$\left[\bar{\eta}_{ij} \cdot \left(1 - \frac{\Delta_{\eta}}{2 \cdot 100} \right), \bar{\eta}_{ij} \cdot \left(1 + \frac{\Delta_{\eta}}{2 \cdot 100} \right) \right].$$

Нижче розглядаються приклади, в яких докладно пояснюється технологія **введення даних і моделювання** в різних режимах застосування програми.

Для створення нового угруповання після запуску програми необхідно вибрати режим **Введення даних для нового угруповання** за допомогою списку вибору. Після вибору цього режиму вид екрану ПК буде таким, як це показано на рис. 1.

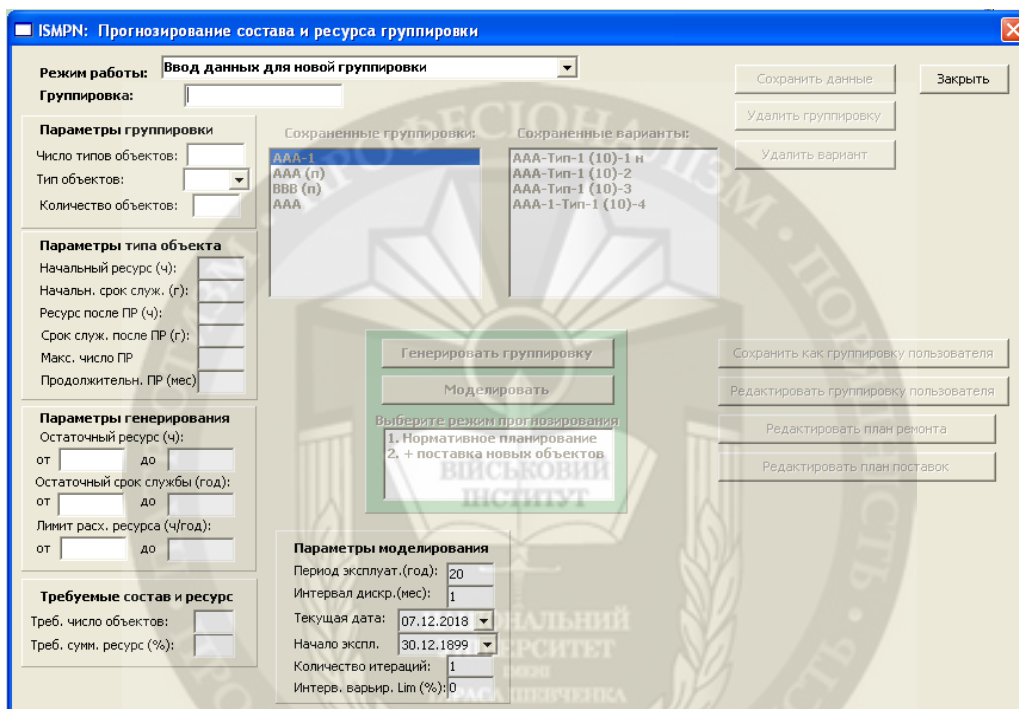


Рисунок 1 – Вихідний вид екрану ПК при введенні даних для нового угруповання

Для прикладу введемо наступні вихідні дані:

AAA - найменування угруповання;

$N_{тип} = 3$ – кількість типів об'єктів.

Після введення $N_{тип}$ автоматично заповниться список типів об'єктів, яким будуть присвоєні умовні імена **Тип-0**, **Тип-1**, і т.д. На рис. 2 показаний фрагмент форми зі переліком вибору «Тип об'єктів» в розгорнутому стані.

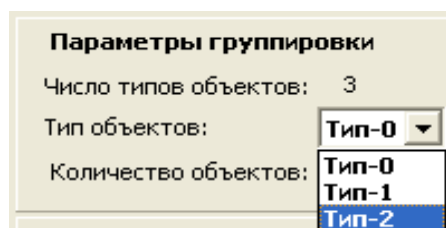


Рисунок 2 – Перелік вибору типу об'єктів

У розміщенні нижче елементах введення / редагування завжди відображається інформація, що відноситься до заданої в цьому списку типу об'єктів. Кількість об'єктів створюваної угруповання для різних типів об'єктів введемо наступне: $N_{\text{тип-0}} = 3$, $N_{\text{тип-1}} = 10$ та $N_{\text{тип-2}} = 30$. Після цього для кожного типу об'єктів в панелі **Параметри типу об'єкта** введемо наступні дані (в розглянутому прикладі для всіх типів введемо однакові дані):

$R_i^{\text{H0}} = 1000$ год – ресурс нового об'єкту;
 $T_i^{\text{H0}} = 10$ років; – строк служби нового об'єкту до 1-го ПЛР чи до списання;
 $R_i^{\text{H1}} = 8000$ год – ресурс, з який заповнює після проведення ПЛР;
 $T_i^{\text{H1}} = 8$ років – термін служби об'єкта, який заповнює після проведення ПР;
 $N_i^{\text{H0}} = 2$ – кількість ПЛР, яке повинно бути виконано на об'єкті до його списання;
 $\tau_{pi} = 1$ мес – тривалість проведення ПЛР.

Нижче, в панелі **Параметри генерування** введемо наступні дані:

$R1 = 100$ год та $R2 = 10000$ год – межі інтервалу варіювання початкового ресурсу об'єкта;
 $T1 = T2 = 10$ років – межі інтервалу варіювання початкового терміну служби;
 $L1 = 1000$ год/міс та $L2 = 1500$ год/міс – межі інтервалу варіювання ліміту витрати ресурсу.

В панелі **Необхідні склад і ресурс** введемо такі дані:

$N_{\text{тип-0}}^{\text{TP}} = 2$, $N_{\text{тип-1}}^{\text{TP}} = 8$ та $N_{\text{тип-2}}^{\text{TP}} = 28$;

$R_{\text{тип-0}}^{\text{TP}} = R_{\text{тип-1}}^{\text{TP}} = R_{\text{тип-2}}^{\text{TP}} = 50\%$.

В панелі **Параметри моделювання** вводяться дані:

$T_3 = 20$ років – період експлуатації угруповання (інтервал прогнозування);

$\Delta t = 1$ міс – інтервал дискретності зміни модельного часу;

$D0 = 1.01.2018$ – дата початку періоду експлуатації угруповання;

$N_I = 100$ (1) – кількість ітерацій моделювання;

$\Delta_\eta = 10$ (0) – інтервал варіювання середніх інтенсивностей витрачання ресурсу.

Після введення цієї інформації потрібно натиснути (клацанням миші) кнопку «Зберегти дані». Вся введена інформація буде збережена в БД. Програма автоматично перейде в режим **Робота зі збереженими угрупованнями**. Найменування нового угруповання з'явиться в списку **Збережені угруповання**, як це показано на рис. 3. При цьому знаходиться праворуч список **Збережені варіанти** порожній, так як для щойно створеної угруповання її варіанти (реалізації) ще не генерувалися.

Далі у користувача є можливість наступних дій:

- виробляти дослідне моделювання із збереженою угрупованням - для цього потрібно генерувати варіант (реалізацію) угруповання з заданими параметрами, зберегти створений варіант в БД і потім виконувати для нього прогнозні розрахунки (в цьому випадку створена угруповання має статус «віртуальна»);

- зберегти введене угруповання зі статусом «призначена для користувача» і продовжити введення необхідних вихідних даних, що визначають перебуваючи-ня об'єктів реальної угруповання.

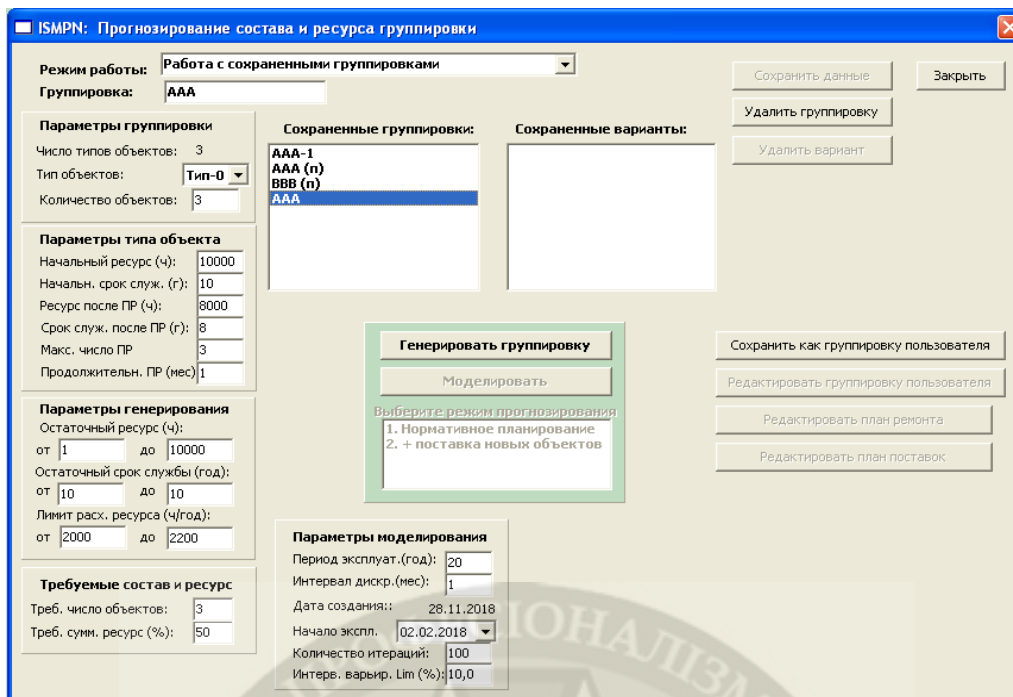


Рисунок 3 – Видяк екрану ПК після збереження даних нового угруповання

Генерування варіантів угруповання. Для генерування варіанти угруповання необхідно вибрати потрібне угруповання в списку **Збережені угруповання** і потім натиснути кнопку «Генерувати угруповання» (рис.3) Якщо в даний момент кнопка не активована, необхідно в списку **Збережені угруповання** клацнути мишею на вибраному угрупованню. Після цього активізується кнопка «Моделювати», а потім, після клацання на цій кнопці, активізується список доступних режимів прогнозування (рис.4). Для здійснення моделювання потрібно в цьому списку клацнути мишею на обраному режимі.

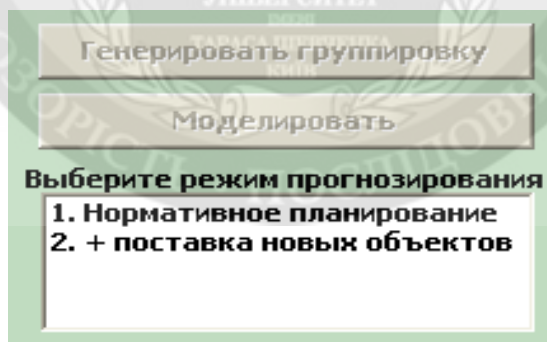
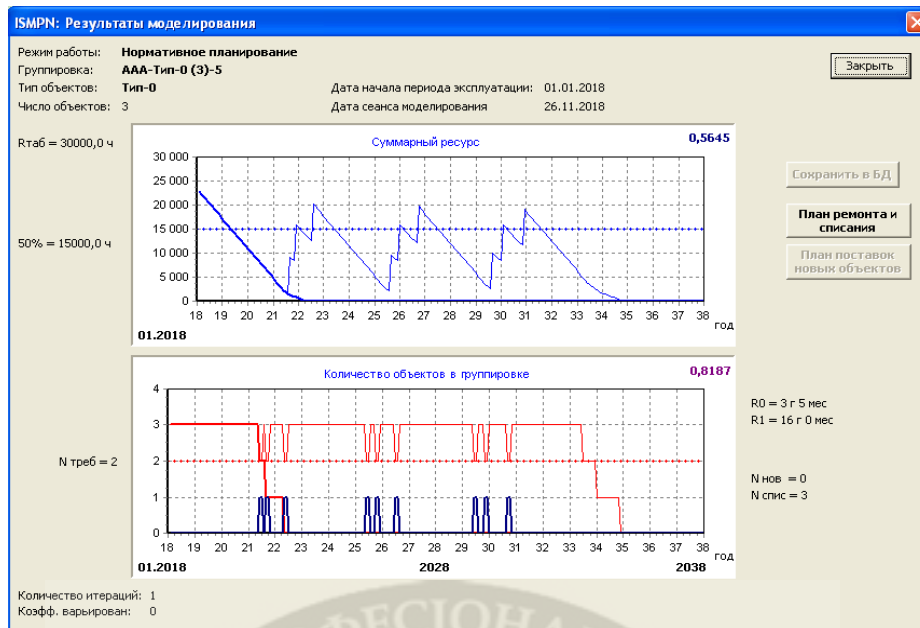
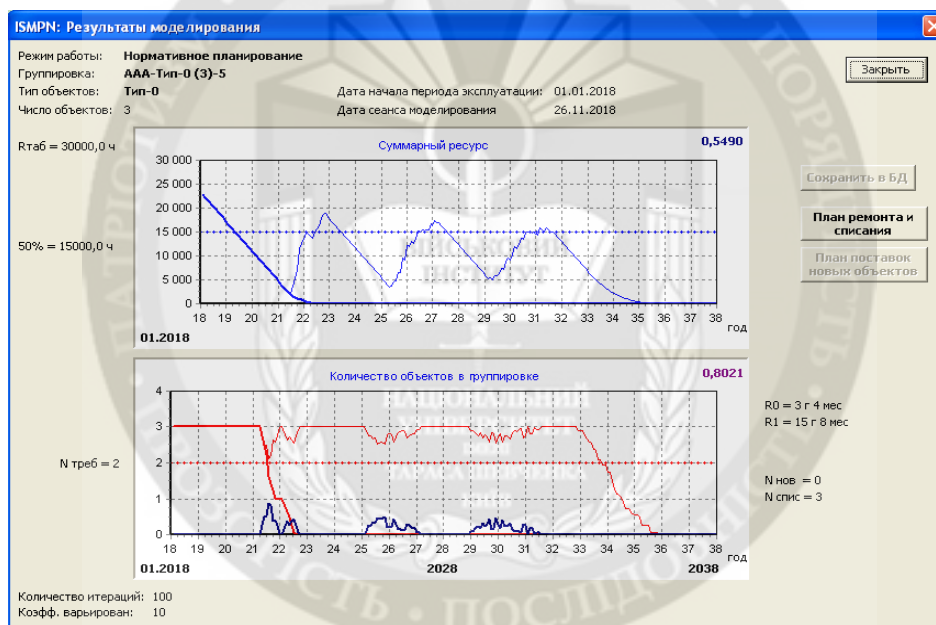


Рисунок 4 – Список вибору режимів прогнозування

На рис. 5 показана форма екрану ПК. одержувана після завершення процесу моделювання.



а) одна реалізація ($N_I = 1, KV_{Lim} = 0$)



б) 100 реалізацій ($N_I = 100, KV_{Lim} = 10\%$)

Рисунок 5 – Вигляд екрану ПК після завершення моделювання в режимі

Нормативне планування. На рисунку наведено два варіанти результатів моделювання: для 1 і для 100 реалізацій. Порівняння графіків функцій $\bar{N}_{\Sigma i}(t)$ та $\bar{R}_{\Sigma i}(t)$ для цих двох варіантів дозволяє оцінити приблизно вплив на вид графіків задаються значень N_I та Δ_{η} . Якщо на формі з результатами моделювання (рис. 5) клацнути ми-шию на кнопці «Показати план», відкриється форма з таблицею. У трьох крайніх справа шпальтах таблиці відображаються отримані в результаті моделювання нормативні планові дати відправлення в ремонт і списання об'єктів. Можна легко перевірити, що отримані планові дати точно відповідають графіками, показаним на рис. 6.

При бажанні зберегти згенерований варіант угруповання потрібно натиснути кнопку «Зберегти в БД». У цьому випадку після закриття форми у списку **Збережені варіанти** з'явиться рядок з найменуванням збереженого варіанту, як це показано на рис. 5.

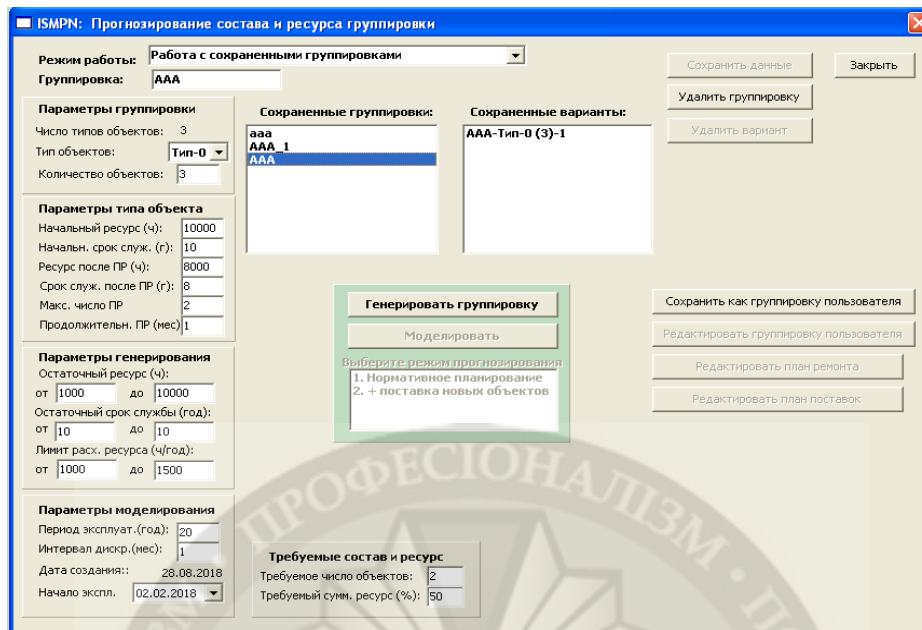


Рисунок 6 – Збережено варіант угруповання з'явився під ім'ям AAA-Тип-0 (3) -1

Найменування збереженого варіанту автоматично формується за наступним правилом: ім'я угруповання- найменування типу об'єктів-кількість об'єктів в угрупованні (в дужках) - порядковий номер варіанта. В подальшому це ім'я може бути змінено зручним для користувача чином. Для кожного зі збережених варіантів можна виконати повторне моделювання.

Для цього досить вибрати у списку збережених варіантів потрібний варіант, потім натиснути кнопку «Моделювати» і вибрати потрібний режим прогнозування. Результати моделювання відобразяться в такому ж вигляді, як це було вже показано на рис. 6.

Висновки

1. В роботі проведено прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки (ОВТ) та зроблено аналіз його варіантів.

2. Для того, щоб угруповання могло виконувати всі завдання у відповідності до свого призначення, воно повинно задовольняти встановленим вимогам за кількісним та якісним складом.

3. Кількісний склад угруповання визначається кількістю ОВТ різних типів, наявних в даний момент часу і готових до негайного виконання завдань.

4. Проаналізовано останні дослідження в даній предметній області, які наведено в великій кількості наукових робіт, що розв'язують проблему прогнозування складу та ресурсу угруповання об'єктів військової техніки, визначено, що єдиного комплексу досліджень не існує.

5. Математична модель процесу витрачання та поповнення ресурсу (ПВПР) угруповання розроблено методом імітаційного моделювання із застосуванням універсальної мови програмування процедурного типу.

6. Проведено прогнозування складу і ресурсу сучасних засобів ОВТ та їх угрупованню. Поставки нових об'єктів моделюються в моменти часу, в які залишкова кількість працездатних об'єктів в угрупованні знижується нижче допустимого значення.

7. Розроблено генерування варіантів угруповання ОВТ та зроблено нормативне планування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Lenkov E.S. The option for calculating the indicators of the needlessness of the unbelievable complex object of technique // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2018. – № 59. – С.56 – 61.

2. Ленков С.В., Толлок І.В., Цицарев В.М., Ленков Є.С. Моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання технічних об'єктів // Журнал «Система озброєння і військова техніка» - Харків, – 2018. – №1(53). – С.155 – 162.

3. Ланецький Б.Н., Фролов А.Д., Борисенко К.В. Імовірнісна модель накопичення пошкоджень в елементах ракетного двигуна твердого палива зенітною керованою ракетою. Системи озброєння і військова техніка. – 2011. - №2(26). – С. 72 – 75.

4. Б.Н. Ланецький, Лукьянчук В.В., Артеменко А.А. Комплексное оценивание показателей безотказности и остаточной долговечности сложных технических систем, эксплуатируемых по техническому состоянию. Основные положения. Системи обробки інформації. – 2016. - №2(139). – С. 40 – 43.

5. Б.Н. Ланецкий, А.А. Артеменко. Обоснование выбора моментов проведения контроля предельного состояния РЭС ЗРК, эксплуатируемых по техническому состоянию Системи озброєння і військова техніка. — 2015. — № 2(42). – С. 119-121.

6. Гурба О., Шатров А., Шишанов М. Методологічні рекомендації щодо розподілу складових частин керованих авіаційних засобів ураження на групи зарівнями безпеки застосування та котролепригодності. Озброєння та військова техніка. – 2018. - №19. – К.: - С. 43-46.

7. Боряк К.Ф., Ленков С.В., Цицарев В.Н. Моделирование и оптимизация процесса восполнения ресурса сложных объектов радиоэлектронной техники // Журнал «Інформатика та математичні методи в моделюванні». – Одеса, 2013. –Т.4., №2. - С.126 – 136.

8. Толлок И.В. Определение системы технического обслуживания и ремонта автомобильной техники на предприятиях Министерства обороны Украины и ее критерии эффективности // Система управління, навігації та зв'язку. – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, 2008. – Вип.4(18). – С. 95 – 97.

9. Стрельников В.П. Новая технология исследования надежности машин и аппаратуры// Математические машины и системы, - К.: 2007. №3,4. С. 227 – 238.

10. Yu Zhou, Gang Kou, Hui Xiao, Yi Peng, FawazE.Alsaadi, “Sequential imperfect preventive maintenance model with failure intensity reduction with an application to urban buses”, Reliability Engineering & System Safety, Volume 198, June 2020, 106871. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.106871>.

11. Rui Zheng, BingkunChen, LiudongGu, “Condition-based maintenance with dynamic thresholds for a system using the proportional hazards model”, Reliability Engineering & System GenadiyZhyrov et al., International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9(4), July – August 2020, 5083 – 5088 5088 Safety, Volume 204, December 2020, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.107123>.

12. Ленков С.В., Толлок І.В., Ленков Є.С., Цицарев В.М. Програмне забезпечення моделювання процесів витрачання і поповнення ресурсу угруповань технічних об'єктів // Журнал «Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ. - Харків, – 2018. – Вип.3(32). – С. –120 -127. 16.

13. Ленков С.В., Толлок І.В., Ленков Є.С., Банзак Г.В., Жиров Г.Б., Цицарев В.М. Імітаційна статистична модель процесу технічного обслуговування і ремонту складної військової техніки. Частина 1. / Монографія на укр.м. – Одеса: Бондаренко М.О., 2019. – 132 с.

14. Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Толлок І.В. Удосконалення алгоритм оптимізації процесу планового ремонту складних технічних об'єктів // Журнал «Сучасна спеціальна техніка», м.Київ, 2018. – №2(53). – С.23 – 28.

REFERENCES:

1. Lenkov E.S. (2018). The option for calculating the indicators of the needlessness of the unbelievable complex object of technique, Collection of Scientific Papers of the Military Institute, Kyiv, No. 59, pp. 56 – 61.

2. Lyenkov S.V., Tolok I.V., Cicaryev V.M. and Lyenkov Ye.S. (2018). Modelyuvannya procesiv vitrachannya ta popovnennya resursu ugrupovannya tehnicnih ob'yektiv, Sistemi ozbroyennya i vijskova tehnik, Harkiv, no. 1(53), pp. 155 – 162.

3. Laneckij B.N., Frolov A.D. and Borisenko K.V. (2011). Imovirnisna model nakopichennya poshkodzen v elementah raketnogo dviguna tverdogo paliva zenitnoyu kervanoyu raketoyu. Sistemi ozbroyennya i vijskova tehnik, no.2(26), pp.72 – 75.

4. Laneckij B.N., Lukyanchuk V.V. and Artemenko A.A. (2016). Kompleksnoe ocenivanie pokazatelej bezotkaznosti i ostatochnoj dolgovechnosti slozhnyh tehniceskikh sistem, ekspluatiruemyh po tehniceskomu sostoyaniyu. Osnovnye polozheniya, Sistemi obrobki informaciyi, no. 2(139), pp. 40 – 43.
5. Laneckij B.N., Artemenko A.A. (2015). Obosnovanie vybora momentov provedeniya kontrolya predelnogo sostoyaniya RES ZRK, ekspluatiruemyh po tehniceskomu sostoyaniyu, Sistemi ozbroynennya i vijskova tehnika, no. 2(42), pp. 119-121.
6. Gurba O., Shatrov A. and Shishanov M. (2018). Metodologichni rekomendaciyi shodo rozpodilu skladovih chastin kerovanih aviacijnih zasobiv urazhennya na grupi za rivnyami bezpeki zastosuvannya ta kotroleprigodnosti, Ozbroynennya ta vijskova tehnika, Kyiv, no. 19, pp. 43-46.
7. Boryak K.F., Lenkov S.V. and Cycarev V.N. (2013). Modelirovanie i optimizaciya processa vospolneniya resursa slozhnyh obektov radioelektronnoj tehniki, Informatika ta matematichni metodi v modelyuvanni, Odesa, Vol.4., no. 2, pp.126-136.
8. Tolok I.V. (2008). Opredelenie sistemy tehniceskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilnoj tehniki na predpriyatiyah Ministerstva oborony Ukrainy i ee kriterii effektivnosti, Sistema upravlinnya, navigaciyi ta zvyazku, Kyiv, no. 4(18), pp. 95-97.
9. Strelnikov V.P. (2007). Novaya tehnologiya issledovaniya nadezhnosti mashin i apparatury, Matematicheskie mashiny i sistemy, Kyiv, no. 3,4, pp. 227-238.
10. Yu Zhou, Gang Kou, Hui Xiao, Yi Peng, FawazE.Alsaadi, “Sequential imperfect preventive maintenance model with failure intensity reduction with an application to urban buses”, Reliability Engineering & System Safety, Volume 198, June 2020, 106871. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106871>.
11. Rui Zheng, BingkunChen, LiudongGu, “Condition-based maintenance with dynamic thresholds for a system using the proportional hazards model”, Reliability Engineering & System GenadiyZhyrov et al., International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9(4), July – August 2020, 5083 – 5088 5088 Safety, Volume 204, December 2020, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107123>.
12. Lyenkov S.V., Tolok I.V., Lyenkov Ye.S. and Cicaryev V.M. (2018). Programne zabezpechennya modelyuvannya procesiv vitrachannya i popovnennya resursu ugrupuvan tehnicnih ob'ektiv, Nauka i tehnika Povitryanih Sil ZSU, Harkiv, no.3(32), pp. 120 -127.
13. Lyenkov S.V., Tolok I.V., Lyenkov Ye.S., Banzak G.V., Zhirov G.B. and Cicaryev V.M. (2019). Imitacijna statistichna model procesu tehnicnogo obslugovuvannya i remontu skladnoyi vijskovoyi tehniki, Vol. 1, Odesa: Bondarenko M.O., 132 p.
14. Zhirov G.B., Lyenkov Ye.S. and Tolok I.V. Udoskonalennya algoritmu optimizaciyi procesu planovogo remontu skladnih tehnicnih ob'ektiv, Suchasna specialna tehnika, Kiyiv, 2018, no. 2(53), pp. 23 – 28.

PhD Lenkov E.S.

FORECASTING THE COMPOSITION AND RESOURCE OF THE GROUP OF MILITARY EQUIPMENT OBJECTS AND ANALYSIS OF ITS OPTIONS

The paper forecasts the composition and resource of the grouping of military equipment (weapons) and analyzes its variants. Possible measures to replenish the composition and resources of the group may be the supply of new weapons to the group, as well as effective maintenance and repair. In order for the group to be able to perform all tasks in accordance with its purpose, it must meet the established requirements for quantitative and qualitative composition. The quantitative composition of the group is determined by the number of weapons of various types available at the moment and ready for immediate execution of tasks. The number of object types and their distribution by type must meet the specified requirements. To maintain the necessary efficiency of the group, it is necessary to replace new ones with new objects of appropriate types, or fundamentally new types, including foreign ones.

The last researches in the given subject area which are resulted in a large number of the scientific works solving a problem of forecasting of structure and a resource of grouping of objects of military equipment are analyzed. Analysis of its version of the complex in full does not actually exist. This necessitates the solution of scientific problems of forecasting the composition and resource of the grouping of military equipment and analysis of its options.

The mathematical model of the process of spending and replenishing the resource (PVPR) of the group was developed by the method of simulation modeling using a universal programming language of procedural type. This allows, on the one hand, to implement in the model all the essential subtleties of the modeling process and make the program compact, convenient for practical use.

Forecasting of the composition and resource of modern weapons and their groups has been carried out. The modes of normative planning of terms of repairs and write-off of objects modeled at the time of resource consumption are considered. Deliveries of new facilities are modeled at times when the residual number of operational facilities in the group falls below the allowable value. For new objects received in the group, PVPR is modeled in the usual way, just as for all other objects. Generation of options for armament grouping and normative planning have been developed. The name of the saved variant is automatically formed according to the following rule: name of grouping - name of type of objects - number of objects in grouping (in brackets) - ordinal number of variant. In the future, this name can be changed in a user-friendly way. You can re-simulate for each of the saved options.

Key words: forecasting of composition and resource of grouping, objects of military equipment, maintenance and repair, mathematical model, delivery of new objects, generation of variants of grouping.

