

УДК 355.623:519.87

DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2026.2\(50\).4-14](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2026.2(50).4-14)

**В. М. МОЖАРОВСЬКИЙ**, доктор військових наук  
професор  
<https://orcid.org/0000-0003-3542-5472>

**В. В. ЗУБАРЕВ**, доктор технічних наук, професор  
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>

**А. О. ВЕРЕТНОВ**, кандидат технічних наук  
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>

**Б. О. МЕЛЬНИК**, кандидат технічних наук  
старший дослідник  
<https://orcid.org/0000-0002-5635-0099>  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК

У статті розглянуто методологічні основи системного дослідження ефективності технічного забезпечення військ як складної організаційно-технічної системи військового призначення. Обґрунтовано, що технічне забезпечення військ функціонує в умовах динамічної зміни бойової обстановки, впливу зовнішнього середовища, невизначеності та ресурсних обмежень, що визначає необхідність застосування системного підходу до аналізу його структури, взаємозв'язків і процесів функціонування.

Показано, що використання системного підходу дозволяє формалізувати процеси функціонування системи технічного забезпечення військ, визначити взаємодію її елементів, сформувати ієрархію взаємопов'язаних систем та обґрунтувати основні напрями підвищення ефективності функціонування. Сформовано системний образ процесу технічного забезпечення через взаємопов'язані характеристики входу, структури, обмежень та виходу системи.

Запропонований підхід передбачає розгляд системи технічного забезпечення як адаптивної організаційно-технічної системи військового призначення, функціонування якої здійснюється в умовах стохастичності, нестаціонарності та динамічної зміни бойової обстановки. Визначено місце системи технічного забезпечення в загальній структурі організаційно-технічних систем військового призначення та встановлено ієрархічні взаємозв'язки між системами різних рівнів.

Обґрунтовано, що застосування системного підходу створює наукову основу для подальшого розвитку математичних та імітаційних моделей, систем підтримки прийняття рішень, цифрових двійників

(Digital Twin), технологій технічного обслуговування за технічним станом (CBM+), предиктивної аналітики та інтелектуальних систем управління технічним забезпеченням військ.

**Ключові слова:** відновлення, технічне забезпечення, ефективність, організаційно-технічна система, системний підхід, математичне моделювання, цифровізація, системи підтримки прийняття рішень, Digital Twin, CBM+, експлуатація озброєння та військової техніки.

### ВСТУП

Сучасний характер збройної боротьби, що визначається високою інтенсивністю бойових дій, широким застосуванням високотехнологічних засобів ураження та динамічністю зміни обстановки, обумовлює зростання ролі технічного забезпечення військ як одного з ключових факторів підтримання їх боєздатності. У цих умовах ефективність функціонування військових формувань значною мірою залежить від здатності системи технічного забезпечення своєчасно відновлювати озброєння та військову техніку, підтримувати їх у справному стані та забезпечувати безперервність виконання бойових завдань.

Довід ведення бойових дій на території України у 2022–2026 роках засвідчив критичну залежність ефективності бойового застосування військ від спроможностей систем технічного забезпечення щодо своєчасного відновлення зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), управління потоками пошкоджених зразків ОВТ, забезпечення запасними частинами та організації ремонтно-відновлювальних процесів в умовах високої інтенсивності бойових дій [1, 2].

Технічне забезпечення військ є складним багатокomпонентним процесом, що реалізується в умовах невизначеності, обмеженості ресурсів та впливу значної кількості внутрішніх і зовнішніх факторів. Воно включає взаємопов'язані процеси технічного обслуговування, ремонту, евакуації, технічної розвідки, матеріально-технічного забезпечення тощо, які функціонують у межах єдиної організаційно-технічної системи військового призначення.

Особливістю функціонування системи технічного забезпечення є її тісний взаємозв'язок із процесами бойового застосування військ, що зумовлює необхідність розгляду її не ізольовано, а як складової частини ієрархічної системи вищого рівня. Такий підхід дозволяє враховувати вплив надсистеми на формування вимог до ефективності функціонування підсистем, а також забезпечує узгодженість цілей та критеріїв оцінювання.

У зв'язку з цим актуальним є застосування системного підходу до аналізу технічного забезпечення військ, який дозволяє формалізувати структуру та процеси функціонування системи, визначити взаємозв'язки між її елементами та обґрунтувати шляхи підвищення ефективності. Використання системного підходу створює можливість переходу від описового аналізу до формалізованого моделювання, що є необхідною умовою прийняття обґрунтованих управлінських рішень у військовій сфері [3–4].

У сучасних умовах розвитку цифрових технологій, систем підтримки прийняття рішень, концепцій Digital Twin, СВМ+, предиктивної аналітики та штучного інтелекту [6–10] особливої актуальності набуває формалізація структури та процесів функціонування систем технічного забезпечення військ як складних організаційно-технічних систем військового призначення.

Побудова таких цифрових та інтелектуальних систем неможлива без створення відповідної системно-методологічної основи, формалізації взаємозв'язків між елементами системи, визначення характеристик входу, структури, обмежень та критеріїв ефективності функціонування.

Метою статті є формування методологічних основ системного дослідження ефективності технічного забезпечення військ як складної організаційно-технічної системи військового призначення шляхом формалізації її структури, взаємозв'язків, характеристик функціонування та визначення наукової основи подальшого математичного, імітаційного та цифрового моделювання процесів технічного забезпечення військ.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Технічне забезпечення Сухопутних військ є однією з визначальних складових системи забезпечення бойових дій, яка здійснює суттєвий і багатовимірний вплив на їх хід та кінцеві результати. Воно охоплює комплекс взаємопов'язаних заходів, спрямованих на підтримання, відновлення та нарощування боєздатності зразків озброєння і військової техніки, включаючи технічне обслуговування, ремонт, евакуацію пошкоджених зразків, постачання запасних частин, агрегатів і матеріальних ресурсів, а також технічну розвідку та оцінку технічного стану [11–15].

У сучасних умовах технічне забезпечення військ являє собою складний процес, що складається з декількох підпроцесів, які реалізуються на всіх рівнях структури військ спеціальними силами і засобами, що функціонують на основі визначених вимог, норм і настанов. Складність технічного забезпечення визначається тим, що цей процес, як і бойове застосування військ, протікає в різних динамічних «ситуаціях». Ці «ситуації» визначаються видом бойових дій, характеристиками театру воєнних дій, можливостями своїх військ і противника, умовами навколишнього середовища. Вони можуть змінюватися у ході бойових дій. У результаті виникають стохастичність і нестационарність розглянутих процесів, що в кінцевому підсумку визначає їх складність на відміну від стаціонарних, детермінованих (простих) процесів. Бойові дії на території України підтвердили, що ефективне функціонування систем технічного забезпечення потребує забезпечення їх адаптивності, стійкості та здатності до оперативного реагування на швидкоплинні зміни бойової обстановки, масоване застосування безпілотних систем та високоточних засобів ураження.

Проведений аналіз ведення бойових дій на території України підтвердив, що традиційні підходи до організації технічного забезпечення не завжди забезпечують необхідний рівень оперативності, адаптивності та

стійкості функціонування систем відновлення зразків ОВТ [1, 2] в умовах високої інтенсивності бойових дій, масованого застосування безпілотних авіаційних комплексів, високоточної зброї та постійного маневру військ. У зв'язку з цим виникає необхідність переходу до більш гнучких, адаптивних та інформаційно-інтегрованих систем технічного забезпечення, функціонування яких повинно базуватись на сучасних методах системного аналізу, математичного моделювання та цифровізації процесів управління.

Відмінною особливістю технічного забезпечення військ, як і будь-якого виду бойової діяльності, є те, що цей процес реалізується в повному обсязі лише в періоди бойових дій військ, що породжує труднощі у формуванні та розробленні шляхів підвищення ефективності (якості) цього процесу.

Для аналізу системи технічного забезпечення доцільно застосувати сучасну загальнонаукову методологію – аналіз і синтез великих систем. Питанням аналізу і синтезу великих систем або системного підходу присвячено значну кількість робіт. Найбільш відомими з них є роботи [3–5, 13–17]. Сутність і основні положення такого підходу в дослідженнях полягають в наступному.

Системна методологія виникла як інструмент логічного аналізу діяльності складних соціальних, військових або виробничих організацій, формальний (математичний) опис яких є достатньо складним і при спрощенні не дає бажаних результатів.

У сучасних умовах системна методологія набуває нового значення як наукова основа цифрової трансформації військових систем, створення інтегрованих інформаційно-аналітичних середовищ, систем підтримки прийняття рішень та цифрових платформ управління життєвим циклом озброєння і військової техніки.

Метою такого аналізу є вибір управлінських рішень керівництва для управління організаціями – організаційно-технічними системами або прийняття найбільш доцільних рішень під час їх проектування (модернізації).

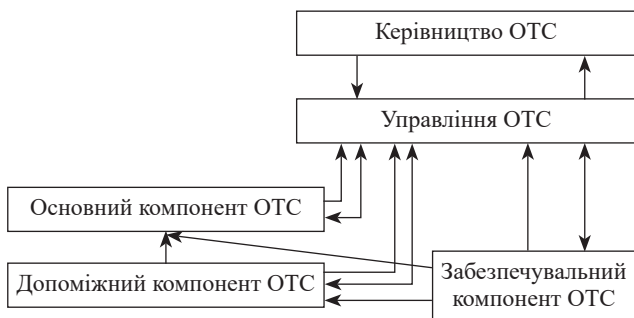
Під системою розуміється організована сукупність компонентів (технічні вироби, персонал і витратні матеріали), призначених для виконання визначеної мети (цілей). Вона функціонує в заданих умовах на основі встановлених принципів і правил.

Досліджувана система розглядається не ізольовано, а як складова частина (компонент) системи вищого рівня. Тим самим для кожної досліджуваної системи вводиться поняття надсистеми (системи вищого рівня). Вона функціонує у визначених умовах і на основі встановлених принципів та правил. Як складову частину (компонент) системи вищого рівня, досліджувану систему доцільно розглядати в ієрархії систем.

Залежно від призначення системна методологія класифікує компоненти систем (системи) на основні, допоміжні, забезпечувальні та керуючі. Типові компоненти притаманні всім системам такого роду. У сучасних умовах такі компоненти повинні розглядатися як адаптивні та інформаційно-інтегровані елементи організаційно-технічної системи, здатні функціонувати в умовах динамічної зміни обстановки, дефіциту ресурсів та високого рівня невизначеності. Кожний із них реалізує

основний, допоміжний, забезпечувальний або управлінський процес у ході функціонування системи. При цьому, при розгляді складних багатофункціональних систем (організаційно-технічної системи) призначення компонента може змінюватися залежно від функції, що виконується системою в даній ситуації.

Як приклад можна навести структуру машинобудівного підприємства [18], де є основні цехи, що виконують процес складання машин; допоміжні цехи, які виготовляють деталі для складання; служби головного механіка, що забезпечують основний і допоміжний процеси; а також ряд відділів, що здійснюють управління виробничим процесом підприємства. Загальні цілі діяльності підприємства і політика їх досягнення виробляються керівництвом. Структура такої типової системи (організаційно-технічної) представлена на рис. 1.



Р и с . 1. Структура типової системи

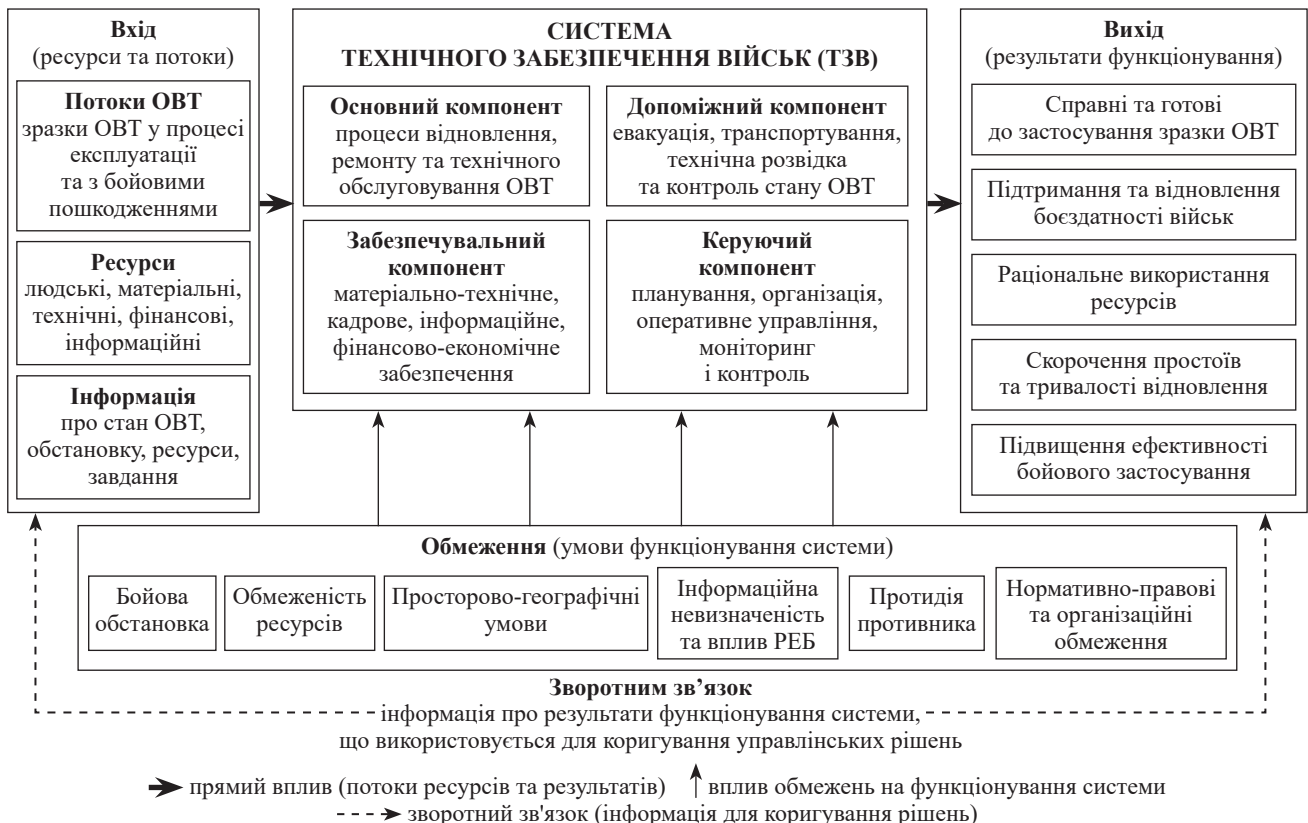
Аналогічну структуру мають організації військового призначення. Наприклад, у механізованій бригаді основним компонентом є механізовані батальйони, які

безпосередньо виконують бойові завдання. Допоміжним компонентом виступають танковий батальйон, артилерійські підрозділи, підрозділи протиповітряної оборони, розвідки та інженерного забезпечення, що забезпечують підвищення бойових можливостей основних сил. Забезпечувальним компонентом є підрозділи матеріально-технічного забезпечення, ремонтно-відновлювальні підрозділи, підрозділи тилового забезпечення, медичні та транспортні підрозділи, які підтримують функціонування бригади на необхідному рівні боєздатності. Усі ці компоненти інтегруються та координуються органами управління і командування бригади на чолі з командиром бригади.

Аналогічну, чітко виражену структуру мають армійські корпуси і окремі полки. З деякими припущеннями з цих позицій можна розглядати військові системи більш низького рівня.

У системах вищого рівня формуються вимоги до функціонування систем нижчого рівня. Різниця між необхідними і фактичними значеннями показників виконуваною системою процесу породжує проблему. Ця проблема формулюється як необхідність підвищення ефективності або якості функціонування системи.

Виявлення проблеми і пошук переважного її вирішення здійснюються шляхом відбору і систематизації всіх факторів, що впливають на функціонування системи, аналізу їх взаємозв'язків і оцінювання впливу на показники процесу. Для цього розробляється так званий системний образ досліджуваного процесу (рис. 2). Кожний процес, що протікає в системі, може бути представлений у вигляді функціональної моделі типу «чорної скриньки», яка характеризується наявністю входу,



Р и с . 2. Системний образ процесу функціонування системи ТхЗ

виходу, внутрішньої структури та системи обмежень функціонування. Такий підхід дозволяє формалізувати процеси функціонування організаційно-технічних систем військового призначення та створює основу для подальшого математичного, імітаційного й цифрового моделювання систем технічного забезпечення військ.

Характеристиками входу в загальному випадку є кількість, якість і вартість потоків об'єктів, ресурсів та інформації, що надходять до системи; характеристиками структури – кількість, якість і вартість елементів системи, які забезпечують реалізацію її функцій; характеристиками обмежень – режими функціонування системи більш високого рівня, умови навколишнього середовища, а також принципи і правила функціонування досліджуваної системи. Показниками виходу є кількість, якість і вартість результатів функціонування системи, а також різні похідні від цих показників (відносні, середні та питомі показники).

Якщо показники виходу не задовольняють необхідним значенням (рис. 2), виникає необхідність підвищення ефективності процесу. Вона може бути вирішена зміною характеристик входу, структури і обмежень досліджуваної системи, у тому числі характеристик її підсистем. Вибір рішень знаходиться у сфері характеристик, що піддаються цілеспрямованій зміні, тобто є керованими.

Вибір переважного (оптимального) рішення ґрунтується на експертних оцінках фахівців, на аналізі даних функціонування систем-аналогів, на пасивному або активному (цілеспрямований вибір експериментальних точок) спостереженні за функціонуванням досліджуваної системи, на фізичному або математичному моделюванні її функціонування. У сучасних умовах такі підходи все більше доповнюються цифровими технологіями під-

тримки прийняття рішень, методами математичного та імітаційного моделювання, засобами предиктивної аналітики та елементами штучного інтелекту [6–10].

В умовах обмеження ресурсів оптимальне рішення слід шукати у координатах «ефективність – вартість». На рис. 3 подано кілька можливих шляхів переходу системи з рівня ефективності  $E_0$  на заданий рівень  $E_{п}$ . Оптимальним є шлях  $A_1$ , що дозволяє досягти необхідного рівня з мінімальними витратами.

Системна методологія як світогляд дослідника дозволяє вивчати процеси і явища в їх діалектичній єдності. Не втрачаючи цілісності процесу, ця методологія дозволяє типізувати структури, їх елементи, характеристики процесу і вимоги до нього. Завдяки цьому виникає можливість застосовувати типові методи аналізу до різноманітних за природою систем і типові правила вибору переважних (оптимальних) рішень, розглядати в єдності ряд ієрархічних процесів і систем.

Універсальність системної методології дозволяє застосовувати її при вирішенні військово-технічних проблем, зокрема проблеми підвищення ефективності технічного забезпечення військ на різних рівнях (тактичних, оперативних, стратегічних), які в подальшому будемо називати організаційно-технічними системами військового призначення (далі – ОТС ВП).

Системний образ функціонування ОТС ВП представлений на рис. 4. Розглядається бойова ситуація – наступ.

Характеристиками входу є параметри і ознаки району ведення бойових дій і насамперед кількісні та якісні характеристики об'єктів противника, їх розподіл у часі та просторі. Ці об'єкти (цілі) розподіляються між основними і допоміжними компонентами системи при їх одночасному (паралельному) функціонуванні. Якщо ж бойове забезпечення є попереднім етапом функціону-

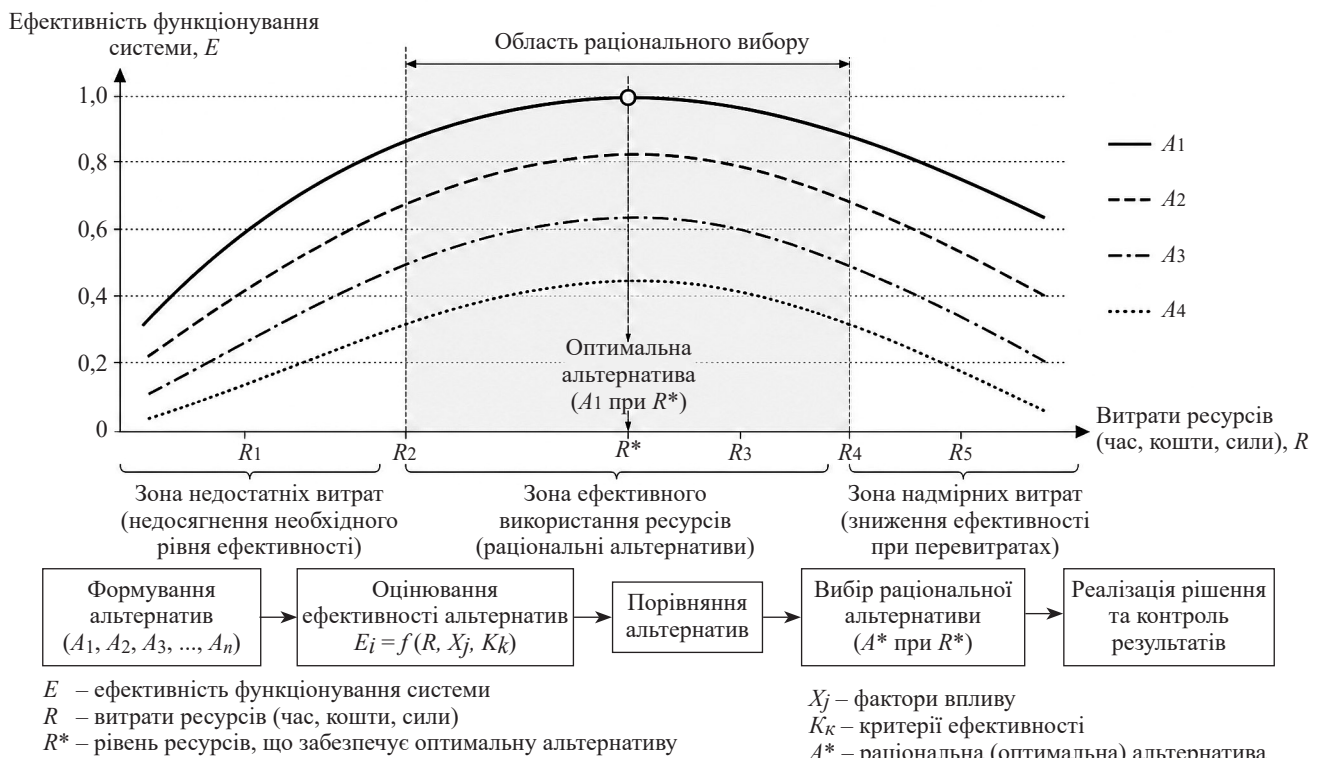
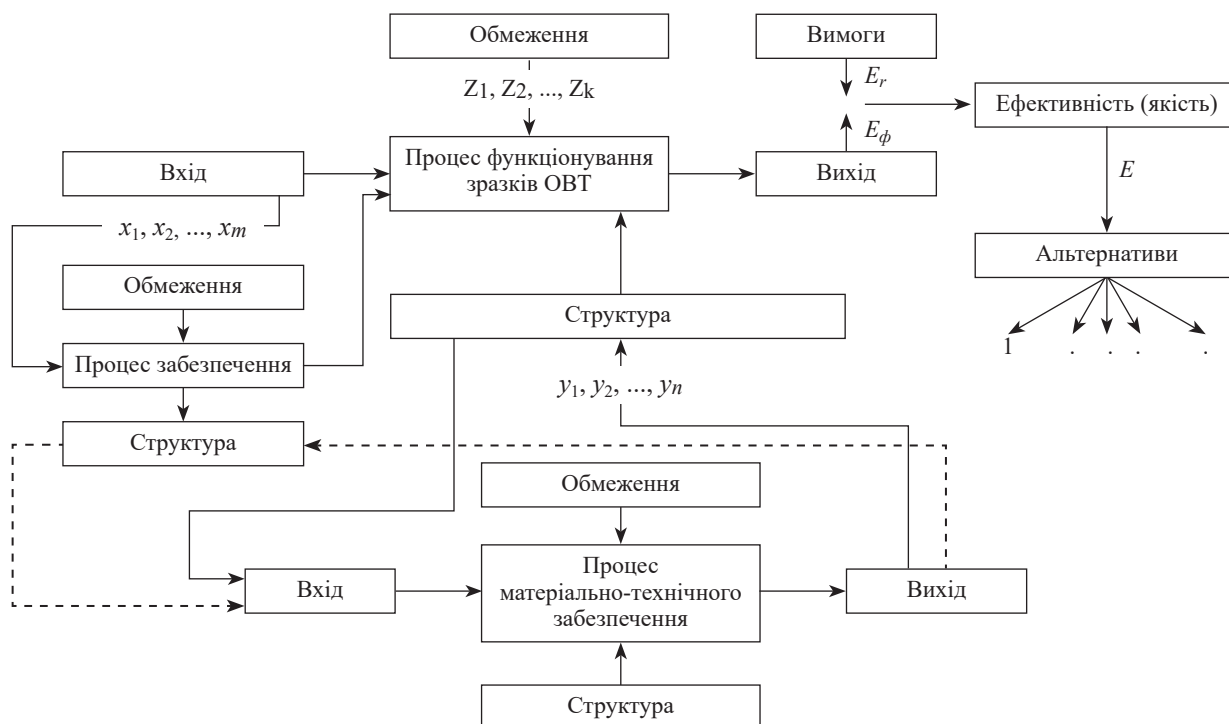


Рис. 3. Графічне представлення вибору переважної альтернативи досягнення заданої ефективності



Р и с . 4. Системний образ функціонування ОТС ВП

вання бойових зразків ОБТ, то характеристики входу «надходять» на вхід допоміжного процесу, «переробляються» там, після чого стають входом основного процесу.

Характеристиками структури бойових зразків ОБТ є їх кількість і якісні характеристики, у тому числі особовий склад і його бойові, моральні, психофізіологічні якості тощо.

Характеристиками обмежень основного процесу є принципи функціонування бойових зразків ОБТ (способи застосування), умови навколишнього середовища. Аналогічними за змістом є характеристики структури засобів бойового забезпечення і обмеження їх функціонування.

Показниками виходу основного процесу є кількість захопленого простору, час оволодіння ним, а також якісні характеристики – збиток, завданий противнику, і власні втрати. Показниками виходу допоміжного процесу є збиток, завданий противнику, і власні втрати. Тоді показниками функціонування досліджуваної системи будуть: кількість захопленого простору, час оволодіння ним, сумарні втрати противника і власних військ.

Співвідношення фактичного і потрібного ефекту визначає ефективність функціонування системи, тобто ступінь вирішення поставленого завдання у кількісному сенсі [19–21]. У ряді ситуацій може бути поставлене якісне завдання – «знищити противника». У цьому випадку завданий противнику збиток порівнюється з потрібним, у результаті чого оцінюється ступінь виконання поставленого завдання. При цьому в сучасних умовах ефективність систем технічного забезпечення повинна оцінюватися не лише за кількісними показниками результативності, а і за показниками адаптивності, стійкості функціонування, оперативності реагування та здатності системи забезпечувати підтримання технічної

готовності зразків ОБТ в умовах динамічної зміни бойової обстановки.

У загальному випадку можливі три шляхи підвищення ефективності функціонування системи:

- 1) покращення характеристик входу;
- 2) удосконалення структури;
- 3) нормалізація обмежень (маються на увазі керовані характеристики).

Ці шляхи доцільно розглядати стосовно окремих процесів.

Для основного процесу – функціонування бойових зразків ОБТ – ними є «покращення» характеристик захопленого простору, удосконалення принципів і способів застосування бойових зразків ОБТ, збільшення їх кількості або підвищення якості.

Перший шлях належить до сфери ефективності допоміжного процесу – забезпечення функціонування бойових зразків ОБТ.

Другий шлях – це стратегія і тактика бойового застосування військ.

А одним із напрямів реалізації третього шляху є удосконалення забезпечувального процесу.

Звернемося тепер до опису цього процесу. Його доцільно поділити на процеси технічного забезпечення і процеси тилового забезпечення.

Детально будемо аналізувати технічне забезпечення військ, основна мета якого полягає у підтриманні бойового потенціалу військ шляхом забезпечення наявності в строю справного озброєння і техніки, у даному випадку – бойових зразків ОБТ та інших зразків, що виконують допоміжні функції.

При цьому система технічного забезпечення повинна розглядатися не лише як елемент забезпечення бойових дій, а і як складова системи управління життєвим циклом озброєння та військової техніки, що охоплює про-

цеси експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, відновлення, модернізації та підтримання технічної готовності ОВТ протягом усього періоду функціонування [2–5].

Систему, в якій реалізується цей процес, також можна подати як таку, що складається з трьох типових компонентів. Основним компонентом є технічне обслуговування та ремонт зразків ОВТ. Допоміжний компонент забезпечує проведення технічної розвідки, евакуації зразків ОВТ, а також їх забезпечення військово-технічним майном і запасними частинами.

Отже, система технічного забезпечення військ описується тим самим системним способом, що і система вищого порядку, яку ми умовно назвали організаційно-технічною системою (рис. 4). У свою чергу кожен компонент такої системи може бути аналогічним чином деталізований до системи нижчого порядку.

Розглянемо характеристики технічного забезпечення військ.

Згідно з рис. 4, входом процесу (системи) є потік зразків ОВТ з основного та допоміжного компонентів ОТС ВП. Характеристиками входу є кількісні і якісні характеристики зразків ОВТ, що потребують технічного забезпечення, а також їх розподіл у часі і просторі.

Кількість зразків ОВТ, що переходять у систему технічного забезпечення, буде залежати від їх захищеності, довговічності, безвідмовності та інших властивостей. Якісними характеристиками зразків ОВТ, що надходять у систему, будуть евакопридатність, ремонтпридатність (відновлюваність), місцезнаходжуваність (властивість, що реалізується під час проведення технічної розвідки), транспортабельність.

Характеристиками забезпечувальної структури будуть кількісні і якісні характеристики технічних засобів та кількісні і якісні характеристики особового складу.

Наприклад, збільшення кількості евакуаційних засобів у складі ремонтно-відновлювального підрозділу дозволяє скоротити середній час евакуації пошкоджених зразків ОВТ із районів ведення бойових дій, що безпосередньо впливає на зменшення часу відновлення та підвищення коефіцієнта технічної готовності військової техніки.

Характеристиками обмежень є перелічені обмеження застосування ОТС ВП, а також принципи і способи технічного забезпечення військ.

Показниками виходу процесу будуть кількість повернутих до бойових порядків зразків ОВТ, тривалість, трудомісткість і вартість їх технічного забезпечення (якісні показники) та їх різні похідні. Як показано на рис. 4, потік обслуговуваних зразків ОВТ надходить до основної та допоміжної структур ОТС ВП.

Зазвичай задаються вимоги до ефективності технічного забезпечення зразків ОВТ. Якщо фактична ефективність нижча за необхідну, то виникає проблема. Як і для системи вищого рівня, тут існують три основні шляхи її вирішення:

- 1) поліпшення характеристик зразка ОВТ (характеристик входу);
- 2) удосконалення забезпечувальної структури (технічних засобів, особового складу та їх організації);

3) зміна обмежень, зокрема принципів і способів технічного забезпечення зразків ОВТ. Кожен із цих шляхів складається з ряду часткових рішень.

Таким чином, ми отримуємо ієрархію взаємопов'язаних систем і відповідно ієрархію проблем ефективності їх функціонування. Формування такої ієрархії взаємопов'язаних систем створює можливість побудови багаторівневих моделей управління технічним забезпеченням військ, у тому числі із застосуванням сучасних інформаційно-аналітичних систем та технологій підтримки прийняття рішень. На будь-якому рівні проблема ефективності має три напрями розв'язання, кожен з яких складається з ряду шляхів (підпроблем). Одним із таких шляхів є проблема ефективності функціонування нижчої системи.

На рис. 5 наведено ієрархію проблем ефективності функціонування ОТС як типової військової системи. Детально розкрито гілку проблем технічного забезпечення. Відповідно до рисунку, проблема ефективності технічного забезпечення є проблемою другого рівня відносно проблеми ефективності бойового застосування ОТС ВП. Вона входить до переліку питань, розроблення яких повинно забезпечити необхідні для розв'язання вищої проблеми кількісні та якісні характеристики зразків озброєння і техніки ОТС ВП. Інакше кажучи, ефективність технічного забезпечення є проблемою одного рівня з проблемами бойових властивостей зразків ОВТ, тобто ці проблеми мають однакове значення і є проблемами другого рівня.

У свою чергу ефективність технічного забезпечення визначається також трьома напрямками, кожен з яких поділяється на окремі шляхи. Наприклад, проблема кількості та якості зразків ОВТ, що потребують технічного забезпечення, визначається їх експлуатаційно-ремонтними характеристиками, а одним із шляхів удосконалення структури системи технічного забезпечення є підвищення ефективності, наприклад, системи постачання майном і запасними частинами. У цьому випадку це проблеми третього рівня.

Різноманіття шляхів вирішення основної проблеми в умовах обмеженості ресурсів потребує обґрунтованого вибору переважної альтернативи. Звичайно, це завдання можна виконати неформальним шляхом на основі логічного аналізу дерева проблем і визначення значущості кожної з них групою експертів. Однак поряд із таким підходом доцільно забезпечувати більш об'єктивне вирішення проблеми на основі математичного опису функціонування системи.

Використовуючи системний образ, представлений на рис. 4, покажемо аналітичний опис процесу функціонування системи (компонента системи).

Характеристики входу подамо у вигляді множини  $X$ , так що  $x_i \in X$ ; характеристики структури – у вигляді множини  $Y$  ( $y_j \in Y$ ) та характеристики обмежень – у вигляді множини  $Z$  ( $z_k \in Z$ ). Тоді фактичний ефект функціонування визначатиметься

$$E\phi = f(X, Y, Z). \quad (1)$$

Для систем технічного забезпечення військ множина  $X$  може включати інтенсивність надходження пошкодже-



них зразків ОВТ, ступінь їх пошкодження, просторово-часовий розподіл потоку заявок на відновлення, множина  $Y$  – характеристики ремонтно-відновлювальних органів, евакуаційних засобів, запасів військово-технічного майна, чисельності та кваліфікації персоналу, а множина  $Z$  – часові, ресурсні, бойові, логістичні, природно-кліматичні обмеження функціонування системи тощо.

Вимоги задаються із вищої системи у вигляді заданого ефекту  $E_T$  (потрібного результату). Тоді ефективність функціонування системи  $E$  виражається як

$$E = \frac{E_\phi}{E_T}. \quad (2)$$

Зазначимо, що в загальному вигляді математичні моделі (1) і (2) є справедливими для оцінювання ефективності систем на будь-якому рівні. Зазначимо також, що ефективність системи нижчого  $(n + 1)$  порядку є аргументом у моделі вищої системи  $n$ -го порядку, тобто

$$E_{n+1} = y_n, \quad (3)$$

де  $E_{n+1}$  – ефективність системи  $(n + 1)$ -го порядку,  $y_n$  – аргумент моделі системи  $n$ -го порядку.

Системи бувають мультиплікативними, адитивними, змішаними.

Мультиплікативні системи складаються з ряду послідовно функціонуючих компонентів, наприклад, основного і допоміжного у розглянутих нами військових системах. Ефективність такої системи визначається як добуток ефективностей її компонентів

$$E_A = \prod_{i=1}^n E_i. \quad (4)$$

Адитивні системи складаються з паралельно функціонуючих компонентів. Ефективність такої системи є сумою ефективностей її окремих компонентів

$$E_A = \sum_{i=1}^n E_i. \quad (5)$$

Усі військові системи, у тому числі система технічного забезпечення, є змішаними. Їх ефективність визначається комбінацією виразів (4) і (5). Отже, системний підхід до аналізу систем дозволяє типізувати військові системи на будь-якому рівні та встановити їх взаємозв'язки. Завдяки цьому виникає можливість скласти «дерево» цілей або проблем для кожної системи. Це показано на прикладі системи технічного забезпечення.

Вибір оптимального (переважного) шляху підвищення ефективності системи базується на розробленні та аналізі її математичної моделі. У математичній моделі повинні бути враховані характеристики входу, структури та обмежень функціонування системи. Формалізація процесів функціонування систем технічного забезпечення створює передумови для подальшого створення систем підтримки прийняття рішень, цифрових двійників організаційно-технічних систем військового призначення та інтелектуальних систем прогнозування технічного стану зразків ОВТ.

Наукова новизна статті полягає у формуванні системно-методологічного представлення технічного забезпечення військ як багаторівневої організаційно-

технічної системи, формалізації взаємозв'язків між характеристиками входу, структури та обмежень функціонування системи, а також створенні концептуальної основи подальшого математичного моделювання, цифровізації та інтелектуалізації систем технічного забезпечення військ.

Практичне значення запропонованого підходу полягає у можливості його використання під час розроблення методів оцінювання ефективності технічного забезпечення військ, формування перспективних структур ремонтно-відновлювальних органів, побудови систем підтримки прийняття рішень, а також під час створення цифрових моделей організаційно-технічних систем військового призначення.

## ВИСНОВКИ

У статті обґрунтовано доцільність розгляду технічного забезпечення військ як складової організаційно-технічної системи військового призначення, функціонування якої здійснюється в ієрархії взаємопов'язаних систем різних рівнів. Показано, що застосування системного підходу дозволяє формалізувати процес технічного забезпечення у вигляді системного образу «вхід–структура–обмеження–вихід», що створює методологічну основу для комплексного аналізу факторів, які визначають ефективність функціонування системи в умовах стохастичності та нестационарності.

Встановлено, що підвищення ефективності технічного забезпечення досягається шляхом впливу на характеристики об'єктів, що надходять у систему, параметри її забезпечувальної структури та умов функціонування. Обґрунтовано, що вибір раціональних рішень має базуватися на використанні математичних моделей, які враховують зазначені фактори, що створює передумови для подальшого розвитку методів оцінювання ефективності та оптимізації систем технічного забезпечення військ.

Запропонований підхід створює наукову основу для подальшого розвитку математичних моделей функціонування систем технічного забезпечення військ, побудови імітаційних моделей, інтеграції технологій цифрових двійників, систем підтримки прийняття рішень, технологій СВМ+ та засобів штучного інтелекту для прогнозування технічного стану зразків ОВТ.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Інформаційний бюлетень з питань вивчення досвіду застосування сил логістики. Командування Сил логістики ЗС України. 2024. Київ. 101 с.
2. Проміжний звіт про НДР, шифр «Моніторинг-СВ» / Ларін О.Ю., Почечун О.О., Веретнов А.О. та ін. Київ: ЦНДІ ОВТ ЗС України. 2025.
3. Ковтуненко А. П., Шишанов М. О., Зубарев В. В. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем: монография. Київ: НАУ. 2007. 296 с.
4. Ковтуненко А. П. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т. 3. Синтез систем технического обеспечения эксплуатации и ремонта вооружения и военной техники / под ред. А. П. Ковтуненко. Киев: ЦНДІ ОВТ ЗС України. 2012. 424 с.

5. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т. 12. Научные основы системного подхода при решении задач восстановления вооружения и военной техники / Чепков И. Б., Лапицкий С.В., Шишанов М.А., Веретнов А.А. та ін.; под ред. И. Б. Чепкова. Київ: ЦНДІ ОБТ ЗС України. 2022. 303 с.
6. NATO. NATO Logistics Handbook. Brussels: NATO Headquarters. 2012. 427 p.
7. Department of Defense. Condition Based Maintenance Plus (CBM+) Guidebook. Washington: U.S. Department of Defense. 2021. 214 p.
8. Grieves, M. & Vickers, J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. Springer. 2017. Pp. 85—113.
9. Department of the Army. Army Sustainment. Predictive Maintenance and Logistics Support in Multi-Domain Operations. *Army Sustainment Magazine*. 2023. Vol. 55(2). Pp. 14—21.
10. RAND Corporation. Logistics and Sustainment for Future Military Operations. Santa Monica: RAND. 2021. 186 p.
11. Дачковський В.О., Овчаренко І.В. Застосування підрозділів та військових частин технічного забезпечення. Ч. 2. Київ: НУОУ. 2018. 80 с.
12. Дачковський В.О., Овчаренко І.В. Оперативні розрахунки завдань технічного забезпечення (методика та приклади). Київ: НУОУ. 2018. 115 с.
13. Розвиток теорії матеріально-технічного забезпечення військ: монографія / Романченко І.С., Шуєнкін В.О., Трегубенко С.С., Марко І.Ю. та ін. Львів: НАСВ. 2019. 650 с.
14. Розвиток теорії відверненого збитку: монографія / В.М. Можаровский, С.В. Годзь, В.О. Шуєнкін, В.М. Власюк та ін.; під ред. В. О. Шуєнкіна. Київ: ЦНДІ ЗСУ. 2026. 300 с.
15. Романченко І.С., Шуєнкін В.А., Марко І.Ю. Теоретичні основи аналізу, моделювання та синтезу системи матеріально-технічного забезпечення як просторово-розподіленої системи. Київ: ЦНДІ ЗС України. 2013. 221 с.
16. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука. 1978. 400 с.
17. Квейд Е. Анализ складных систем. Переклад з англ. М.: Советское радио. 1969. 517 с.
18. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: СПб. ун-т. 2007. 276 с.
19. Барабаш Ю.Л. Основы теорії оцінювання ефективності складних систем. Київ: НУОУ. 1999. 40 с.
20. Коцюруба В.І. Методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2020. № 1(37). С. 5—14.
21. Чобиток В.А. Оценка боевой эффективности и технического совершенства вооружения и военной техники: учеб. пособие. Киев: Киевское высшее танковое училище им. И.И. Якубовского. 1984. 320 с.
22. Employment during the Kursk Operation. Command of the Logistics Forces of the Armed Forces of Ukraine]. К. 2024. 101 p.
23. O.Yu. Larin, O.O. Pochechun, A.O. Veretnov et al. “Promizhnyi zvit pro NDR, shyfr «Monitoring-SV»” [Interim Research Report, code name «Monitoring-SV»] / K.: Central Scientific Research Inst. of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine. 2025.
24. Kovtunenکو, A.P., Shyshanov, M.O. & Zubarev, V.V. (2007). “Osnovy teorii vosstanovleniia ekspluatatsionnykh svoistv tekhnicheskikh system: monographiia” [Fundamentals of the Theory of Restoration of Operational Properties of Technical Systems: Monograph]. K.: Nat. Aviation Univ. 296 p.
25. Kovtunenکو, A.P. (2012). “Osnovy voenno-tekhnicheskikh issledovaniia. Teoriia i prilozheniia. T. 3. Syntez system tekhnicheskogo obespecheniia ekspliatatsii i remonta vooruzheniia i voennoi tekhniki” [Fundamentals of Military-Technical Research. Theory and Applications. Vol. 3. Synthesis of Technical Support Systems for the Operation and Repair of Weapons and Military Equipment], ed. by A.P. Kovtunenکو. K.: Central Scientific Research Inst. of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine. 424 p.
26. Chepkov, I.B., Lapytskyi, S.V., Shyshanov, M.A., Veretnov, A.A. et al. (2022). “Osnovy voenno-tekhnicheskikh issledovaniia. Teoriia i prilozheniia. T. 12. Nauchnye osnovy systemnogo podkhoda pri reshenii zadach vosstanovleniia vooruzheniia i voennoi tekhniki” [Fundamentals of Military-Technical Research. Theory and Applications. Vol. 12. Scientific Foundations of the Systems Approach in Solving Problems of Restoration of Weapons and Military Equipment], ed. by I.B. Chepkov. K.: Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine. 303 p.
27. NATO. NATO Logistics Handbook. Brussels: NATO Headquarters. 2012. 427 p.
28. Department of Defense. Condition Based Maintenance Plus (CBM+) Guidebook. Washington: U.S. Department of Defense. 2021. 214 p.
29. Grieves, M. & Vickers, J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. Springer. 2017. Pp. 85—113.
30. Department of the Army. Army Sustainment. Predictive Maintenance and Logistics Support in Multi-Domain Operations. *Army Sustainment Magazine*. 2023. Vol. 55(2). Pp. 14—21.
31. RAND Corporation. Logistics and Sustainment for Future Military Operations. Santa Monica: RAND. 2021. 186 p.
32. Dachkovskiy, V.O. & Ovcharenko, I.V. (2018). “Zastosuvannia pidrozdiliv ta viiskovykh chastyn tekhnichnogo zabezpechennia. Ch. 2” [Employment of Technical Support Subunits and Military Units. P. 2]. K.: Nat. Defence Univ. of Ukraine. 80 p.
33. Dachkovskiy, V.O. & Ovcharenko, I.V. (2018). “Operativni rozrakhunky zavdan tekhnichnogo zabezpechennia (metodyka ta pryklady)” [Operational Calculations of Technical Support Tasks (Methodology and Examples)]. K.: Nat. Defence Univ. of Ukraine. 115 p.

#### REFERENCES

1. “Informatsiinyi biuleten z pytan vyvchennia dosvidu zastosuvannia syl logistyky. Komanduvannia Syl logistyky ZS Ukrainy pid chas Kurskoi Operatsii” [Information Bulletin on the Study of the Experience of Logistics Forces

13. Romanchenko, I.S., Shuienkin, V.O., Trehubenko, S.S., Marko, I.Yu. et al. (2019). "Rozvytok teorii materialno-tekhnichnogo zabezpechennia viisk: monographiia" [Development of the Theory of Logistics Support of Troops: Monograph]. Lviv: Hetman Petro Sahaidachnyi Nat. Army Acad. 650 p.
14. Mozharovskyi, V.M., Hodz, S.V., Shuienkin, V.O., Vla-siuk, V.M. et al. (2026). "Rozvytok teorii vidvernenogo zbytku: monographiia" [Development of the Theory of Prevented Damage: Monograph], ed. by V.O. Shuienkin. Central Research Inst. of the Armed Forces of Ukraine. K. 300 p.
15. Romanchenko, I.S., Shuienkin, V.A. & Marko, I.Yu. (2013). "Teoretychni osnovy analizu, modeliuvannia ta syntezu systemy materialno-tekhnichnogo zabezpechennia yak prostoro-vo-rozpodilenoї systemy" [Theoretical Foundations of Analysis, Modeling and Synthesis of the Logistics Support System as a Spatially Distributed System]. K.: Central Research Inst. of the Armed Forces of Ukraine. 221 p.
16. Buslenko, N.P. (1978). "Modelirovanie slozhnykh system" [Modeling of Complex Systems]. M.: Nauka. 400 p.
17. Quade, E. (1969). "Analiz skladnykh system. Pereklad z angl." [Analysis for Complex Systems. Translated from English]. M.: Sovetskoe Radio. 517 p.
18. Riabinin, I.A. (2007). "Nadezhnost i bezopasnost strukturno-slozhnykh system" [Reliability and Safety of Structurally Complex Systems]. SPb: SPb Univ. Press. 276 p.
19. Barabash, Yu.L. (1999). "Osnovy teorii otsiniuvannia efektyvnosti skladnykh system" [Fundamentals of the Theory of Evaluating the Effectiveness of Complex Systems]. K.: Nat. Defence Univ. of Ukraine. 40 p.
20. Kotsiuruba, V.I. (2020). "Metodyka otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia systemy ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki" [Methodology for Assessing the Effectiveness of the Functioning of the System for Restoration of Weapons and Military Equipment]. Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. No. 1(37). Pp. 5—14.
21. Chobitok, V.A. (1984). "Otsenka boevoi effektivnosti i tekhnicheskogo sovershenstva vooruzheniia i voennoi tekhniki: ucheb. posobie" [Assessment of Combat Effectiveness and Technical Excellence of Weapons and Military Equipment: Textbook]. K.: I.I. Yakubovskiy Kyiv Higher Tank School. 320 p.

**Mozharovskyi V.M., Zubarev V.V., Veretnov A.O., Melyk B.O.**

#### METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE SYSTEMIC STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF TROOP TECHNICAL SUPPORT

*The article considers the methodological foundations of the systemic study of the effectiveness of troop technical support as a complex organizational and technical military system. It is substantiated that technical support represents a complex multilevel process functioning under conditions of dynamic changes in the operational environment, external influences and resource constraints.*

*Under these conditions, the application of a systemic approach to the study of troop technical support becomes particularly relevant, as it makes it possible to formalize the structure, interrelationships and functioning processes of the system, as well as to substantiate the ways of improving its effectiveness. The use of a systemic approach creates the possibility of transitioning from descriptive analysis to formalized modeling, which is a necessary condition for substantiated decision-making in the military sphere.*

*In the context of the development of digital technologies, decision support systems, Digital Twin concepts, Condition-Based Maintenance Plus (CBM+), predictive analytics and artificial intelligence, the formation of a systemic methodological basis for the study of troop technical support acquires special importance.*

*The purpose of the article is to form the methodological foundations of the systemic study of the effectiveness of troop technical support as a complex organizational and technical military system through the formalization of its structure, interrelationships and functioning characteristics, as well as through determining the scientific basis for further mathematical, simulation and digital modeling of troop technical support processes.*

*A systemic representation of the technical support process based on interrelated input, structure, constraints and output characteristics is proposed. Such an approach makes it possible to comprehensively analyze the factors determining the effectiveness of system functioning. Hierarchical interrelationships between systems of different levels and the place of the technical support system within the general structure of organizational and technical military systems are determined. The main directions for improving the effectiveness of troop technical support are established, including improvement of serviced object characteristics, development of the support structure and optimization of system operating conditions.*

*The article has a conceptual and methodological character and creates a scientific basis for the further development of mathematical and simulation models, decision support systems, digital twins and intelligent management systems for troop technical support.*

**Keywords:** recovery, technical support, effectiveness, operation, organizational and technical system, systems approach, mathematical modeling, digitalization, decision support systems, operation of armament and military equipment.

#### **Відомості про авторів:**

##### **Можаровський Володимир Миколайович**

доктор військових наук, професор  
провідний науковий співробітник  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння  
та військової техніки Збройних Сил України  
м. Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3542-5472>  
e-mail: [military.technology@icloud.com](mailto:military.technology@icloud.com)

##### **Зубарев Валерій Володимирович**

доктор технічних наук, професор  
головний науковий співробітник групи ГНС

з наукового керівництва досліджень  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння  
та військової техніки Збройних Сил України  
м. Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>  
e-mail: doctorzubarev.2016@gmail.com

**Веретнов Андрій Олександрович**

кандидат технічних наук  
провідний науковий співробітник  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння  
та військової техніки Збройних Сил України  
м. Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>  
e-mail: weretnow5\_5@ukr.net

**Мельник Борис Олександрович**

кандидат технічних наук  
старший дослідник  
головний науковий співробітник  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння  
та військової техніки Збройних Сил України  
м. Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5635-0099>  
e-mail: melnikboss@ukr.net

**Information about the authors:****Mozharovskyi Volodymyr**

Doctor of Military Sciences, Professor  
Leading Researcher  
Central Scientific Research Institute of Armament and  
Military Equipment of Armed Forces of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3542-5472>  
e-mail: military.technology@icloud.com

**Zubarev Valerii**

Doctor of Technical Sciences  
Professor  
Chief Researcher of the Senior Research Staff Group for  
Scientific Supervision of Research  
Central Scientific Research Institute of Armament and  
Military Equipment of Armed Forces of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>  
e-mail: doctorzubarev.2016@gmail.com

**Veretnov Andrii**

Candidate of Technical Sciences  
Leading Researcher  
Central Scientific Research Institute of Armament and  
Military Equipment of Armed Forces of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>  
e-mail: weretnow5\_5@ukr.net

**Melnyk Borys**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Researcher  
Chief Researcher  
Central Scientific Research Institute of Armament and  
Military Equipment of Armed Forces of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5635-0099>  
e-mail: melnikboss@ukr.net

*Стаття прийнята до редколегії 11.05.2026.*

*Стаття прийнята до друку після рецензування 21.05.2026.*

*Стаття опублікована 30.06.2026.*