

Я. В. Павлов

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД СВОЄЧАСНОЇ ЕВАКУАЦІЇ ЗРАЗКІВ ПОШКОДЖЕНОЇ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Розглянуто вдосконалений метод своєчасної евакуації зразків пошкодженої автобронетанкової техніки в умовах ведення бойових дій. Запропонований метод дає змогу визначати оптимальні маршрути переміщення пошкоджених машин із районів бойового зіткнення до пунктів технічного обслуговування і ремонту з урахуванням часу, доступності та пропускної спроможності ремонтних підрозділів. Обґрунтовано необхідність формалізації процесу евакуації на основі математичного програмування для забезпечення оперативності, безпеки та ефективності відновлення техніки на полі бою.

Зазначено наукову новизну дослідження, що полягає у впровадженні математичної моделі побудови маршрутів евакуації на основі функції покриття з урахуванням коефіцієнтів доступності, критичності пошкоджень, унікальності та дороговизни техніки. Підтверджено практичну значущість застосування розробленого методу у системі підтримки прийняття рішень технічної служби Національної гвардії України для підвищення ефективності організації евакуаційних дій у бойових умовах.

Ключові слова: евакуація, пошкоджена автобронетанкова техніка, транспортна задача, математичне програмування, функція покриття, бойовий потенціал, технічне забезпечення.

Постановка проблеми. В умовах сучасних бойових дій значна частина втрат автобронетанкової техніки (АБТТ) припадає не лише на безповоротне знищення, а й на пошкодження, що підлягають відновлюванню. Ефективність відновлення техніки безпосередньо залежить від своєчасності її евакуації з районів бойового зіткнення, однак на практиці цей процес ускладнюється низкою чинників: високою динамічністю бойових дій, складними природно-кліматичними умовами, обмеженими ресурсами евакуаційних підрозділів та недостатньою автоматизацією процесів управління.

Використовувані наразі методики планування евакуаційних заходів здебільшого не враховують просторово-часової мінливості умов на полі бою, рівня бойового потенціалу пошкоджених зразків, а також ризиків, пов'язаних з евакуаційними маршрутами. Це спричиняє нераціональне використання евакуаційних засобів, збільшення часу простою техніки та потенційні втрати особового складу.

Отже, постає науково-практичне завдання – розробити метод своєчасної евакуації пошкодженої АБТТ, який би забезпечував оптимальний розподіл евакуаційних ресурсів, визначення раціональних маршрутів переміщення та пріоритетності відновлення техніки з урахуванням динамічної бойової обстановки, природних чинників та технічного стану зразків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання евакуації та відновлення пошкодженої військової техніки висвітлено у низці досліджень, які формують методологічну основу для розвитку сучасних підходів до технічного забезпечення військ. Зокрема, у праці [1] увагу зосереджено на польових ремонтах та експлуатаційній відновлюваності машин, що під кутом зору оцінки реальних можливостей ремонтних підрозділів становить інтерес для автора поданої статті. Проте у [1] не наведено математичної моделі прийняття рішень щодо евакуації техніки і не визначено пріоритетності її переміщення з району бойових дій.

У публікації [2] проаналізовано структуру транспортних витрат у військовій логістиці з огляду на умови середовища й експлуатаційний стан техніки. Це дослідження має значення із позиції оцінки енергетичних і транспортних витрат, однак авторами [2] не розглядається евакуація як окремий об'єкт оптимізації, зокрема не враховано специфіки пошкодженої техніки.

Алгоритмічну модель вибору маршрутів у військових перевезеннях у складних умовах, що може бути адаптовано до завдання евакуації, запропоновано у праці [3]. Однак модель не враховує індивідуальних параметрів техніки, таких, як ступінь пошкодження або бойовий потенціал.

Логістичні процеси евакуації в контексті транспортної підтримки, що є важливим з погляду структуризації потоків матеріальних ресурсів, розглянуто у праці [4]. Проте дослідження не охоплює особливостей евакуації пошкодженої АБТТ у бойових умовах і не враховує динамічності обстановки.

Автори [5] аналізують управління автопарком у гуманітарній логістиці, акцентуючи увагу на оптимізації маршрутів за умов невизначеності. Ці підходи релевантні для воєнної логістики, однак дослідники не розглядали техніку як бойовий об'єкт, що потребує оцінювання боєздатності та важливості.

У публікації [6] розглянуто оптимізацію логістичних процесів у Збройних Силах України, запропоновано засоби підвищення ефективності забезпечення військ. Незважаючи на високу

практичну значущість, у цій праці не деталізується процес евакуації техніки і не надається математична модель розподілу евакуаційних ресурсів.

У праці [7] проаналізовано функціонування військової логістики у кризових умовах, акцентовано на необхідності адаптивності й оперативного управління. Проте наведена модель не охоплює специфіки евакуації пошкоджених машин і не враховує показників ризику, доступності чи бойового потенціалу.

Дослідження [8] є одним із базових для вивчення транспортної задачі у військовому контексті, зокрема щодо мультимодальних перевезень. Однак праця не адаптована до завдання евакуації саме пошкодженої техніки і в ній не враховано чинники бойових загроз.

Комплексний аналіз засобів евакуації та їх ефективності, що є важливим у контексті критичної оцінки технічної спроможності підрозділів, проведено у праці [9]. Проте дослідження не містить формалізованої моделі оптимізації маршруту евакуації.

Автори у [10] розглядають вплив транспортної інфраструктури на ефективність військової логістики, що частково може бути використано для аналізу евакуації. Однак вони не враховують бойові умови, пошкодження техніки та змінну доступність маршрутів.

Отже, проведений автором статті аналіз свідчить, що розглянуті дослідження висвітлюють окремі аспекти воєнної логістики, транспортного забезпечення та відновлення техніки, проте не пропонують комплексного математичного методу для визначення оптимальних маршрутів евакуації пошкоджених зразків АБТТ з урахуванням ризиків, доступності, енергетичних витрат, ступеня пошкодження та бойового потенціалу техніки. Це обґрунтовує необхідність розроблення вдосконаленого методу своєчасної евакуації, який дасть змогу підвищити ефективність технічного забезпечення військ у бойових умовах.

Метою статті є розроблення і наукове обґрунтування вдосконаленого методу своєчасної евакуації зразків пошкодженої автобронетанкової техніки в умовах ведення бойових дій, який забезпечує оптимальний розподіл евакуаційних ресурсів і визначення раціональних маршрутів переміщення техніки.

Виклад основного матеріалу. Запропонований метод своєчасної евакуації зразків пошкодженої АБТТ в умовах ведення бойових дій призначений для оперативного відновлення на полі бою або евакуації зразків пошкодженої АБТТ у сучасних умовах ведення бойових дій. Його доцільно буде використовувати:

– на етапі планування заходів з технічного забезпечення (зокрема, заходів з організації відновлення АБТТ безпосередньо у ході бойового зіткнення) у сучасних умовах ведення бойових дій;

– у процесі розроблення нормативних (керівних) документів з технічного забезпечення (обґрунтування нормативних даних з організації технічної розвідки, евакуації та ремонту пошкоджених зразків АБТТ у ході бойового зіткнення);

– під час організаційних заходів щодо реформування підрозділів, військових частин технічного забезпечення з метою обґрунтування організаційно-штатної структури ремонтно-відновлювальних органів.

Порядок визначається і побудова маршруту евакуації пошкодженої АБТТ здійснюється за принципами математичного програмування, що дає змогу формалізувати процес прийняття рішення в умовах багатофакторних обмежень та динамічної бойової обстановки. Сутність методу полягає у відшуканні такого варіанта розподілу евакуаційних засобів і напрямів руху, який забезпечує оптимальне співвідношення між безпекою, швидкістю та енергетичною доцільністю переміщення техніки з району бойового зіткнення до визначених ремонтно-відновлювальних пунктів.

Основа методу – класична лінійна транспортна задача, яка адаптована до сучасних вимог організації процесу евакуації пошкодженої техніки в умовах ведення бойових дій (рисунк 1).

Точка перебування пошкодженої АБТТ	Пункт технічного обслуговування і ремонту						Наявна пошкоджена АБТТ
	B_1	...	B_j	...	B_n		
A_1	X_{11} C_1	...	X_{1j} C_j	...	X_{1n} C_n		a_1
...
A_i	X_{i1} C_1	...	X_{ij} C_j	...	X_{in} C_n		a_i
...
A_n	X_{n1} C_1	...	X_{nj} C_j	...	X_{nn} C_n		a_n
	b_1	...	b_j	...	b_n		
	Спроможності ПТОР						

Рисунок 1 – Графічне подання лінійної транспортної задачі

Для наведеного випадку кожний зразок пошкодженої АБТТ, який був виявлений на етапі технічної розвідки, розглядається як джерело, а кожний пункт збору чи ремонту [пункт технічного обслуговування і ремонту (ПТОР)] – як споживач евакуаційних ресурсів. Наявні пошкоджені АБТТ за визначеними координатами і технічні спроможності ПТОР позначені a_m і b_n відповідно. Значення C_{ij} визначає еквівалентну вартість евакуації, яка обчислюється за інтегральною функцією покриття з урахуванням ускладнювальних чинників, а X_{ij} – це значення обсягів транспортувань пошкодженої техніки з конкретного місця евакуації до конкретного ПТОР, із забезпеченням оптимального співвідношення між безпекою, швидкістю та енергетичною доцільністю.

Під час розв'язання цієї задачі необхідно виконувати такі умови:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = a_i \quad (i = \overline{1, m}) \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} = b_i \quad (i = \overline{1, n}) \quad X_{ij} \geq 0, \quad (2)$$

$$a_1 = a_i = a_m. \quad (3)$$

Організація евакуації пошкоджених зразків АБТТ на основі розробленого математичного апарату здійснюється за чітко визначеною послідовністю етапів, що забезпечують раціональний розподіл евакуаційних ресурсів і мінімізацію часу повернення техніки до бойового стану.

На першому етапі здійснюється збір вхідних даних, що охоплює результати технічної розвідки, дані від безпілотних систем спостереження, інформацію про кількість і тип пошкоджених зразків, їхній технічний стан, а також просторові координати (x, y) кожного зразка. Паралельно формується матриця можливостей ПТОР з урахуванням їх пропускної спроможності, відстані та забезпеченості ремонтними потужностями.

На другому етапі для кожного зразка пошкодженої техніки обчислюється еквівалентна вартість евакуації, яка враховує:

– показник доступності $A(x, y, t)$, що описує природні й погодні умови;

– коефіцієнт важливості зразка АБТТ K_m^B (індекс боєздатності, унікальність і дорожнеча, бойовий потенціал);

– оцінку ризику $R(x, y)$ і складність руху $S^r(x, y)$ для кожного маршруту.

Еквівалентна вартість евакуації C_{ij} визначається за запропонованою інтегральною функцією покриття J_{ij}^{EB} з урахуванням коефіцієнта важливості K_m^B і має такий вигляд:

$$C_{ij} = \frac{J_{ij}^{EB}}{K_i^B}. \quad (4)$$

Інтегральна функція покриття матиме вигляд

$$J_{ij}^{EB} = \frac{1}{L} \int_{L_{ij}} \left(\frac{1}{A(x, y, t)} + \eta \cdot S^r(x, y) + \delta \cdot R(x, y) \right) dl, \quad (5)$$

що характеризує охоплення зони евакуаційних дій, з урахуванням одночасної мінімізації функцій ризику $R(x, y)$, складності руху $S^r(x, y)$ та показника доступності $A(x, y, t)$ на маршруті евакуації L_{ij} , а також відповідних вагових коефіцієнтів η та δ .

Показник доступності

$$A(x,y,t) \in [0;1] \quad (6)$$

визначає ступінь можливості проведення евакуації з району (x, y) у момент часу t і враховує природні чинники: метеорологічні умови, освітленість та пору року. Наприклад, уночі за несприятливих погодних умов, коли дощ порозмивав ґрунтові дороги, вона суттєво знижується, тоді як у світлу пору доби і без опадів вона залишається високою. Значення основних показників функції доступності наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення основних показників функції доступності

№ пор.	Метеоумови	Освітленість	Пора року	Функція доступності
1	Ясно	День	Літо	0,950
2	Хмарно	День	Зима	0,722
3	Ясно	Сутінки	Зима	0,646
4	Хмарно	Сутінки	Зима	0,578
5	Ясно	Сутінки	Осінь	0,532
6	Туман	День	Літо	0,500
7	Сніг	День	Осінь	0,455
8	Хмарно	Ніч	Літо	0,425
9	Хуртовина/Заметіль	День	Літо	0,400
10	Легкий дощ/мряка	Ніч	Літо	0,375
11	Гроза	Сутінки	Літо	0,360
12	Гроза	День	Весна	0,338
13	Хмарно	Ніч	Весна	0,319
14	Туман	Сутінки	Весна	0,300
15	Туман	Сутінки	Осінь	0,280
16	Легкий дощ/мряка	Ніч	Осінь	0,262
17	Сильний дощ	Ніч	Зима	0,234
18	Сильний дощ	Ніч	Весна	0,206
19	Туман	Ніч	Осінь	0,175
20	Хуртовина/Заметіль	Ніч	Осінь	0,140

Коефіцієнт важливості конкретного зразка пошкодженої техніки K_m^B визначається як добуток індексу боєздатності, коефіцієнтів унікальності та дорожнечі $K_i^{yд}$, а також бойового потенціалу $K_i^{бп}$ конкретного зразка техніки, який вимірюється у відсотках:

$$K_i^B = K_i^{бз} \cdot K_i^{yд} \cdot K_i^{бп} \cdot 100. \quad (7)$$

У запропонованому методі розрахунку індексу боєздатності ($K^{бз}$) зразка АБТТ використовуються такі характеристики, як важливість і критичність кінцевих елементів заміни (КЕЗ). Сукупність КЕЗ складає зразок АБТТ за допомогою цифрового двійника.

Важливість КЕЗ – це статистична характеристика, яка визначається за конструкцією. Важливість КЕЗ характеризується таким показником, як коефіцієнт важливості (W), значення якого може бути від 0 до 1. Це константа, яка залежить від типу техніки і ролі КЕЗ у функціонуванні всього зразка АБТТ. Наприклад, двигун матиме дуже високу важливість ($W = 0,18$), гусениця – високу важливість ($W = 0,12$), але нижчу, ніж у двигуна. Сума коефіцієнтів важливості всіх КЕЗ зразка АБТТ має дорівнювати 1 (або 100 %):

$$\sum_{i=1}^M W_i = 1, \quad (8)$$

де W_i – коефіцієнт важливості i -го КЕЗ;

M – кількість усіх КЕЗ, із яких складається зразок АБТТ.

Критичність КЕЗ – це динамічна характеристика, яка визначається за типом і ступенем пошкоджень КЕЗ. Як показник виберемо коефіцієнт критичності (С), який також має значення від 0 до 1. Це змінне значення, що залежить від наслідків пошкодження КЕЗ і характеризує, наскільки таке пошкодження є небезпечним для всього зразка АБТТ.

Значення коефіцієнта критичності визначається на основі статистичних даних ремонтів різних КЕЗ та аналізу наслідків пошкодження елемента, який розглядається, щодо забезпечення життєздатності всієї машини у сукупності з методом експертної оцінки.

Індекс боездатності ($K^{бз}$) зразка АБТТ будемо розраховувати за виразом

$$K^{бз} = 1 - \sum_{i=1}^N \left(\frac{K_i^{сп}}{K^{спD}} \cdot W_i \cdot r_i \right), \quad (9)$$

де N – кількість пошкоджених КЕЗ після бойових дій;

$\frac{K_i^{сп}}{K^{спD}}$ – нормований коефіцієнт ступеня пошкодження КЕЗ відносно ступеня пошкодження на рівні D, $K^{спD} = 4 (0 - 0; 1 - 0,25; 2 - 0,5; 3 - 0,75; 4 - 1,0)$;

r_i – показник критичності i -го КЕЗ.

Коефіцієнт унікальності та дорожнечі зразка техніки $K_i^{уд}$ виражається через відносну вартісну значущість пошкодженого зразка у межах сукупності наявних типів озброєння і військової техніки. Його значення відображує, наскільки конкретний зразок є цінним порівняно з іншими одиницями, що підлягають евакуації чи ремонту.

Оцінювання здійснюється на основі ринкової (або балансової) вартості зразка за допомогою лінійного масштабування:

$$K_i^{уд} = \frac{C_i - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}}, \quad (10)$$

де C_i – ринкова або відновна вартість i -го зразка пошкодженої техніки;

C_{\min} – мінімальна вартість серед розглядуваних зразків;

C_{\max} – максимальна вартість у вибірці.

Бойовий потенціал розглядається як відношення фактичних бойових можливостей до еталонних:

$$K_i^{бп} = \frac{Q_i}{Q_{\max}}, \quad (11)$$

де Q_i – сумарний обсяг функціональних можливостей конкретного зразка техніки (вогнева потужність, мобільність, захищеність, інформаційна спроможність тощо);

Q_{\max} – максимальне значення серед зразків цього класу.

Якщо розкласти Q_i на компоненти, то отримаємо

$$Q_i = \alpha_1 M_i + \alpha_2 Z_i + \alpha_3 V_i + \alpha_4 I_i, \quad (12)$$

де M_i – мобільність (швидкість, прохідність, запас ходу);

Z_i – рівень захищеності;

V_i – вогнева міць (ефективність ураження цілі за одиницю часу);

I_i – інформаційно-комунікаційні можливості (системи спостереження, зв'язку та наведення);

α_k – вагові коефіцієнти, що задаються залежно від типу техніки (наприклад, для БТР чи БМП переважають α_2 і α_3 , для командних машин – α_4).

На третьому етапі розв'язується транспортна задача.

Розв'язання транспортної задачі у межах запропонованого методу здійснюється шляхом пошуку оптимального плану розподілу евакуаційних потоків між джерелами (районами розташування пошкодженої техніки) і споживачами (ПТОР) за умов обмежених ресурсів і змінної бойової

обстановки. У цьому контексті транспортна задача інтерпретується як модель оптимального використання наявних евакуаційних засобів із мінімальними витратами часу, енергії та ризику.

Для кожної можливої пари «точка виявлення пошкодженої техніки – пункт ремонту» формується матриця вартостей C_{ij} , де елементи описують еквівалентну вартість евакуації одиниці техніки від i -го району до j -го ПТОР. Ця вартість містить у собі функцію ризику $R(x,y)$, функцію доступності $A(x,y,t)$, складності руху $S^f(x,y)$ та коефіцієнт важливості зразка K_i^B . З використанням цієї матриці визначається цільова функція, яка мінімізує сумарні витрати системи за умови виконання обмежень щодо кількості пошкодженої техніки a_i у кожній точці та спроможності ПТОР b_i (2):

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij}, \quad (13)$$

$$Z^* = \min \{Z\}. \quad (14)$$

Розв'язання задачі (знаходження Z^*) виконується за класичною схемою лінійного програмування, адаптованою до умов реального часу. На першому кроці визначається початковий допустимий план евакуації за допомогою методів «північно-західного кута» або методу мінімального елемента. Далі проводиться ітераційне поліпшення плану з використанням методу потенціалів, що дає змогу віднайти оптимальний розподіл потоків X_{ij}^* , при якому цільова функція Z досягає мінімуму.

У разі, якщо обстановка динамічно змінюється, наприклад, змінюється прохідність маршруту або функція доступності $A(x,y,t)$, то задача розв'язується у квазіреальному режимі з використанням механізму ітераційного перерахунку. При цьому система автоматично оновлює матрицю вартостей C_{ij} і коригує план евакуації з урахуванням актуальних даних.

Отриманий оптимальний план визначає черговість і напрямки переміщення пошкоджених зразків техніки, що забезпечує баланс між оперативністю, безпекою та ефективністю використання евакуаційних засобів. Отже, транспортна модель виступає як математичне ядро системи підтримки прийняття рішень для керівників ремонтно-евакуаційних підрозділів, забезпечуючи обґрунтоване планування дій у складних умовах бойового середовища.

В удосконаленому методі своєчасної евакуації зразків пошкодженої АБТТ в умовах ведення бойових дій використовуються результати, одержані із застосуванням комплексного методу оперативного пошуку, ідентифікації пошкоджень АБТТ та визначення рівня боєздатності. Наведений удосконалений метод дає змогу врахувати всі чинники й умови для ефективного планування та успішного виконання бойових завдань.

Наукова новизна запропонованого вдосконаленого методу на відміну від застосовуваних наразі методів полягає у тому, що порядок визначається і побудова маршруту евакуації здійснюється шляхом математичного програмування із використанням лінійного розподілу, в якому враховано інтегральну функцію покриття за умови мінімізації ризиків і витрат енергії, а також багатокритеріальну оптимізацію потенціалу пошкодженої АБТТ.

Висновки

У статті розроблено і науково обґрунтовано вдосконалений метод своєчасної евакуації зразків пошкодженої автобронетанкової техніки в умовах ведення бойових дій. Метод базується на принципах математичного програмування, що забезпечує формалізацію процесу прийняття рішень під час вибору напрямків евакуації та раціонального розподілу евакуаційних ресурсів.

Показано, що адаптація лінійної транспортної задачі до умов бойового застосування дає змогу визначати оптимальні маршрути переміщення техніки з урахуванням ризиків, природних чинників, ступеня пошкодження та бойового потенціалу зразків. Запропонована інтегральна функція покриття уможливує комплексне оцінювання безпечності і доцільності кожного маршруту, а також впливу доступності місцевості, складності руху та ймовірності негативних подій уздовж шляху.

Визначено, що використання індексу боєздатності, коефіцієнтів унікальності та дорожничі техніки, а також показника бойового потенціалу забезпечує обґрунтований вибір пріоритетності евакуації

окремих зразків у разі обмеженої кількості евакуаційних засобів. Реалізація ітераційної схеми розв'язання транспортної задачі дає змогу оперативно коригувати план евакуації та адаптувати його до змін бойової обстановки.

Одержані результати свідчать, що застосування вдосконаленого методу дає змогу скоротити час перебування пошкодженої техніки у зоні ризику, підвищити ефективність використання евакуаційних підрозділів та зменшити ймовірність втрати зразків. Це підтверджує практичну значущість розробленого методу і доцільність його впровадження у систему підтримки прийняття рішень технічної служби Національної гвардії України й інших військових формувань, що виконують завдання в умовах інтенсивних бойових дій.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на формування загальних вимог призначення і концепції застосування бойової евакуаційно-ремонтної техніки.

Перелік джерел посилання

1. Smal T., Furch J. Expedient Repairs – Analysis of Possibilities and Needs. Prague : AИMТ, 2011. 112 p.
2. Talibov A. M., Hashimov E. G., Hazarkhanov U. A. Estimation of transport costs in the process of military logistics. *Problems of Informatization*. 2024. Vol. 3. P. 140–147. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10832.11523>.
3. Wang G. A. Selection-route Model and Its Algorithm for Military Logistics Delivery in an Emergency. The 2nd International Conference on Computer Application and System Modeling (France, Paris). Paris : Atlantis Press, 2012. P. 0673–0676.
4. Dzermansky M. Logistics in the Process of Evacuation of the Population in the Finding of a Booby-Trapped Explosive System. *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 55. P. 1514–1521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.140>.
5. Pedraza-Martinez A. J., Van Wassenhove L. N. Transportation and vehicle fleet management in humanitarian logistics: Challenges for future research. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. 2012. Vol. 1. P. 185–196. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13676-012-0001-1>.
6. Ilchuk O., Halkiv L., Kulyniak I., Ohinok S. Optimization of logistics business processes in the Armed Forces of Ukraine. *Science & Military*. 2022. Vol. 6. No. 1. P. 96–107. DOI: <https://doi.org/10.23939/semi2022.01.094>.
7. Jałowiec T. Military logistics system in a crisis situation. *Military Logistics Systems*. 2025. Vol. 62. No. 2. P. 95–110. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.37055/slw/211041>.
8. İbrahim Akgün, Barbaros Ç. Tansel, Akgün İ., Tansel B. Optimization of transportation requirements in the deployment of military units. *Computers & Operations Research*. 2007. 34(4). P. 1158–1176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.06.016>.
9. Dachkovskiy V. Methodology of explanation of tactical and technical requirements for means of evacuation of weapons and military equipment. *Social development & Security*. 2020. Vol. 10. No. 3. P. 104–113. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.3.9>.
10. Halizahari M., Mohamad Faris Daud, Ahmad Sarkawi Azizi. The Impacts of Transportation System towards the Military Logistics Support in Sabah. June 2022. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*. 12 (3). P. 1092–1097. DOI: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.3.14516>.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2025 р.

UDK 355.41:623.438:519.852

Ya. Pavlov

IMPROVED METHOD FOR TIMELY EVACUATION OF DAMAGED ARMORED VEHICLE SAMPLES UNDER COMBAT CONDITIONS

An improved method for the timely evacuation of damaged armored vehicle samples under combat conditions is considered, aimed at increasing the effectiveness of technical support for military units and minimizing the time required to return equipment to a combat-ready state. The relevance of the problem is

обумовлена *the high tempo of maneuver–fire operations, the growing share of damaged equipment subject to recovery, as well as the need to reduce risks to personnel during evacuation activities.*

The proposed method is based on the use of an adapted linear transportation problem, which makes it possible to formalize the process of distributing evacuation flows between areas where damaged equipment is located and maintenance and repair points. The model is founded on an integral coverage function that accounts for natural and climatic conditions, terrain accessibility, risks, energy expenditures, combat potential, and the technical condition of each equipment sample. Among the additional criteria is the importance indicator of a sample, which includes the combat readiness index, the uniqueness and cost coefficients, as well as the recovery potential. This enables the determination of evacuation priorities under conditions of limited resources.

An algorithm for solving the transportation problem in real time has been developed using linear programming methods and iterative recalculation, which ensures dynamic adaptation of the evacuation plan to changes in the combat situation. The obtained results indicate that the application of the improved method will significantly reduce the time damaged equipment remains in the risk zone, increase the efficiency of repair and evacuation units, and decrease the probability of equipment loss.

The practical significance of the developed method lies in the possibility of its implementation within the decision support system of the technical service of the National Guard of Ukraine, which will ensure increased coordination, responsiveness, and substantiation of evacuation actions under modern combat conditions.

Keywords: *evacuation, damaged armored vehicles, transportation problem, mathematical programming, coverage function, combat potential, technical support.*

Павлов Ярослав Володимирович – кандидат педагогічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту логістики, Національна академія Національної гвардії України
<https://orcid.org/0000-0002-0852-5659>