

УДК 624.074.4

А.В. Ковтун, Р.О. Кайдалов, В.О. Табуненко

Академія внутрішніх військ МВС України, Харків

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ „МАШИНА – РЕЗЕРВУАР З ПАЛЬНИМ” ДЛЯ ПРИСКОРЕНОГО ЗАПРАВЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ У СПЕЦІАЛЬНІЙ ОПЕРАЦІЇ ПО ЗНЕШКОДЖЕННЮ НЕЗАКОННИХ ЗБРОЙНИХ ФОРМУВАНЬ

Проведений аналіз існуючої системи заправки автомобілів при проведенні внутрішніми військами спеціальної операції по знешкодженню незаконних збройних формувань. Для підвищення живучості системи „машина-засіб заправлення” запропонований спосіб прискореного заправлення автомобілів, який передбачає витіснення рідкого пального із еластичного резервуара шляхом наїзду на нього колесом машини.

Розроблена методика обґрунтування параметрів механічної системи „машина – резервуар з паливом” за рахунок прискореного заправлення автомобілів в ході проведення спеціальної операції.

Ключові слова: спеціальна операція, незаконні збройні формування, спосіб прискореного заправлення, еластичні резервуари, напружено-деформований стан.

Вступ

Постановка проблеми. Огляд світових подій свідчить, що кількість воєнних конфліктів у світі, що мають внутрішній характер, безупинно зростає, з 24 у 1991 році до 110 у 2006 році [1, 2]. Сучасні воєнні конфлікти – це, в основному, боротьба з незаконними збройними формуваннями (НЗФ) [3, 4]. Основну роль в локалізації та припиненні збройних конфліктів, що можуть бути розв’язані на території України, відіграватимуть внутрішні війська (ВВ).

Проведення угрупованням ВВ спеціальної операції (СО) по знешкодженню НЗФ, що діють на значній території, є складним завданням, і його успішне виконання вимагає всебічного забезпечення.

Особлива роль у матеріальному забезпеченні СО відводиться забезпеченню автомобілів паливом. Угруповання ВВ у спеціальній операції може розраховувати на забезпечення автомобілів паливом на цивільних автозаправочних станціях, але бойовики НЗФ можуть вживати заходи щодо виключення такої можливості. Тому для заправки машин необхідно використовувати існуючі штатні польові засоби заправлення.

Аналіз існуючих способів заправки машин в польових умовах показує, що польовий заправочний пункт (ПЗП) з запасами пального до 50 м^3 і технікою до 20 одиниць, яка зосереджена на майданчику площею у $(900\text{--}3800) \text{ м}^2$, є реальною мішенню для НЗФ. При враженні ПЗП площею $S_{\text{ц}} = 1500 \text{ м}^2$ двома мінами осколочного типу математичне очікування частки враженої площини складає $M_1 = 0,94$. Імовірність поразення автопаливозаправника (АПЗ) при проведенні трьох пострілів гранатами із АГС-17 складає $P_{\text{пор}} = 0,87$. Особливо небезпечним є поразення АПЗ під час заправлення автомобілів.

Таким чином, в умовах проведення СО по знешкодженню НЗФ живучість існуючої системи „машина, що потребує заправки, – засіб заправлення” (з відповідними демаскуючими ознаками, зосередженістю техніки на місці заправлення та значним часом на його проведення), є низькою. Тому постає проблема щодо підвищення живучості системи забезпечення автомобілів паливом при проведенні ВВ СО по знешкодженню НЗФ.

Підвищення живучості засобів заправлення можна досягти за рахунок підвищення їх захищеності, скритності, розосередження та скорочення часу на заправлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням підвищення живучості системи „машина – засіб заправлення” за рахунок підвищення її захищеності і скритності присвячені роботи [5 – 7]. Такі шляхи підвищення живучості, як скорочення часу заправлення та розосередження автомобілів, що потребують заправки, з метою зменшення враженості є недостатньо дослідженими [8].

Одним з перспективних напрямків підвищення живучості системи „машина – засіб заправлення” є скорочення часу на проведення заправки автомобілів та розосередження засобів заправлення з метою зменшення їх поразення [8]. Реалізація цього напрямку можлива за рахунок проведення прискореного заправлення автомобілів з використанням еластичних резервуарів.

Аналіз науково-технічної літератури [9 – 11] показує, що задача підвищення живучості системи „машина – засіб заправлення” в умовах проведення СО по знешкодженню НЗФ висвітлена недостатньо, а проблема обґрунтування параметрів цієї системи при використанні еластичних резервуарів для прискореного заправлення взагалі не розглянута.

Метою статті є розроблення методики обґрунтування параметрів механічної системи „машина – еластичний резервуар з паливом” для прискореного заправлення автомобілів та математичних моделей визначення її параметрів з урахуванням можливих бойових осколочно-кульових пошкоджень еластичних резервуарів.

Виклад основного матеріалу

Сутність запропонованого способу прискореного заправлення автомобілів рідким паливом полягає в розміщенні пального в еластичному резервуарі і підкладанні його під колеса автомобіля з подальшим наїздом колесами на нього і витісненням пального в паливний бак вагою автомобіля, що заправляється, та його тяговою силою [12, 13]. Це дозволить в умовах проведення СО зменшити час на проведення заправлення, що ускладнить виявлення групами НЗФ автомобілів які заправляються.

Заправлення автомобілів запропонованим способом передбачає витіснення рідини з еластичного резервуара шляхом створення підвищеного тиску в ньому, за рахунок наїзду на нього колесами автомобіля, і перетікання рідини під тиском у паливний бак машини. Схема процесу заправлення представлена на рис. 1.

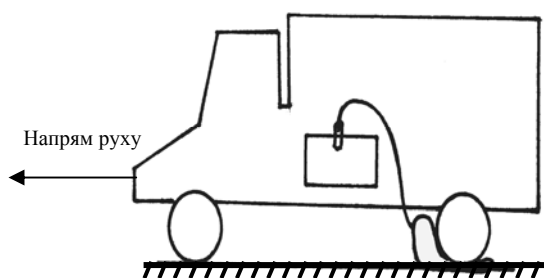


Рис. 1. Схема процесу прискореного заправлення автомобіля

Представлений процес заправлення автомобілів рідким паливом має ряд особливостей:

- невизначеність закону зміни тиску рідини в резервуарі під час наїзду на нього колесом автомобіля;

- складність врахування реальних властивостей рідини під час створення підвищення тиску рідини в резервуарі і її перетікання по напірному рукаву;

- невизначеність процесу взаємодії протектора шини колеса автомобіля з резервуаром;

- обмеження на геометричні розміри резервуара: ширина резервуара в стисненому стані не повинна перевищувати ширину колеса (без використання додаткових пристроїв); довжина резервуара повинна бути меншою, ніж відстань від переднього до заднього колеса автомобіля; діаметр напірного рукава в частині з'єднання з горловиною паливного баку не

повинен бути більшим її діаметра.

Наведені особливості запропонованого способу прискореного заправлення потребують проведення теоретико-експериментальних досліджень процесу витіснення рідкого пального із еластичного резервуара в паливний бак машини при наїзді на нього колесом автомобіля.

Метою проведення досліджень є:

- підтвердження принципової можливості витіснення рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля;

- дослідження особливостей процесу витіснення рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля;

- розроблення математичної моделі напружено-деформованого стану еластичного резервуара та процесу перетікання рідини при прискореному заправленні автомобілів.

Для підтвердження принципової можливості витіснення рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом машини виникла необхідність проведення якісних експериментальних досліджень цього процесу.

Експериментальна модель еластичного резервуара має форму “подушки” шириною 0,25 м і довжиною 0,5 м і представляє собою замкнену оболонку з завулканізованими торцями. В якості матеріалу для еластичного резервуара була прийнята гума. На відстані 0,05 м від одного з торців резервуара розміщений металевий штуцер, до якого приєднується напірний рукав, виготовлений із армованої прозорої гуми, для спостереження за особливостями витікання рідини із нього.

Експериментальні дослідження проводились наступним чином: модель еластичного резервуара заповнювалась рідиною і підкладалась під колесо автомобіля.

Для наїзду на резервуар використовувались автомобілі УАЗ-31512 та ГАЗ-3309. Довжина напірного рукава складала 1,5 м. Мірна ємність розміщувалась на висоті паливного бака автомобіля (1,0 м). Модель резервуара розміщувалась під колесом автомобіля. Напірний рукав одним кінцем приєднувався до штуцера і закріплювався хомутом, а іншим кінцем з'єднувався з мірною ємністю. Під час наїзду колесом автомобіля на резервуар спостерігалась зміна його форми під дією ваги автомобіля, і перетікання рідини під тиском по напірному рукаву в мірний бачок.

В результаті проведених експериментальних досліджень були отримані наступні попередні результати:

- модель еластичного резервуара під час і після наїзду колесом не розривалась, пошкоджень не мала і була придатна до подальшого використання;

- при швидкості наїзду автомобіля 1,2 м/с

об'єм витісненої рідини із резервуара складав 70 % від наявного до наїзду;

– при збільшенні відносної швидкості наїзду на резервуар до 2,8 м/с об'єм витісненої рідини зменшувався і складав 26 % від наявного до наїзду;

– частина рідини із напірного рукава після наїзду колесом під дією власної ваги поверталась в резервуар;

– частина рідини після наїзду колесом через взаємодію овального колеса з протектором шини і

еластичним резервуаром перетікала в зворотньому напрямку до руху автомобіля.

Таким чином, проведені якісні експериментальні дослідження підтверджують принципову можливість витіснення рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля, а їх результати потребують врахування для складання розрахункової схеми процесу прискореного заправлення.

Розрахункова схема процесу прискореного заправлення автомобіля представлена на рис. 2.

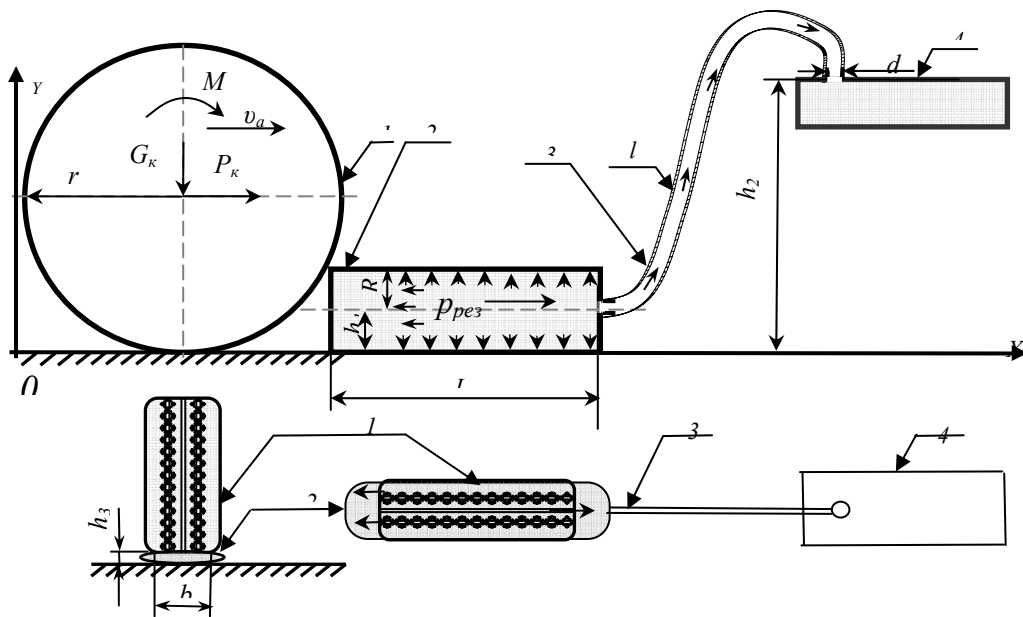


Рис. 2. Розрахункова схема процесу прискореного заправлення автомобіля

Під час наїзду колесом автомобіля 1 на еластичний резервуар 2 радіусом R довжиною L на нього діє тягова сила P_k колеса автомобіля. При цьому резервуар деформується. Тиск $p_{рез}$ в резервуарі підвищується і діє на внутрішні стінки резервуара та розтягує їх.

У той самий час колесо 1 зі швидкістю автомобіля v_a продовжує свій рух по резервуару 2 і деформує його. В результаті рідке пальне під дією надлишкового тиску $p_{рез}$ при поступальному русі колеса буде прямувати до напірного рукава 3 з діаметром d і перетікати в паливний бак машини 4, що розміщений на висоті h_2 .

Частина рідини, внаслідок особливостей взаємодії овальної по профілю шини колеса з протектором і еластичним резервуаром, перетікає в зворотньому до руху автомобіля напрямку.

Процес прискореного заправлення, представлений на рис. 2, можливий за умови відсутності розриву резервуара при наїзді на нього автомобілем. Математичне описання системи „колесо машини – резервуар з пальним” складають модель з визначення напружено-деформованого стану резервуара та модель перетікання рідини.

Тому розв'язання задачі з визначення напружено-деформованого стану еластичного резервуара та перетікання рідини проводиться поетапно.

На першому етапі розв'язується задача оцінки напружень та деформацій, що виникають в стінках резервуару при створенні надлишкового тиску від наїзду колесом автомобіля.

Враховуючи складність математичного опису напружено-деформованого стану еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля прийнято ряд припущень: вважаємо, що резервуар з пальним під час наїзду приймає форму циліндричної осесиметричної оболонки (рис. 3), яка навантажена внутрішнім змінним надлишковим тиском; деформаціями, що виникають в місці контакту колеса з еластичним резервуаром зневажаємо (крайовий ефект оболонки не враховується).

Теоретичною базою для розв'язання цієї задачі є основні положення технічної теорії міцності м'яких оболонок, яка заснована на загальному нелінійному підході, але припускає виділення деякого основного напруженого стану і лінеаризацію системи рівнянь оболонки [9].

Експериментальні дослідження показали, що

при наїзді колесом на еластичний резервуар з палим внутрішнім надлишковим тиском, що утвориться при цьому, буде змінним. Для визначення величини тиску в резервуарі використані підходи теорії взаємодії колеса з основою, що деформується [14, 15]. На основі цієї теорії визначений закон зміни тиску

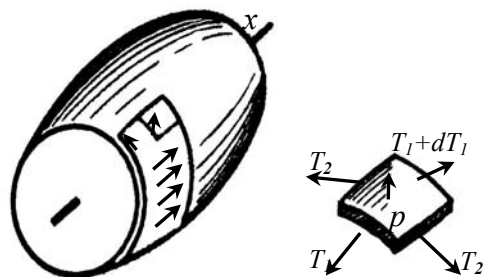


Рис. 3. Схема переміщення елемента оболонки в початковому АВ і деформованому А1В1 станах

На другому етапі розв'язується задача процесу перетікання рідини із резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля. Для визначення параметрів потоку рідини, таких як витрата, швидкість перетікання, об'єм та час перетікання рідини, застосоване основне рівняння гідродинаміки.

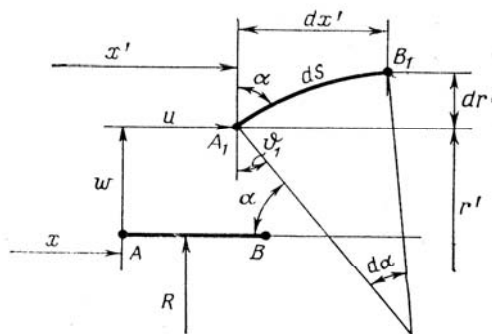
Повна математична модель визначення напружено-деформованого стану еластичного резервуара та процесу перетікання рідини при прискореному заправленні автомобілів буде мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= l_1 \cdot b; \quad M_k = M_e \cdot U_{тр} \cdot \eta; \\
 P_k &= \frac{M_k}{r_k}; \quad p_{рез} = \frac{P_k}{S_1}; \quad \varepsilon_2 = \frac{\omega}{R}; \\
 T_1 &= E \cdot h_0 \cdot \left[\frac{1 + \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_2} - \frac{1}{(1 + \varepsilon_1)^3 \cdot (1 + \varepsilon_2)^3} \right]; \\
 T_2 &= E \cdot h_0 \cdot \left[\frac{1 + \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} - \frac{1}{(1 + \varepsilon_1)^3 \cdot (1 + \varepsilon_2)^3} \right]; \\
 \frac{dT_1}{dx} + (T_1 - T_2) \cdot \frac{1 + \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_2} \cdot \frac{1}{R} \cdot \cos \alpha &= 0; \\
 \frac{d\alpha}{dx} + \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{1 + \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_2} \cdot \frac{1}{R} \cdot \sin \alpha &= \frac{p_{рез}}{T_1} \cdot (1 + \varepsilon_1); \quad (1) \\
 \frac{d\omega}{dx} - (1 + \varepsilon_1) \cdot \cos \alpha &= 0; \quad \frac{du}{dx} + 1 - (1 + \varepsilon_1) \cdot \sin \alpha &= 0; \\
 \sigma_{2max} &= \frac{T_{2max}}{h_0}; \\
 v_2 &= \sqrt{\frac{P_k}{\rho \cdot S_1} + 2g \cdot h_1 + v_1^2 - 2g \cdot h_2 - 2g \cdot h_3 - v_3^2};
 \end{aligned}$$

$$Q = S_2 \cdot v_2; \quad t = \frac{S_1 \cdot L}{S_2 \cdot v_2};$$

$$V_2 = Q \cdot t; \quad V_3 = V_1 - V_2.$$

рідини в резервуарі, який введений в математичну модель. Згідно цієї теорії, під час наїзду колеса на резервуар (рис. 4), відбувається деформування еластичного резервуара, при цьому тиск в ньому утворюється тяговою силою колеса P_k , яка діє на площині S_1 контакту колеса з резервуаром.



де S_1 – площа контакту колеса з резервуаром; l_1 – довжина дуги контакту колеса з резервуаром; b – ширина резервуара в стиснутому стані; M_e – поточний крутний момент на двигун; $U_{тр}$ – передаточне число трансмісії; T_1, T_2 – погонні сили натягнення; R – радіус резервуара; $p_{рез}$ – поточне значення внутрішнього тиску; v_1 – швидкість наїзду; v_2 – швидкість витіснення рідини із резервуара; t – час перетікання рідини; Q – об'ємна витрата рідини із резервуара; V_1 – об'єм рідини перед наїздом; V_2 – об'єм витісненої рідини; V_3 – об'єм рідини, що залишилась в резервуарі; E – модуль пружності другого роду матеріалу резервуара; G_2 – сила, що діє на задню вісь; S_1 – площа поперечного перерізу резервуара; S_2 – площа поперечного перерізу напірного рукава; ρ – густина рідини; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – відносні деформації; u, ω – переміщення; α – кут між віссю обертання резервуара і нормаллю до деформованої поверхні.

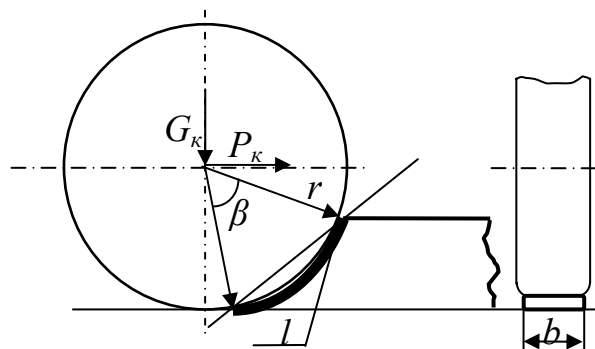


Рис. 4. Схема наїзду колеса автомобіля на еластичний резервуар

Початкові умови: при $t_1 = 0, v_1 = 0$; граничні умови:

$$\omega(0) = 0, \quad u(0) = 0,$$

$$\alpha\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{\pi}{2}, \quad T_1\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{p(R + \omega)}{2}.$$

Отримана математична модель дозволяє визначити напружено-деформований стан і параметри процесу перетікання рідини із еластичного резервуара при наїзді колесом автомобіля.

При проведенні теоретичних досліджень напружено-деформованого стану еластичного резервуара та процесу перетікання рідини за допомогою математичної моделі задаються наступні параметри та діапазон їх зміни: R , м – (0,075 – 0,20); h_0 , м – (0,0003 – 0,003); v_1 , м/с – (0,8 – 4); L , м – (0,5 – 2,5); E , Па – (1400 – 8000); S_1 , м² – (0,015 – 0,2); S_2 , м² – (0,0003 – 0,002); h_1 , м – (0,1 – 0,5); h_2 , м – (0 – 1,5); h_3 , м – (0 – 0,05); ρ , кг/м³ – (700 – 1000). Після введення цих параметрів в математичну модель отримані наступні значення: T_1 , T_2 , v_2 , Q , t , V_2 , V_3 .

Для випадку: $L = 0,5$ м, $R = 0,1$ м, $h_0 = 0,003$ м, $\sigma_{\max} = 53$ МПа $< [\sigma] = 70$ МПа для матеріалу резервуара з $E = 1400$ МПа, $V_2 \approx 3,2 \cdot 10^{-3}$ м³, $t = 1,5$ с, $Q = 0,002$ м³/с.

Таким чином, результати розрахунку, які проведені за допомогою математичної моделі, співпадають з результатами попередніх експериментальних досліджень, які стверджують, що еластичний резервуар не розривається під час наїзду колесом автомобіля, та дозволяють використовувати її для визначення параметрів системи „машина – резервуар з паливом”. Але особливості процесу вимагають уточнення вагової долі діючих параметрів системи.

Тому виникає необхідність в проведенні детальних експериментальних досліджень, які спрямовані на удосконалення математичної моделі.

Цілями експериментальних досліджень є:

1. Підтвердження результатів теоретичних досліджень.

2. Визначення кількісних залежностей, що пов'язують геометричні розміри напірного рукава й навантаження автомобіля, з об'ємом витісненої рідини з еластичного резервуара при наїзді на нього колесом машини.

3. Розроблення практичних рекомендацій щодо проведення прискореного заправлення автомобілів рідким паливом у польових умовах.

При створенні експериментальних моделей еластичного резервуара для прискореного заправлення виконані наступні умови:

– моделі еластичного резервуара виготовлені з гумотканевого матеріалу з модулем пружності $E = 1440$ МПа та з гумового матеріалу з модулем пружності $E = 8000$ МПа;

– конструктивні елементи забезпечують швидку зміну і надійне кріплення елементів резервуара.

Виходячи із поставлених цілей, для підтвер-

дження результатів теоретичних досліджень та отримання нових статистичних результатів було створено ряд експериментальних моделей еластичного резервуара, одна з них показана на рис. 5.



Рис. 5. Модель еластичного резервуара при проведенні експериментальних досліджень

В якості вихідного відклику Y_1 при проведенні експериментальних досліджень був прийнятий об'єм витісненої рідини із еластичного резервуара в паливний бак.

В якості факторів, що впливали на відклик, були обрані: X_1 – навантаження на резервуар, Н; X_2 – діаметр напірного рукава, м; X_3 – довжина напірного рукава, м.

Для кожного з факторів було встановлено два рівні: верхній і нижній. Навантаження на резервуар змінювалось за рахунок використання автомобілів УАЗ – 3151 та ГАЗ – 3309, при цьому величина навантаження складала величину половини навантаження на задню вісь автомобіля, відповідно дорівнювало 3450 Н та 8850 Н. В якості ємності для рідини використовувались моделі еластичного резервуара. Ємність резервуара складала 0,005 м³ (5 л). Діаметр напірного рукава змінювався від 0,02 м до 0,025 м, а довжина напірного рукава змінювалась від 1,5 до 2,5 м.

Тим самим у фактора X_1 нижній рівень дорівнював 3450 Н, верхній рівень 8850 Н, у фактора X_2 нижній рівень дорівнював 0,02 м, верхній рівень 0,025 м, а у фактора X_3 нижній рівень дорівнював 1,5 м, а верхній рівень 2,5 м.

Оскільки фактори мають різні одиниці виміру, а числа, що виражають величини факторів, мають різні порядки, необхідним є приведення їх до єдиної системи обчислення шляхом переходу від дійсних значень факторів до кодованих по формулах, що наведені в роботах [16 – 18].

На основі результатів експериментальних досліджень були отримані коефіцієнти рівнянь регресії для вихідного відклику і складено:

– математичну модель процесу витіснення рідини із еластичного резервуара без пошкоджень з відкритим напірним рукавом при наїзді колесом автомобіля:

$$Y_1 = (2,95 + 0,52X_1 + 0,13X_2 - 0,25X_3 - 0,12X_1 \cdot X_3) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (2)$$

Результати проведених експериментальних досліджень і отримане на їх основі рівняння регресії дозволяють зробити наступні висновки. На об'єм витісненої рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього автомобілем оказує вплив:

– величина його навантаження. При цьому знак перед коефіцієнтом фактора X_1 свідчить про те, що зі збільшенням навантаження на резервуар величина вихідного відклику (об'єм витісненої рідини) буде збільшуватися;

– довжина напірного рукава. Знак перед коефіцієнтом фактору X_3 показує, що зі збільшенням довжини напірного рукава об'єм витісненої рідини буде зменшуватися;

– діаметр напірного рукава. Знак перед коефіцієнтом фактора X_2 свідчить про те, що зі збільшенням діаметра напірного рукава об'єм витісненої рідини буде збільшуватися;

– взаємодія таких факторів як навантаження автомобіля і довжина напірного рукава. Знак перед коефіцієнтом взаємодії цих факторів $X_1 \cdot X_3$ показує, що зі збільшенням їх величин об'єм витісненої рідини буде зменшуватися;

Не оказує впливу на об'єм витісненої рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля взаємодія таких факторів:

– навантаження автомобіля і діаметра напірного рукава;

– навантаження автомобіля, діаметра і довжини напірного рукава.

Таким чином, аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що на об'єм витісненої рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля найбільший вплив оказує величина його навантаження. При цьому об'єм витісненої рідини із еластичного резервуара складає 40 – 78 % від наявного об'єму перед наїздом. Для збільшення його величини необхідно збільшувати навантаження на резервуар і діаметр напірного рукава й одночасно зменшувати його довжину.

Результати експериментальних досліджень з моделями еластичних резервуарів ємністю 30 та 50 літрів показали, що об'єм витісненої рідини із них при наїзді колесом автомобіля в процентному відношенні співпадали з результатами експериментів з резервуарами ємністю 5 літрів та складали 40 – 75 % від наявного до наїзду.

Один із експериментів з використанням моделі ємністю 30 літрів представлений на рис. 6.

Для визначення параметрів механічної системи „машина – резервуар з пальним” для прискореного заправлення автомобілів використаємо методику обґрунтування значень параметрів механічної сис-

теми „машина – резервуар з пальним” для прискореного заправлення автомобілів, алгоритм якої представлений на рис. 7.



Рис. 6. Експериментальні дослідження з моделлю еластичного резервуара (ємністю 30 л)

Блок 1. Початок.

Блок 2. Завдання параметрів механічної системи. При проведенні теоретичних досліджень напружено-деформованого стану еластичного резервуара та процесу перетікання рідини за допомогою розглянутої математичної моделі задаються наступні параметри та діапазон їх зміни: R , [м] – $(0,075 \pm 0,00375 - 0,20 \pm 0,01)$; h_0 , [м] – $(0,0003 - 0,003)$; v_1 , [м/с] – $(0,8 \pm 0,1 - 4 \pm 0,4)$; L , [м] – $(0,5 \pm 0,05 - 2,5 \pm 0,25)$; E , [МПа] – $(1400 - 8000)$; S_1 , [м²] – $(0,015 \pm 0,0015 - 0,2 \pm 0,02)$; S_2 , [м²] – $(0,0003 \pm 0,00003 - 0,005 \pm 0,0005)$; h_1 , [м] – $(0,1 \pm 0,005 - 0,5 \pm 0,025)$; h_2 , [м] – $(0,5 \pm 0,025 - 1,5 \pm 0,075)$; h_3 , [м] – $(0 - 0,05 \pm 0,0025)$; ρ , [кг/м³] – $(700 - 1000)$.

Блок 3. Визначення напружено-деформованого стану еластичного резервуара, навантаженого внутрішнім змінним тиском, здійснюється за допомогою математичної моделі (1).

Перед цим необхідно визначити:

– площину контакту колеса з резервуаром S_1 , значення довжини дуги контакту колеса з резервуаром l та ширина резервуара в стиснутому стані b задається у відповідності з параметрами колеса автомобіля та резервуара;

– тягову силу на колесі, значення навантаження на колесо G_k задається у відповідності з параметрами автомобіля а значення коефіцієнта опору кочення f колеса по резервуару з рідиною визначається у відповідності зі швидкістю наїзду машини;

– тиск в резервуарі $p_{рез}$.

Після цього в програму необхідно ввести наступні дані: тиск в резервуарі $p_{рез}$; радіус резервуара R ; модуль пружності другого роду E ; товщину стінки резервуара h_0 .

Після введення цих параметрів в математичну модель, отримаємо наступні значення: T_1 , T_2 , ϵ_1 , ϵ_2 , ω , u , α .

Блок 4. Після розрахунку напружено-деформованого стану еластичного резервуара, необхідним є порівняння максимальної величини напруження з гранично допустимим значенням міцності матеріалу резервуара. Якщо виконується умова

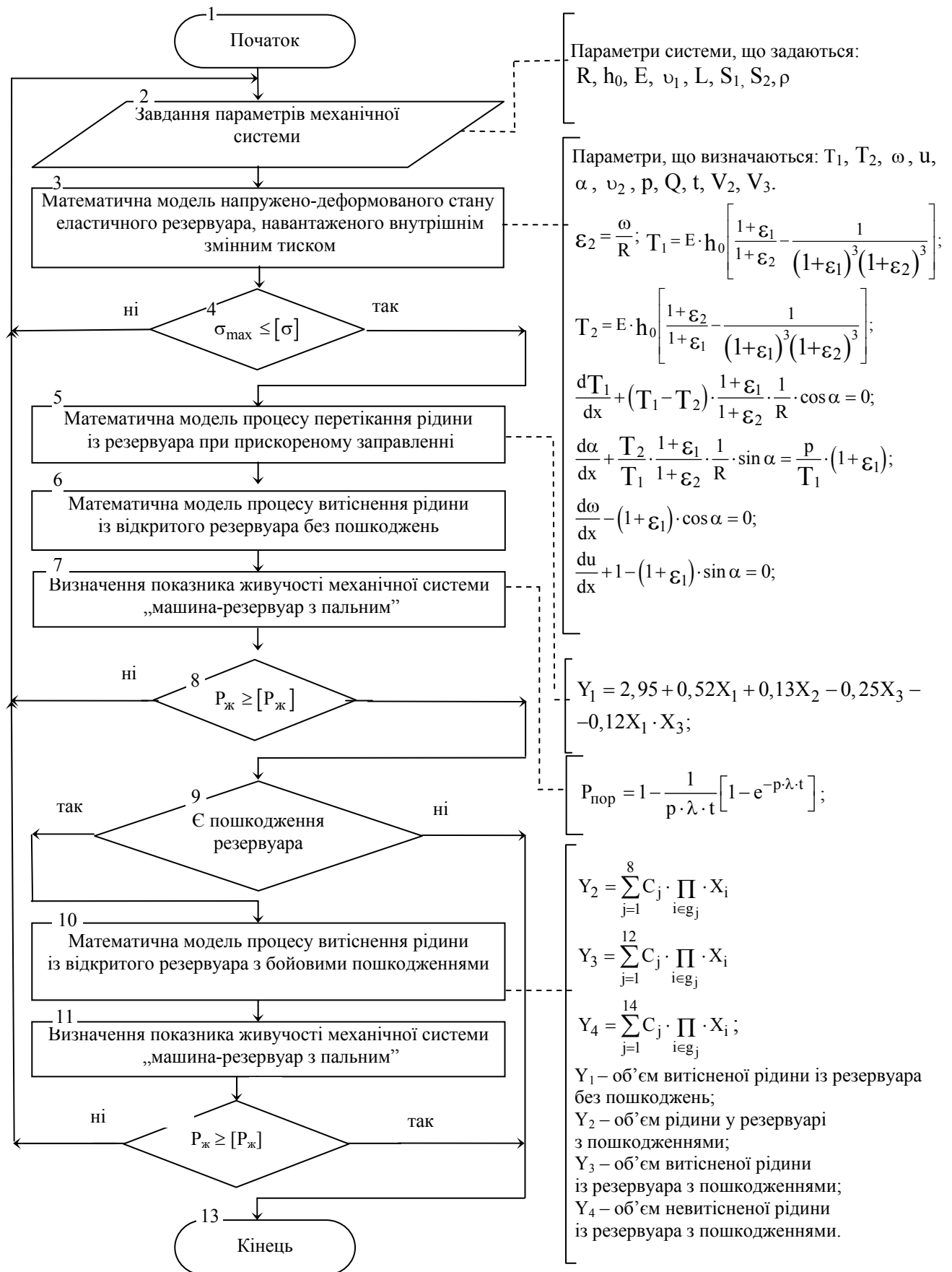


Рис. 7. Алгоритм методики обґрунтування значень параметрів механічної системи „машина – резервуар з паливом” для прискореного заправлення автомобілів

$$\frac{T_{2\max}}{h_0} = \sigma_{2\max} \leq [\sigma], \text{ тоді розрахунки проводяться}$$

далі за визначеним алгоритмом. У разі невиконання даної умови необхідним є корекція параметрів, що задаються.

Блок 5. Для визначення параметрів процесу перетікання рідини колесом автомобіля із еластичного резервуара користуємось розробленою математичною моделлю. Для цього необхідно ввести наступні параметри: тягову силу на колесі P_k ; густину рідини ρ ; площину контакту колеса з резервуаром S_1 ; висоту h_1, h_2, h_3 ; швидкості v_1 та v_3 перетікання рідини в резервуарі; прискорення вільного падіння g .

За результатами розрахунку математичної моделі отримаємо значення таких параметрів:

- швидкість витіснення рідини із резервуара v_2 , м/с;
- об'ємна витрата рідини Q , м³/с;
- час витіснення рідини із резервуара t , с;
- об'єм витісненої рідини із резервуара V_2 , м³;
- об'єм рідини, що залишилась в резервуарі після наїзду V_3 , м³.

Блок 6. Для визначення об'єму витісненої рідини із еластичного резервуару при врахуванні навантаження автомобіля, діаметра і довжини напірного рукава необхідно використовувати математичну модель (2).

Блок 7. Живучість механічної системи „машина – резервуар з паливом” визначається за виразом, що наведений в роботах [19, 20], з урахуванням часу на проведення заправлення та кількості пострілів. При отриманні показника живучості – імовірності неповаження системи необхідним є порівняння його з допустимим значенням.

Блок 8. Якщо виконується ця умова, тоді розрахунок ведеться згідно з алгоритмом. У разі невиконання цієї умови необхідно змінити вхідні параметри системи.

Блок 9. У разі наявності бойових пошкоджень еластичного резервуара, за математичними моделями, при різних параметрах осколочно-кульових пошкоджень резервуара визначається їх вплив на можливість проведення прискореного заправлення та втрати рідини в резервуарі. У разі невиконання цієї умови імовірність поразення механічної системи приймається такою, що розрахована в блоці 7.

Блок 10. Визначення впливу осколочно-кульових пошкоджень резервуара на можливість проведення прискореного заправлення та втрати рідини в резервуарі визначається за математичними моделями.

Блок 11. Живучість механічної системи „машина – резервуар з паливом” визначається за виразом, що наведений в роботах [19, 20], з урахуванням кількості пострілів, радіусу зони враження боєприпасів та часу на проведення заправлення. При отриманні показника живучості – імовірності непова-

ження системи необхідним є порівняння його з допустимим значенням.

Блок 12. Якщо виконується ця умова, тоді приймається імовірність неповаження системи згідно значення, що розрахований в блоці 11. У разі невиконання цієї умови необхідно змінити вхідні параметри системи.

Методика обґрунтування значень параметрів механічної системи „машина – резервуар з паливом” для прискореного заправлення автомобілів дозволяє: визначати параметри напружено-деформованого стану еластичного резервуара при наїзді колесом автомобіля та параметри процесу перетікання рідини із еластичного резервуара при прискореному заправленні; оцінювати міцність резервуара при навантаженні внутрішнім змінним тиском; оцінювати об'єм витісненої рідини із резервуара в паливний бак машини при зміні навантаження автомобіля та розмірів напірного рукава; оцінювати вплив параметрів осколочно-кульових пошкоджень еластичного резервуара на об'єм рідини, що залишилась в резервуарі та витісненої при наїзді колесом автомобіля; визначити час на проведення заправлення та оцінювати живучість механічної системи „машина – резервуар з паливом”.

Висновки

- підтверджена принципова можливість витіснення рідкого пального із еластичного резервуара при наїзді на нього колесом автомобіля, модель резервуара під час і після наїзду колесом не розривалась, пошкоджень не мала, і була придатна до подальшого використання;

- розкрита закономірність впливу швидкості наїзду автомобіля на об'єм витісненої рідини із резервуара, і показано, що при швидкості наїзду автомобіля 1,2 м/с об'єм витісненої рідини із резервуара складає 70 % від наявного до наїзду, а при збільшенні швидкості наїзду на резервуар до 2,8 м/с він зменшується і складає 26 % від наявного до наїзду;

- показано, що результати розрахунку математичної моделі (1) співпадають з результатами попередніх експериментальних досліджень, які стверджують, що еластичний резервуар не розривається під час наїзду колесом автомобіля та дозволяють використовувати її для визначення параметрів системи „машина – резервуар з паливом”;

- за результатами експериментальних досліджень об'єму витісненої рідини із еластичного резервуара при наїзді на нього автомобілем визначено, що об'єм витісненої рідини із еластичного резервуара складає 40 – 87 % від наявного перед наїздом а для його збільшення необхідно збільшувати навантаження на резервуар і діаметр напірного рукава й одночасно зменшувати його довжину;

- використання способу прискореного заправлення автомобілів дозволить зменшити імовірність поразення механічної системи „машина – резервуар

з паливом” (час на заправлення $t \approx 240$ с, $R_{\text{пор}} = 0,67 \pm 0,08$) та збільшити її живучість на 15 – 25 % на відміну від існуючих способів заправки.

Подальші дослідження спрямовані на отримання залежностей, що надаватимуть змогу визначати вплив стану дорожнього покриття на об’єм витісненої рідини із резервуара при наїзді на нього колеса автомобіля, що має різний рисунок протектора шини.

Список літератури

1. Довбня В.В. Місце і роль внутрішніх військ МВС України при введенні особливих правових режимів // *Честь і закон*. – 2006. – № 2. – С. 4-8.
2. Кириченко І.О., Мусієнко І.І., Пегахін І.А. Методологічні засади організації і забезпечення спецоперацій при вирішенні завдань локалізації та припинення внутрішніх збройних конфліктів // *Честь і закон*. – 2003. – № 4. – С. 22-28.
3. Шмаков О.М. Методологічні основи теорії внутрішньої безпеки держави // *Честь і закон*. – 2004. – № 2. – С. 3-8.
4. Оперативне застосування та тактика дій внутрішніх військ / І.О. Кириченко, О.М. Шмаков, О.В. Лавніченко та ін. – Х.: ВІ ВВ МВС України, 2005. – 564 с.
5. Техническое обеспечение подразделений МВД РФ / Под ред. П.Н. Ровенского. – Пермь: Стиль - МГ, 2000. – 490 с.
6. Голушко И. Тыл в условиях применения противником высокоточного оружия // *Тыл и снабжение вооруженных сил*. – 1984. – № 7. – С. 13-17.
7. Козлов Н. Живучесть тыла // *Тыл и снабжение советских вооруженных сил*. – 1984. – № 2. – С. 15-19.
8. Ковтун А.В., Кайдалов Р.О. Аналіз способів заправки паливом автомобілів і бойових машин підрозділів внутрішніх військ МВС України в польових умовах // *Честь і закон*. – 2003. – № 1. – С. 20-23.
9. Балабух Л.И., Алфутов Н.А., Усюкин В.И. Строительная механика ракет. – М.: Высш. шк., 1984. – 391 с.
10. Гарбузов О.А., Іваніцький Р.С., Кириченко І.О. Тактичні способи та прийоми спеціальних бойових дій підрозділу

спеціального при пошуку та знищенні незаконних збройних формувань // *Честь і закон*. – 2003. – № 3. – С. 9-14.

11. Митрич В. Мягкие контейнеры для заправки горючим // *Зарубежное военное обозрение*. – 1986. – № 5. – С. 78.

12. Ковтун А.В., Кайдалов Р.О. До одного із способів заправки автомобілів рідким паливом в умовах надзвичайних ситуацій // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ*. – Кременчук: КДПУ, 2003. – Вип. 2(19), Т.3. – С. 164-166.

13. Спосіб прискореної заправки автотранспортного засобу рідким паливом в польових умовах: Патент на винахід 73015. Україна, В60S5/02 / Р.О. Кайдалов. – № 2003054469. Заявлено 19.05.2003. Опубл. 16.05.2005. Бюл. №5. – 3 с., фіг.

14. Армейские автомобили. Теория / Под ред. А.С. Антонова. – М.: Воениздат, 1970. – 527 с.

15. Лаврентьев В.Б. Возждение автомобилей высокой проходимости. – М.: Транспорт, 1974. – 96 с.

16. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование экспериментов в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.

17. Грановский В.А., Скряга Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

18. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 303 с.

19. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 368 с.

20. Харченко В.С. та ін. Теорія надійності та живучості елементів і систем літальних комплексів. – Х.: ХВУ, 1997. – 403 с.

Надійшла до редколегії 6.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.І. Риженко, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків.

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ „МАШИНА – РЕЗЕРВУАР С ТОПЛИВОМ” ДЛЯ УСКОРЕННОЙ ЗАПРАВКИ АВТОМОБИЛЕЙ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ НЕЗАКОННЫХ ВООРУЖЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

А.В. Ковтун, Р.О. Кайдалов, В.А. Табуненко

Проведён анализ существующей системы заправки автомобилей при проведении внутренними войсками специальной операции по обезвреживанию незаконных вооруженных формирований. Для повышения живучести системы „машина – средство заправки” предложен способ ускоренной заправки автомобилей, который предусматривает вытеснение жидкого горючего из эластичного резервуара путем наезда на него колесом машины.

Разработана методика обоснования параметров механической системы „машина – резервуар с горючим” за счет ускоренной заправки автомобилей в ходе проведения специальной операции.

Ключевые слова: специальная операция, незаконные вооруженные формирования, способ ускоренной заправки, эластичные резервуары, напряженно деформированное состояние.

METHOD OF SUBSTANTIATION PARAMETERS MECHANICAL SYSTEM “AUTOMOBILE- PATROL RESERVOIR” FOR RAPID REFUELING AUTOMOBILE AT THE TIME OF DESTRUCTION UNLAWFUL ARMED FORMATION SPECIAL OPERATION

A. V. Kovtun, R. O. Kaydalov, V. A. Tabunenko

Conduct a analysis system refueling automobile at the time of destruction unlawful armed formation of interior forces special units. For increase system survivorship “automobile- patrol reservoir” suggest a method rapid refueling automobile, which provide displace fluid patrol out of flexibility patrol reservoir by ride in to it automobile wheel. Method substantiation operation factors of mechanical system “automobile- patrol reservoir” for rapid refueling automobile at the time of destruction unlawful armed formation in special operations.

Keywords: special operation, illegal armed formings, method of the speed-up priming, elastic reservoirs, tensely deformed state.