

Лук'янченко О.Ю.

Черкаський державний технологічний університет

Підгорний М.В.

Черкаський державний технологічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ОПЕРАТИВНИХ СЛУЖБ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Дослідження стосуються питань, пов'язаних із технічним забезпеченням оперативних служб країни, насамперед спеціальним рухомим складом, від ефективності використання якого залежить ефективність та якість реагування на техногенні та соціальні виклики (надзвичайні ситуації), кількість яких збільшується, форми прояву стають все більш багатогранними, а наслідки від них мають тенденцію до зростання важкості.

В статті визначено, що багатогранність задач, для вирішення яких при реагуванні на надзвичайні ситуації застосовуються спеціальні транспортні засоби, і, в першу чергу, оперативні автомобілі, викликає необхідність застосування високого рівня інформатизації технічних, технологічних, управлінських та організаційних процесів, пов'язаних з усіма етапами їх життєвого циклу.

Розкрито необхідність формування інформаційно-логістичних систем, наявність яких є підґрунтям для формування системних властивостей автомобілів оперативних служб на етапі проектування та конструювання, а також розробки відповідних моделей використання за призначенням на етапі експлуатації.

З'ясовано, що ефективно управління технічними засобами в процесі реагування на надзвичайні ситуації та мінімізації їх наслідків є одним із способів підвищення ефективності оперативної діяльності. Особливо це стосується технічного забезпечення оперативних служб, наприклад, оперативних транспортних засобів.

У статті розкрито, що процедура та алгоритми реагування на відповідну ситуацію можуть бути розглянуті не як системний процес, а як вихідний фактор, який характеризує результативну оцінку певних дій оперативної служби, тобто відбувається осистемлення кінцевого результату процедури реагування, що включає в себе аналіз ефективності транспортної складової та її вплив на результати реагування на надзвичайну подію.

Аналіз процедури реагування оперативними службами на виклик дозволяє стверджувати, що характер відповідних дій та кінцевий результат мають ознаки процедури обслуговування, але послуга, що надається, повинна носити характер безвідмовності, що викликає підвищені вимоги до транспортної і технічної надійності оперативних транспортних засобів.

Доведено, що ефективно та якісно оперативне реагування на ситуацію, враховуючи забезпечення виконання оперативним автомобілем транспортної та технологічної складових, при найкоротших часових показниках в умовах надання послуги, що має характер безвідмовної, вимагають поетапного або комбінованого розв'язання підзадач на відповідних рівнях. Наприклад, збільшення середньої швидкості руху, скорочення часу прибуття першого підрозділу оперативної служби до місця виклику за рахунок поліпшення як технічної так і інформаційної складових системи оперативної служби, мінімізація помилок у потоці інформації під час надання послуг тощо.

Ключові слова: інформаційно-логістичні системи, життєвий цикл, системне моделювання, автомобілі оперативних служб, сервісна послуга.

Постановка проблеми. На сучасному етапі спостерігається тенденція до збільшення прямих та непрямих збитків від різних видів надзвичайних ситуацій, в тому числі, пов'язаних з бойовими діями на території держави.

Дедалі ширше застосування технічного забезпечення, зокрема транспортних засобів, в проєктах управління процесами запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій викликає необхідність пошуку нових підходів до забезпечення належної

ефективності використання їх за призначенням [1, 5]. Дієвим напрямком поліпшення ефективності та якості діяльності оперативних служб є ефективне управління технічними засобами в процесі реагування на надзвичайні ситуації. І в першу чергу така діяльність поширюється на оперативні автомобілі, які є ключовим видом технічного озброєння всіх видів оперативних служб. Сучасний рівень розвитку і вдосконалення об'єктів нової техніки та автоматизація відповідних процесів на всіх етапах їх життєвого циклу сприяли появі цілого ряду нових викликів при розробці та реалізації пов'язаних з цим проєктів. Представлення технічних об'єктів у зазначених проєктах реалізується через складну систему у взаємодії з двома зовнішніми макросистемами: соціумом та середовищем цільового використання. Розвиток зазначених макросистем відбувається завдяки властивим ним внутрішнім механізмам, що передбачає новий рівень взаємодії, який ґрунтується на побудові відповідних інформаційних систем, які забезпечують процеси проєктування, створення, управління та використання за призначенням об'єктів сучасної технічної системи оперативних служб, в тому числі оперативних автомобілів. Методологія визначення та вирішення нових задач в управлінні зазначеними проєктами повинна ґрунтуватись на аналізі та синтезі багаторівневої та багатоетапної техніко-економічної структури, якою є життєвий цикл (ЖЦ) автомобіля оперативної служби (АОС), і який впорядковує у часі і просторі систему створення, виробництва, функціонування за призначенням, технічних впливів та утилізації АОС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачі підвищення ефективності функціонування оперативних служб, в тому числі за рахунок забезпечення їх високофункціональними транспортними засобами, є об'єктом дослідження значного ряду робіт [1-4, 7]. Проте, більшість таких досліджень є результатом роботи спеціалістів конкретної галузі оперативної служби, що призводить до підвищення ефективності роботи автомобіля на місці виклику шляхом покращення функціональності спеціальної надбудови. При цьому транспортній складовій діяльності оперативних служб, що впливає на оперативність прибуття до місця виклику особового складу, та доставки необхідного обладнання приділяється набагато менше уваги.

З цим пов'язана необхідність комплексного дослідження транспортного процесу акції реагування на надзвичайну подію, що ґрунтується

на теорії руху матеріальних потоків та аналізі умов використання АОС за призначенням, що може бути забезпечено використанням принципів інформаційно-логістичних підходів

Постановка завдання. Забезпечення найбільшої ефективності АОС при використанні за призначенням та можливості їх комплексного застосування для вирішення багатогранних задач технічного, економічного та соціального характеру вимагає вирішення таких проблем, як інформатизація процесів виробництва ЖЦ оперативних транспортних засобів, формування системних характеристик АОС, створення моделей ЖЦ та інформаційних структур для їх реалізації. Забезпечення ефективного управління такими аспектами експлуатації АОС є одним з найважливіших напрямків реалізації їх технічного рівня у відповідних проєктах, що вимагає застосування нових підходів та впровадження сучасних інформаційних технологій в процес управління. Показники, що характеризують якість та ефективність використання АОС базуються на множині їх властивостей, зокрема таких, як властивості побудови, властивості функціонування, властивості розвитку та адаптації. Властивості, що входять в зазначені групи повинні бути оцінені відповідними параметрами за допомогою цільових показників, що характеризують системні можливості АОС та рівень їх реалізації в експлуатаційному середовищі.

Тому, актуальними є питання вирішення задач інформатизації виробничих процесів ЖЦ АОС, системне формування їх властивостей, розроблення моделей ЖЦ та структуризація інформаційної логістики в процесі функціонування оперативних служб для реалізації відповідних задач.

Виклад основного матеріалу. Актуальність використання транспортно-логістичних підходів та методів в оперативній діяльності відповідних служб пов'язана із тим, що транспортна складова має вирішальне значення для зменшення часових характеристик акції реагування. При цьому сама акція має характер сервісної послуги, тобто може спиратись на засади теорії обслуговування, причому сама «послуга» повинна розглядатись, як безвідмовна. У зв'язку із зазначеним та збільшенням кола задач, що вирішуються оперативними службами, розширюється і сфера завдань, виконання яких потребує забезпеченості достатньо великим спектром об'єктів технічного озброєння. В свою чергу, зростання вимог до рівня технічного забезпечення викликає ризики, пов'язані із зростанням складності технічних засобів та їх конструктивної перевантаженості. Особливо це

стосується оперативних автомобілів, які технічно і технологічно забезпечують транспортну та аварійно-рятувальну складові комплексу операцій по реагуванню на надзвичайну ситуацію та ліквідацію їх наслідків.

Рівень складності зразків відповідних технічних засобів, зокрема і АОС, може бути визначена за допомогою математичної залежності, наведеної в роботі [6]:

$$S = \sum_{j=1}^n S_j \cdot K_j \cdot (1 + v \cdot \alpha), \quad (1)$$

де: S_j – рівень складності окремих системи ($j=1, \dots, n$); K_j – кількість елементів, що входять в систему; v – коефіцієнт, який оцінює рівень складності зв'язків між елементами порівняно до складності елементів системи;

$$\alpha = \frac{M^*}{N \cdot (N - 1)} - \text{відносна кількість зв'язків, які}$$

реалізовані в системі;

M^* – фактична кількість реалізованих зв'язків;

$N \cdot (N - 1)$ – максимально можлива кількість зв'язків між системними елементами;

$$N = \sum_{j=1}^n K_j - \text{кількість системних елементів.}$$

Зазначений показник рівня складності може бути використаний для оцінки АОС, як складної технічної системи з точки зору можливості ним реалізації технічних параметрів в умовах експлуатації.

Дослідження діяльності підрозділів оперативних служб з точки зору управління операціями, які потребують застосування спеціалізованого автотранспорту, одну із системних профільних цілей можна сформулювати як «виконання транспортного процесу (з усіма, притаманними йому складовими) для надання безвідмовної послуги у вигляді реагування на відповідну подію.

Деревоподібна структура системи цілей [7] використання АОС тотожно наведеної в роботі [7].

Рівень задач, які повинен реалізовувати АОС відповідає другому рівню системної моделі, що являє собою систему або сукупність задач [6]. Формально, кожна задача Z формально може бути представлена наступним чином:

$Z = (\sigma(Z), R_z)$, де $\sigma(Z)$ – (перелік) множина вихідних даних задачі Z ;

R_z – множина результатів розв'язання цих задач Z .

Множиною задач E_z також задано функції: M, T, B і K для кожної задачі $Z \in E_z$, які визначають:

$T(Z)$ – метод вирішення задачі;

$B(Z)$ – застосовані обмеження при вирішенні задачі Z . Кожна задача має свою множину обмежень.

$K(Z)$ – оцінювання результатів вирішення задачі Z .

Відносно $B(Z)$ і $K(Z)$ приймаються рішення щодо рівня задач.

Третій рівень є рівнем алгоритмів (процесів) проектування, і представлений у вигляді логіко-динамічної системи (ЛДС) [6].

Використання для програмування ЖЦ автомобілів оперативних служб моделей відповідного класу поєднує в одній критеріальній системі різні показники якості на всіх етапах життєвого циклу АОС. Системна модель формується шляхом об'єднання за заданим алгоритмом локальних моделей окремих технологічних процесів на всіх етапах життєвого циклу АОС.

ЖЦ оперативного автомобіля розглядається як відповідна модель:

$$F\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5\} \quad (2)$$

де F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 – відповідно моделі проектування АОС, виготовлення АОС, функціонування АОС, технічних впливів на АОС та їх утилізації.

Основною метою моделювання ЖЦ автомобілів оперативних служб (як об'єктів нової техніки [6]) – сприяння використанню можливостей обчислювальної техніки для вирішення наукових, технічних, організаційних, управлінських, економічних технологічних і соціальних проблем при створенні перспективних типів і моделей АОС та забезпечення їх ефективності на всіх етапах ЖЦ.

Визначним фактором діяльності оперативних служб є оперативні дії, пов'язані з негайним реагуванням на ситуації, що загрожують життю та здоров'ю, майновому або правовому статусу громадян. Повідомлення, що надходять у диспетчерську відповідної служби у разі виникнення надзвичайної ситуації потребують відповідного реагування. Реагування на виклики забезпечується оперативними підрозділами з використанням наявних на озброєнні АОС [5], а ефективність та якість процесу залежить від часових характеристик реагування на надзвичайну ситуацію.

Ефективне та якісне оперативне реагування на ситуацію, враховуючи забезпечення виконання оперативним автомобілем транспортної та технологічної складових, при найкоротших часових показниках в умовах надання послуги, що має характер безвідмовної, вимагають поетапного або комбінованого розв'язання підзадач на від-

повідних рівнях. Наприклад, збільшення середньої швидкості руху, скорочення часу прибуття першого підрозділу оперативної служби до місця виклику за рахунок поліпшення як технічної так і інформаційної складових системи оперативної служби, мінімізація помилок у потоці інформації під час надання послуг тощо.

Аксіоматика задачі. Вибір елементів автомобіля оперативної служби здійснюється з кінцевої множини елементів, вага яких визначається при вирішенні зовнішнього завдання на проектування автомобіля оперативної служби. Під елементом розуміється комплекс автономного обладнання, здатний виконувати функції необхідної якості.

Вихідні дані задачі містять:

- часові характеристики надання безвідмовної послуги (реагування на ситуацію оперативним підрозділом);
- зв'язок між ефективністю власної безпеки об'єкта та часовими характеристиками реакції на виклик;
- технічні параметри АОС;
- підходи до експлуатації АОС та забезпечення необхідного рівня техніко-економічних показників;
- вимоги та обмеження підсистем АОС;
- результати вирішення проектно конструкторських задач.

Оцінка зазначеного критерію проектування АОС представляється як частина відносних затрат по створенню АОС, залежна від критерію.

Цільова функція представлена як адитивний функціонал від оцінок проектних критеріїв:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ПРА}} = \sum_{k=1}^m \Delta \mathcal{E}_{\text{ПРА}}^k \quad (3)$$

де $\Delta \mathcal{E}_{\text{ПРА}}^k$ – оцінка k -ї критеріальної оцінки, $k = 1, \dots, m$, проектного критерію.

Обмеження задачі включають вимоги, які виражають наміри керівника проекту на додаток до результатів вирішення зовнішніх завдань.

Місце інформаційної логістики в діяльності оперативних служб. Основними функціями АОС в рамках технічної підтримки оперативних служб є:

- оперативне доправлення персоналу та обладнання для виконання необхідних робіт до відповідної локації;
- забезпечення функціонування доставленого на місце події обладнання при виконанні необхідних завдань;
- за необхідності передислокації, можливість швидкого згортання та розгортання устаткування.

Вирішення зазначених завдань можливе з використанням алгоритмів та принципів функціонування логістичних систем, застосованих при організації перевезень комерційним транспортом [8]. Однак, у зв'язку з різними підходами до характеру послуги, що надається комерційним автотранспортом та АОС (як зазначалося вище, АОС використовуються для забезпечення безвідмовного обслуговування) та різними режимами використання під час здійснення транспортної роботи, логістичні системи, і зокрема їх інформаційні складові, повинні враховувати специфіку функціонування АОС.

Оскільки характер ініціювання дій з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій є випадковим, інформація про рівень відповідних елементів, що впливають на технологічний процес реагування на надзвичайну ситуацію (технічний стан, технічні можливості, технологічно-ресурсне забезпечення конкретного АОС) повинна поетапно надходити до центрів прийняття рішень.

Особливо це стосується задач управління процесами оперативної діяльності відповідних служб, для розв'язання яких використовуються методи, що базуються на відносно значній множині критеріальних функцій, а вихідна управлінська задача зводиться до різновиду однокритеріальної оптимізаційної задачі, що не дає задовільних результатів при прийнятті ефективного рішення. На сучасному етапі для розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації широко застосовуються людино-машинні процедури, де на кожному кроці повинна вказуватись перевага багатокритеріальних функцій (рішень).

Для того, щоб ефективно пов'язати у просторі та часі технологічні процеси реагування на надзвичайну ситуацію, необхідно централізувати управління та контроль інформаційних потоків, які гарантують узгоджену роботу керованих ланцюгів надання безвідмовної послуги. Відповідно, розроблення інформаційно-логістичної системи, яка передбачає певну організацію взаємодії контрольного обладнання, комп'ютерної техніки, нормативної документації, довідників та необхідних засобів програмування, гарантуватиме виконання основних функціональних завдань.

На практиці, як правило, при керуванні такими системами, використовується множина критеріїв. У ряді випадків, для спрощення процедури прийняття рішення, існують шляхи зведення задачі до ситуації однокритеріальної оптимізації. Найпростіший спосіб – використання так званого зважування критеріїв. За умови, що

$f_1(x), \dots, f_n(x)$ – множина цільових функцій, які характеризують вагу застосованих критеріїв, кожна з них, за відносною вагою критерію, оцінюється ваговим коефіцієнтом λ_i . Процес зважування критеріїв і пов'язаних з ними цільових функцій $f_1(x), \dots, f_n(x)$ полягає в пошуку єдиного критерію, і, відповідно, однієї цільової функції $f(x) = \lambda_1 f_1(x) + \dots + \lambda_n f_n(x)$.

Інформаційне забезпечення повинно реалізувати механізм зворотного зв'язку процесів з реагування на надзвичайні ситуації з усіма іншими логістичними підсистемами. Водночас логістично-транспортна система потребує безперервної інформації про транспортно-технічне забезпечення оперативних підрозділів у будь-який проміжок часу, щоб мати можливість приймати управлінські рішення відповідно до змінної обстановки та ресурсного потенціалу оперативних служб. Ця інформаційна складова повністю залежить від стану, в якому перебувають мобільні АОС. На відміну від комерційних транспортних засобів, мобільні АОС знаходяться в постійному використанні, але в одному з наступних п'яти станів: очікування (режим готовності), переміщення до точки виклику (транспортні операції в оперативному режимі), забезпечення роботи доставленого спеціального обладнання (стаціонарні операції), повернення до пункту очікування (неоперативний режим) і технічне обслуговування (відновлення готовності до наступного використання за призначенням).

Незважаючи на детермінований характер цих станів, можливість перебування конкретного АОС в кожному з них підпорядковується імовірнісним законам, що пов'язано з випадковістю надходження повідомлення про надзвичайну ситуацію. Іншими словами, стан, в якому знаходиться АОС, впливає не тільки на його тактико-технічні можливості, але й на забезпечення показників безвід-

мовності. Таким чином, логістична система повинна мати вхідне інформаційне забезпечення щодо перебування i -го оперативного автомобіля в k -му стані (Рис. 1).

Управління реагуванням на надзвичайні ситуації шляхом забезпечення відповідного рівня зв'язків між елементами логістичної інформаційної системи та забезпечення комплексної інтеграції всіх складових управління матеріальними потоками впливає на ефективність і надійність надання безвідмовної послуги. Крім того, впровадження систем моніторингу АОС в реальному часі дозволяє контролювати місцезнаходження і технічний стан оперативних автомобілів та впливати на можливі позаштатні ситуації.

Висновки. Рішення зазначених задач забезпечить розробку ефективної системи моніторингу та управління процесами, пов'язаними з використанням АОС за призначенням. Програмування процесів створення оперативного автомобіля за наявності єдиних проєктно-технічних та функціонально-споживчих підходів за урахуванням особливостей його функціонування є методологічним базисом для забезпечення належного рівня ефективності та якості технологічних процесів, пов'язаних з використанням за призначенням та відновленням ресурсу. Базою для таких систем повинні бути сучасні підходи до управління логістичними процесами засновані на застосуванні геоінформаційних технологій, які забезпечують оптимальний інформаційний потік, аналіз інформації та надання результатів з метою прийняття об'єктивного управлінського рішення. Складність реалізації цих процесів на всіх етапах ЖЦ АОС пов'язана з відсутністю комплексного урахування особливостей функціонування за призначенням оперативних автомобілів, яка обумовлена розділенням відомчої підпорядкованості як виробників, так і користувачів оперативними транспортними засобами.



Рис. 1. Система інформаційного потоку оперативних служб

Перспективи подальших досліджень. Задачі створення та використання за призначенням нових зразків АОС повинні відповідати зростаючим проблемам суспільства щодо забезпечення скорочення часу при реагуванні на різні надзвичайні ситуації. Застосування відповідних інформаційно-логістичних систем, які безпосередньо стосуються транспортної складової функціонування АОС тісно пов'язані з конструктивними та компонувальними рішеннями оперативних автомобілів. Максимальна адаптованість АОС

до виконання ним відповідних транспортних та технологічних процесів при використанні за призначенням залежить від відповідності його конструкції логістичному середовищу цільового використання.

Таким чином, задачі підвищення ефективності використання АОС на пряму пов'язані з вирішенням задач пристосованості його конструкції до здійснення з максимальною ефективністю транспортно-логістичних операцій із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Список літератури:

1. Katuwal, Hari; Calkin, David E.; Hand, Michael S. 2016. Production and efficiency of large wildland fire suppression effort: A stochastic frontier analysis. *Journal of Environmental Management*. 166: 227-236.
2. Sarkar, S.S., Sen, A., Krishnamoorthy, A. et al. Route Planning Service for Emergency Vehicles with Increased Accuracy and Efficiency for Online Platforms. *SN COMPUT. SCI*. 3, 400 (2022).
3. Лаврівський М.З., Зінько Р.В., Лозовий І.С. Формування спеціалізованого контейнера для пожежного автомобіля модульної компоновки. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2009. № 2. С. 141-147.
4. Зінько Р.В., Ванкевич П.І., Іваник Є.Г. Методологічні аспекти побудови моделей роботи різнотипної військової техніки на основі подібності графів їх конструкцій. *Озброєння та військова техніка*. 2017. № 1. С. 82-89.
5. Лук'янченко О. Ю., Вільова Д.І. Методичні аспекти формування комплексу вимог до автомобілів оперативних служб // *Вісник Національного транспортного університету*. 2013. № 27. С. 211-216.
6. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів. Кн. 2: Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки: Навч. посібник. – Київ: Либідь, 2004. 288 с.
7. Підгornyий М.В. Методологічні аспекти формування технічного потенціалу пожежно-рятувальних автомобілів // *Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць*. 2013. № 15. С. 124-129.
8. Левковець П.Р., Лук'янченко О.Ю., Зажома В.М. Логістичні підходи до процесів пожежогасіння // *Вісник Національного транспортного університету*. 2009. № 15. С. 107-109.

Lukianchenko O.Yu., Pidhornyy M.V. IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATIONAL SERVICE VEHICLES BY APPLYING THE PRINCIPLES OF INFORMATION AND LOGISTICS SYSTEMS

The research deals with issues related to the technical support of the country's operational services, primarily with special rolling stock, the effectiveness of which determines the efficiency and quality of response to man-made and social challenges (emergencies), the number of which is increasing, the forms of manifestation are becoming more multifaceted, and the consequences of them tend to increase in severity.

The article determines that the multifaceted nature of the tasks for which special transport means, and, first of all, operational vehicles, are used in responding to emergencies, necessitates the use of a high level of informatisation of technical, technological, managerial and organisational processes associated with all stages of their life cycle.

The necessity of forming information and logistic systems, the presence of which is the basis for the formation of system properties of operational service vehicles at the design and construction stage, as well as the development of appropriate models of intended use at the stage of operation, is revealed.

It has been found that effective management of technical means in the process of responding to emergencies and minimising their consequences is one of the ways to increase the efficiency of operational activities. This is especially true for the technical support of operational services, for example, operational vehicles.

The article reveals that the procedure and algorithms for responding to an emergency situation can be considered not as a systemic process, but as an initial factor characterising the effective assessment of certain actions of an operational service, i.e., the final result of the response procedure is systemised, which includes an analysis of the efficiency of the transport component and its impact on the results of responding to an emergency.

The analysis of the procedure for responding to a call by emergency services suggests that the nature of the relevant actions and the final result have signs of a service procedure, but the service provided should be of a fault-tolerant nature, which causes increased requirements for the transport and technical reliability of operational vehicles.

It is proved that an effective and high-quality operational response to the situation, including ensuring the performance of the transport and technological components by the operational vehicle, at the shortest possible time in the conditions of providing a service that is fault-free, requires a step-by-step or combined solution of subtasks at the appropriate levels. For example, increasing the average speed of traffic, reducing the time of arrival of the first operational service unit to the place of call by improving both the technical and information components of the operational service system, minimising errors in the flow of information during the provision of services, etc.

Key words: *information and logistics systems, life cycle, system modelling, operational service vehicles, service.*