

УДК 629.064.2

І.В. Рогозін, Д.М. Клец, В.А. Юхно

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ КРИТИЧНИХ ВІДМОВ ПРИ УШКОДЖЕННІ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАСОБУ РУХОМОСТІ

Запропонована методика аналізу наслідків критичних відмов при ушкодженні (негерметичності) елементів пневматичної системи засобу рухомості (ЗР). Визначений елемент пневматичної системи у випадку ушкодження якого відбувається повна відмова ЗР та запропоновано заходи щодо забезпечення компенсації витрати стисненого повітря забезпечення подальшого руху ЗР.

Ключові слова: засіб рухомості, критична відмова, площа прохідного перетину пошкодження, пневматична система.

Вступ

Постановка проблеми. Забезпеченню своєчасного виконання завдання за призначенням автомобільною технікою завжди приділялася та приділяється велика увага. Під час ведення бойових дій, проведення антитерористичної операції (АТО), ліквідації наслідків надзвичайних подій можуть виникнути завдання, які виконуються ЗР, діючими автономно, у відриві від основних сил та засобів, у тому числі і від засобів технічного обслуговування і ремонту.

У таких умовах на перше місце висувається вимога щодо забезпечення живучості ЗР, тобто здатності виконувати поставлене завдання з можливими ушкодженнями, у тому числі елементів пневматичної системи.

Досвід експлуатації ЗР, проведення АТО та вивчення технічної літератури показує, що від справності (безвідмовності) пневматичної системи у деяких випадках залежать не тільки безпека руху, а і взагалі, можливість подальшого руху, отже й живучість ЗР [1]. Тому, виявлення та забезпечення протидії критичним несправностям пневматичної системи для забезпечення живучості ЗР під час ведення бойових дій є актуальним завданням.

Аналіз останніх публікацій. Виключенню відмов пневматичної системи ЗР та дослідженню процесів, що відбуваються в ній при виникненні пошкодження (виникнення негерметичності), завжди приділялася велика увага [1 – 4].

У роботі [2] досліджений вплив площі прохідного перерізу ушкодження на тиск в пневматичному приводі робочої гальмівної системи ЗР. Проте, у цій роботі не визначено які елементи впливають на повну відмову ЗР.

У джерелах [3, 4] регламентується загальний порядок проведення аналізу надійності, безпечності машин та наведені принципи оцінювання ризику.

Проте, у вивчених роботах, вплив та наслідки критичних відмов при ушкодженні (негерметичнос-

ті) елементів (механізмів) пневматичної системи на стан ЗР залишаються не дослідженими.

Метою дослідження є отримання методики аналізу впливу та наслідків критичних відмов при ушкодженні (негерметичності) елементів пневматичної системи ЗР.

Виклад основного матеріалу

Відомо [1, 2], що найбільш небезпечна ситуація у пневматичній системі ЗР пов'язана з негерметичністю, яка за характером процесу поділяється на внутрішню та зовнішню. Внутрішня негерметичність практично завжди є наслідком напруженої експлуатації (порушення правил експлуатації) ЗР. Вона хоча і має шкідливий характер, проте, не призводить до витрати стисненого повітря з пневматичної системи в атмосферу й, відповідно, у меншій ступені впливає на можливість відмови елементів (складових) пневматичної системи та саме пневматичної системи ЗР.

Зовнішня негерметичність може з'являтися як наслідком наведених вище причин, так і наслідками непередбачених зовнішніх дій. У залежності від умов експлуатації під час виконання завдання за призначенням (рух по зруйнованому дорожньому покриттю, під обстрілом зі зброї, тощо), в пневматичній системі ЗР можуть виникнути ушкодження, які призведуть до зовнішньої негерметичності – витоку повітря до атмосфери. У статті запропонована методика аналізу впливу та наслідків критичних відмов при ушкодженні (негерметичності) елементів пневматичної системи ЗР.

Враховуючи основні положення [3, 4], на прикладі сучасного ЗР (вантажного автомобіля КрАЗ-6322) [1] наведемо методику визначення видів, наслідків і критичності відмов пневматичної системи сучасного ЗР.

1. Аналіз складу пневматичної системи ЗР

Проаналізуємо пневматичну систему та визначимо елементи (механізми), стан (справність) яких

безпосередньо впливає на виконання основної функції ЗР (виконання переміщення змонтованого на ЗР ОВТ, матеріально-технічних засобів, особового складу та ін.). За місцем розташування негерметичність, як правило, може виникнути у трубопроводах,

елементах пневматичної системи або у місцях з'єднання.

На схемі, що наведена на рис. 1, представлені основні складові елементи пневматичної системи ЗР.

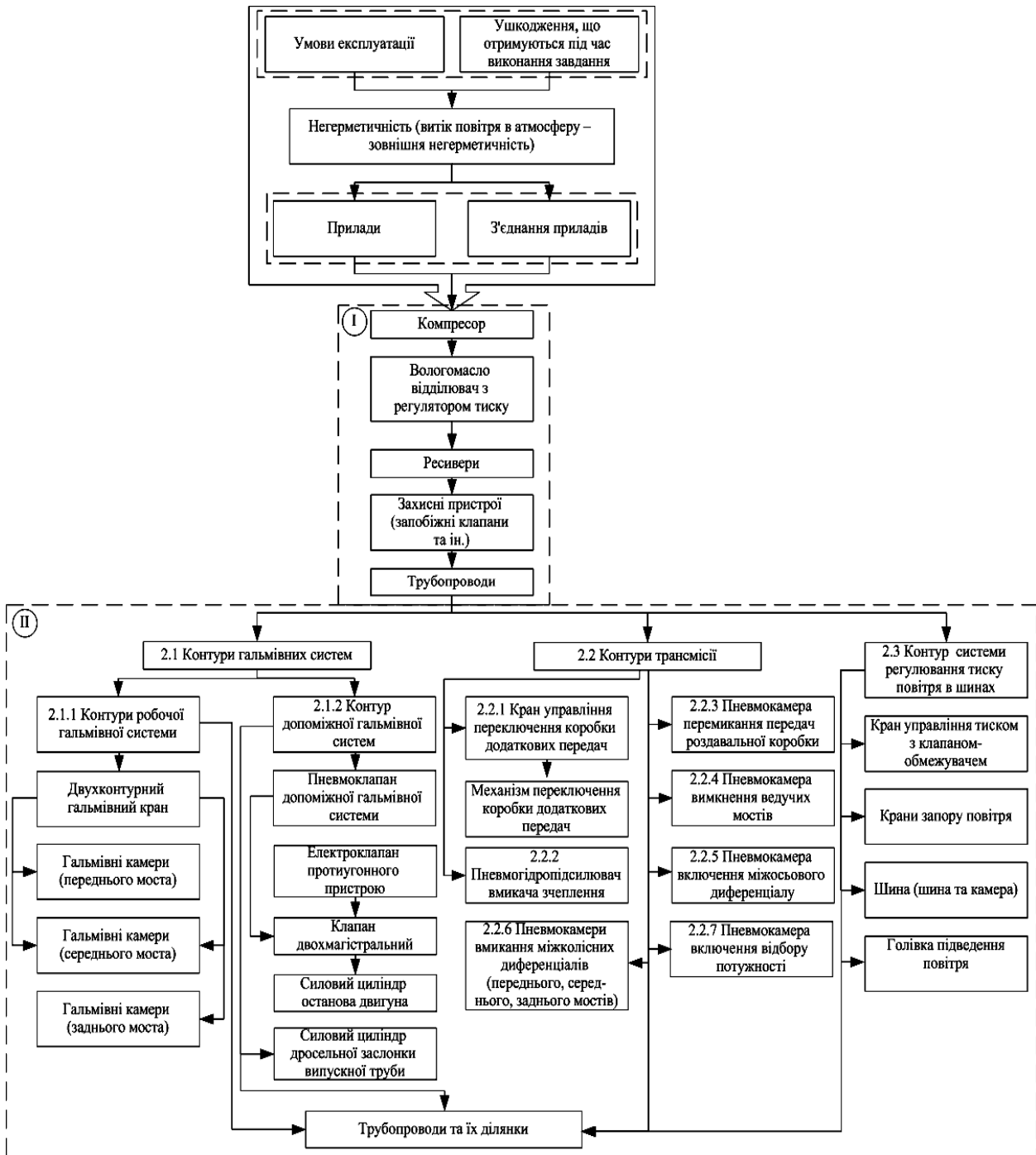


Рис. 1. Схема основних складових пневматичної системи ЗР

За призначенням елементи пневматичної системи можна поділити на дві групи:

- елементи живлення;
- виконавчі елементи.

Група I – група елементів живлення. Це елементи, що забезпечують функцію живлення стиснутим повітрям елементів пневматичної системи ЗР. Група

елементів живлення здійснює створення тиску, підготування, накопичення, зберігання та розподіл повітря.

Група II – група виконавчих елементів. Це елементи, що забезпечують виконавчі функції окремих контурів пневматичної системи ЗР:

- робочої гальмівної системи;

- допоміжної гальмівної системи;
- трансмісії;
- централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах.

2. Визначення групи елементів пневматичної системи, що впливає на відмову ЗР

Через негерметичність відбувається зниження тиску повітря p_i у пневматичній системі ЗР, від номінального значення p_i^H до критичного значення p_i^K при якому ефективність роботи виконавчих елементів може виявиться недостатньою (відбувається відмова), тобто виконується умова:

$$p_i^K < p_i < p_i^H, \tag{1}$$

де i – номер (позначення) контуру пневматичної системи.

Висока вірогідність отримання ушкоджень, виникає під час виконання завдання за призначенням, руху по зруйнованому дорожньому покриттю, під обстрілом зі зброї, тощо.

Вона обумовлюється відносно великою численністю елементів, їх загальною площею, та довжиною трубопроводів.

За цими обставинами, поява несправності (негерметичності) у групі елементів живлення, за умовою неможливості її компенсування компресором,

веде до зниження тиску повітря в усіх елементах (механізмах) пневматичної системи й, відповідно, при досягненні критичного значення p_i^K , до їх відмови, а отже й повної відмови ЗР.

Зниження тиску повітря до критичного значення у групі виконавчих елементів у наслідку негерметичності призводить до відмови тільки одного (або декількох) контурів у якому (яких) вона виникла.

Проте така несправність впливає безпосередньо на функціональність контуру в якому вона виникла – має місце відмова контуру пневматичної системи.

Зрозуміло, що безпосередньо на відмову ЗР в цілому можуть впливати тільки складові групи виконавчих елементів (гальмівні камери, шини, пневмогідропідсилювач вимикання зчеплення, тощо) пневматичної системи.

Тому, для визначення елемента критична відмова якого впливає на повну відмову ЗР проаналізуємо групу виконавчих елементів.

3. Аналіз наслідків критичних відмов елементів пневматичної системи ЗР.

За умовою працездатного стану групи елементів живлення порядок виконання та аналіз наслідків критичних відмов групі виконавчих елементів пневматичної системи з врахуванням схеми основних складових пневматичної системи ЗР (рис. 1) наведений на рис. 2 та у табл. 1.

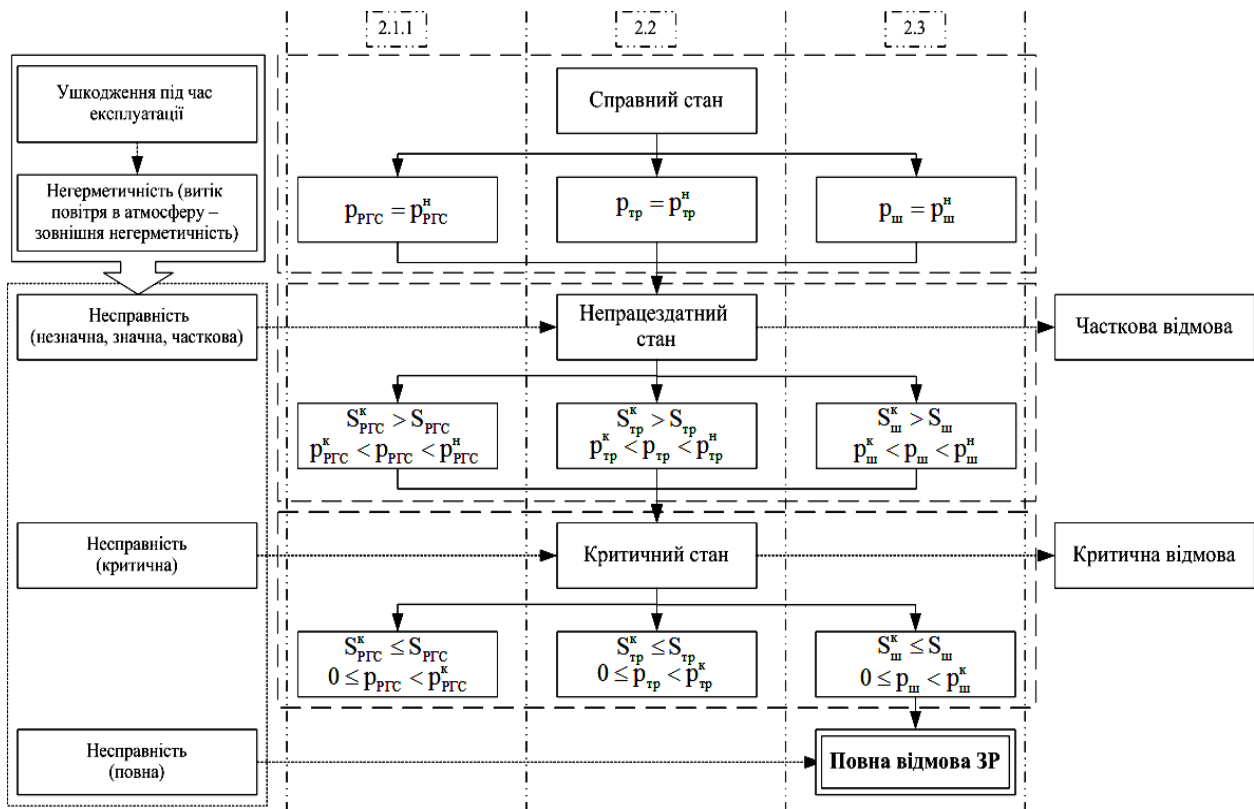


Рис. 2. Алгоритм аналізу наслідків критичних відмов груп виконавчих елементів пневматичної системи

У випадку ушкодження елементів контурів робочої гальмівної системи площею S_{PG} прохідного січення більш критичної S_{PG}^k група елементів живлення не встигає компенсувати витрату стисненого повіт-

ря. За такими обставинами відбувається критична відмова гальмівної системи, яка у свою чергу викликає критичну відмову ЗР. Проте ЗР може подовжувати рух зі швидкістю, що забезпечує зупинку стоянковою гальмівною системою трансмісійного типу.

Таблиця 1

Аналіз впливу наслідків критичних відмов групі виконавчих елементів пневматичної системи

Контур				Наслідки відмови контуру для ЗР
№	Найменування	Функція, що забезпечується	Наслідки критичної відмови	
2.1.1	Робочої гальмівної системи	Гальмування	Гальмування відсутнє	Подальший рух ЗР можливий ¹⁾
2.1.2	Допоміжної гальмівної системи	Уповільнення зр	Уповільнення зр не здійснюється	Подальший рух ЗР можливий
2.2.1	Переключення коробки додаткових передач	Переключення підвищених передач (v – viii передачі)	Передачі з v по viii не вмикаються	Подальший рух ЗР можливий ²⁾
2.2.2	Пневмопідсилювача вимикача зчеплення	Вимикання зчеплення	Утрудненість перемикавання передач	Подальший рух ЗР можливий ³⁾
2.2.3	Перемикавання передач у роздавальної коробки	Перемикавання передач у роздавальної коробки	Перемикавання передач не можливе	Подальший рух ЗР можливий ⁴⁾
2.2.4	Вмикання переднього моста	Вмикання переднього мосту	Вмикання переднього мосту не можливе	
2.2.5	Вмикання міжосьового диференціалу	Блокування міжосьового диференціалу	Блокування осей не можливе	
2.2.6	Діафрагмові камери блокування міжколісних диференціалів (переднього, середнього, заднього мостів)	Блокування міжколісних диференціалів	Блокування між колесами не можливе	
2.3	Централізований системи регулювання тиску повітря в шинах	Регулювання тиску повітря у шинах	Регулювання тиску повітря не можливе	Подальший рух зр можливий

¹⁾ швидкість руху обмежується можливістю використання стоянкової гальмівної системи;

²⁾ за умовою, якщо підчас відмови не ввімкнути з V по VIII передачі;

³⁾ швидкість руху обмежується утрудненням перемикавання передач без використання пневматичного підсилювача;

⁴⁾ швидкість руху та прохідність знижуються по бездоріжжю (аж до неможливості подальшого руху).

У випадку ушкодження елементів контурів трансмісії площею S_{TP} прохідного січення більш критичної S_{TP}^k група елементів живлення не встигає

компенсувати витрату стисненого повітря. За такими обставинами мають місце критичні відмови контурів трансмісії, які у свою чергу викликають критичну відмову ЗР. Проте, не зважаючи на важкість

перемикання передач та відмову інших елементів, що забезпечують підвищення прохідності автомобіля поза дорогами, ЗР може подовжувати рух.

На цей час, практично на всіх колісних ЗР встановлюються пневматичні шини, працездатність яких забезпечується надлишковим тиском повітря централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах. Одна з функцій цієї системи – забезпечення компенсації витрати повітря у випадку негерметичності шини (шин).

У випадку ушкодження шини (шин) або елементів централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах площею $S_{\text{ш}}$ прохідного сечення більш якої то критичної $S_{\text{ш}}^k$ компенсація витрати стисненого повітря не відбувається.

Тиск повітря у шині (шинах) знижується до критичного значення (для КраЗ-6322 це $p_{\text{ш}}^k = 0,1$ МПа).

За такими обставинами збільшується опір руху, що викликає розігрів шини (шин). Швидкість руху ЗР знижується до якоїсь мінімальної швидкості ($V_{\text{ЗР кр}} \rightarrow 0$), а у випадку руйнування шини (шин) призводить до неможливості подальшого руху ЗР без заміни колеса.

Слід відзначити, що у випадку руху ЗР з великою швидкістю здійснюється втрата керованості та виникає небезпека його перевертання.

Довжина максимально можливого шляху на спущеній шині залежить від дорожніх обставин та якості самої шини.

За аналізом наведеного матеріалу зрозуміло, що повна відмова ЗР (неможливість подальшого руху) настає у випадку критичної (повної) відмови контуру 2.3 централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах.

Висновки

Таким чином, наведена методика дозволяє:

– проаналізувати вплив та наслідки критичних відмов пневматичної системи та визначити її елемент (автомобільна шина (шини)) у випадку критичного ушкодження якого відбувається повна відмова ЗР;

– встановити, що для забезпечення компенсації витрати стисненого повітря та подальшого руху ЗР можливо відключення інших контурів пневматичної системи;

– встановити, що сигналом для відключення може бути критичний тиск повітря у негерметичних контурах пневматичної системи, що не входять до централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах.

Список літератури

1. Руководство по эксплуатации автомобилей КраЗ-6322. – Кременчуг: Кременчугский автомобильный завод, 2010. – 86 с.

2. Гецович Е.М. Влияние площади проходного сечения повреждения на давление в пневматическом приводе рабочей тормозной системы / Е.М. Гецович, И.В. Рогозин, В.В. Сидоров // Системы обработки информации. – Х.: МОУ, ХУПС, 2008. – Вып. 2 (60). – С. 75-79.

3. Надійність техніки. Аналіз надійності. ДСТУ 2861-94 Державний стандарт України. Чинний від 01.01.1997 – К.: Держстандарт України, 2005. – 32 с.

4. Безпечність машин. Принципи оцінювання ризику. ДСТУ EN 1050:2003 (EN 1050:1996, IDT). Національний стандарт України. Чинний від 2004-10-01 – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 18 с.

Надійшла до редколегії 10.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.А. Подригало, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ КРИТИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СРЕДСТВА ПОДВИЖНОСТИ

И.В. Рогозин, Д.М. Клец, В.А. Юхно

Предложена методика анализа последствий критических отказов при повреждении (негерметичности) элементов пневматической системы средства подвижности (СП). Определён элемент пневматической системы, в случае повреждения которого происходит полный отказ СП и предложены меры по обеспечению компенсации расхода сжатого воздуха для обеспечения дальнейшего движения СП.

Ключевые слова: средство подвижности, критический отказ, площадь проходного сечения повреждения, пневматическая система.

ANALYSIS OF CRITICAL FAILURES CONSEQUENCES AT DAMAGING OF MOBILITY MEANS PNEUMATIC SYSTEM

I.V. Rogozin, D.M. Klets, V.A. Yuhno

The method of analyzing of critical failures consequences at damaging (leakage) of mobility means (MM) pneumatic system elements is offered. It is defined a pneumatic system element, in the case of its damaging it will be complete MM rejection and there are offered actions to ensure compressed air consumption compensation to further MM movement.

Keywords: mobility means, critical failure, area of damaging flow section, pneumatic system.