

УДК 629.017:65

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.230221.80.721

КЕРУВАННЯ ВАРІАБЕЛЬНІСТЮ ЕФЕКТИВНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РЕЗОНАНСУ

САКНО О. П.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
КОЛЕСНИКОВА Т. М.², канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 295-51-16, e-mail: sakno-olga@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4672-6651

² Кафедра експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 225-52-53, e-mail: tnk1403@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8568-4688

Анотація. Постановка проблеми. Методологія, наведена в цьому дослідженні, спрямована на моделювання варіабельності технічного стану під час експлуатації автомобіля в складній соціально-технічній системі «автомобіль – людина – навколишнє середовище». Це дозволяє змоделювати зміну експлуатаційних властивостей автомобіля залежно від його експлуатації, що впливає на зміну технічного стану, методом аналізу функціонального резонансу (МАФР). Варіабельністю технічної експлуатації автомобіля потрібно керувати, а не знижувати чи ліквідувати, оскільки це є перевагою, а також умов для безпеки та функціонування складних соціально-технічних систем. Щоб керувати ними, спочатку слід контролювати варіабельність технічної експлуатації автомобіля. Це вимагає виявлення та розроблення наборів відповідних показників. Їх інтерпретація дозволяє робити висновки щодо рівня технічного стану, експлуатаційних властивостей автомобіля і безпеки руху та підтримує прогнозування виникнення майбутніх подій (відмова, несправність). **Висновок.** Визначено основні принципи МАФР щодо моделювання варіабельності технічного стану під час експлуатації автомобіля в складній соціально-технічній системі «автомобіль – людина – навколишнє середовище». Встановлено взаємозв'язок між визначенням безпеки руху, моделлю МАФР та показниками експлуатаційних властивостей автомобіля. Розроблено модель МАФР щодо технічного обслуговування ходової частини автомобілів. Вона складається з набору функцій, які описують дії, що проводяться з обслуговування автомобілів для забезпечення їх справного стану. Розроблено структурну схему реалізації функціонально-орієнтованих технологій для технічного обслуговування та ремонту автомобілів, що враховує особливості конструкції та рівень технологій для технічних впливів. Це дозволяє об'єктивно визначити необхідний обсяг робіт із ТО залежно від результатів діагностики та наявності технологічного обладнання.

Ключові слова: *автомобіль; метод аналізу функціонального резонансу; технічний стан; технічні впливи; технологія; технічне обслуговування*

VARIABILITY MANAGEMENT OF EFFICIENT VEHICLE OPERATION BASED ON FUNCTIONAL RESONANCE ANALYSIS METHOD

SAKNO O.P.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
KOLESNIKOVA T.M.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Operation and Maintenance of Machines, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (050) 295-51-16, e-mail: sakno-olga@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4672-6651

² Department of Operation and Maintenance of Machines, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 225-52-53, e-mail: tnk1403@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8568-4688

Abstract. Raising of problem. The methodology presented in this study is aimed at modeling the variability of the technical condition when operating a car in a complex social and technical system "car – person – environment". This allows you to simulate the change in the operational properties of the car depending on its operation, affecting the change in the technical condition by the Functional Resonance Analysis Method (FRAM). **Purpose.** The variability of

the technical operation of the car needs to be managed, and not reduced or eliminated, since this is an advantage, as well as conditions for the safety and functioning of complex socio-technical systems. To control it, you must first monitor the variability of the vehicle's technical operation. A set of relevant indicators needs to be identified and developed. Their interpretation makes it possible to draw conclusions about the level of technical condition, operational properties of the vehicle and traffic safety and supports the prediction of the occurrence of future events (failure occurrence). **Conclusion.** Thus, the basic principles of the FRAM for modeling the variability of the technical condition when operating a car in a complex social and technical system "car – person – environment" have been determined. The relationship has been established between the definition of traffic safety, the FRAM model and the performance indicators of the vehicle. The developed model of the FRAM for maintenance of the undercarriage of cars, consisting of a set of functions that describe the actions taken to maintain cars to ensure their good condition. A block diagram of the implementation of functionally oriented technologies for the maintenance and repair of cars has been developed, taking into account the design features and the level of technology for technical influences. This allows you to objectively determine the required scope of maintenance work, depending on the results of diagnostics and the availability of technological equipment.

Keywords: *vehicle; functional resonance analysis method; technical condition; technical influences; technology; maintenance*

Постановка проблеми. Необхідно змодельувати зміну експлуатаційних властивостей автомобіля залежно від його експлуатації, що впливає на зміну технічного стану (ТС), методом аналізу функціонального резонансу (МАФР).

Аналіз публікацій. МАФР [1] підтримує процес системного аналізу, спрямований на виявлення взаємозалежностей та системних поведінок (ефективність експлуатації автомобілів), потенційно важливих для інструмента, який зосереджується на взаємозалежності процесу та їх динаміці (зміна технічного стану автомобіля). МАФР – це метод моделювання складних організаційно-технічних систем, отриманий з теорії стійкого забезпечення здоров'я [2], яка допомагає досягти успіху роботи технічної системи за допомогою її адаптації в складних умовах [3]. Останні документи показали застосування МАФР для розуміння імплементації керівних принципів та для керування зусиллями з управління безпекою [4]. МАФР передбачає виявлення функцій (технологічної, людської чи організаційної діяльності) у повсякденній роботі функціонування технічної системи [5–6].

Виклад матеріалу. Діяльність МАФР полягає в тому, щоб із системної точки зору зафіксувати, наприклад, вплив ТС ходової частини на зміну експлуатаційних властивостей автомобіля. Застосування МАФР набуває системної перспективи, це означає, що аналіз не може бути обмежений

певною частиною соціально-технічної системи, але він повинен розглянути більш широку картину, коли організація розглядається як ціле, а не як обслуговування та складання компонентів ходової частини автомобілів [7]. МАФР аналізує організацію як соціально-технічну систему, де технологія вбудована в соціальний контекст, який розробляє, тестує, запускає та підтримує справний технічний стан автомобіля.

МАФР базується на чотирьох основних принципах. Стосовно технічної експлуатації автомобіля, це:

I. *Принцип еквівалентності:* працездатність і непрацездатність автомобіля рівнозначні, – тому, що вони обидві впливають із змінної роботи його функціональних частин (ФЧ) та експлуатації в цілому.

II. *Принцип приблизних коригувань:* мінливість як спосіб пристосувати людину до керування системою технічного обслуговування і ремонт (ТОіР) та умов експлуатації автомобіля. Люди (фахівці) завжди мають коригувати те, що вони роблять, щоб відповідати ситуації (безпеці руху). Така мінливість ефективності неминуча, повсюдна і необхідна і розглядається як система «автомобіль – людина».

III. *Принцип несподіваності.* Поява працездатності і непрацездатності не є прямим результатом мінливості в межах певної задачі чи функції, це поєднання

мінливості багатьох функцій. Змінність функціонування ФЧ може поєднуватися несподівано, що зумовлює непропорційно великі результати (нелінійні ефекти). Результат виникає, якщо його не можна віднести або пояснити (неправильними) функціями системи.

IV. *Принцип функціонального резонансу:* несподівані «посилені» ефекти взаємодій між різними джерелами мінливості лежать в основі явища, описаного функціональним резонансом. Функціональний резонанс – це детектовний сигнал (тобто можна виявити), який виходить із ненавмисної комбінації мінливості багатьох сигналів. Функціональний резонанс – це також альтернатива лінійній причинності. Сучасна конструкція автомобіля дозволяє виявити сигнал датчику ФЧ, що характеризує її роботу (відмову).

Методологія, описана в цьому дослідженні, спрямована на моделювання варіабельності (*variabilis* – змінний, мінливий) ТС під час технічної експлуатації автомобіля в складній соціально-технічній системі «автомобіль – людина – навколишнє середовище». Після виявлення та моделювання змінності технічної експлуатації автомобіля наступні логічні кроками такі:

1) керувати системою;

2) не допустити, щоб це стало проблемою цілісності та безпеки технічної системи (автомобіля для людини чи навколишнього середовища).

На сучасному етапі розроблення методологія не пропонує будь-яких рівнів прийнятності для поєднання варіабельності експлуатації автомобіля. Важливо пам'ятати, що аналіз змінності експлуатації автомобіля повинен проводитися на рівні обов'язкових регламентних робіт. Змінність ресурсу агрегатів може бути порівняно невеликою, але потрібно передбачити виникнення так званого резонансного ефекту. Для того, щоб апріорно оцінити, за яких обставин зміна продуктивності може стати проблематичною для безпеки системи, виявлення критичних функцій для функціонування системи стає однією з

можливих. Для цих функцій слід визначити пороги прийнятності.

Щоб запобігти тому, щоб мінливість результативності перевищувала межі прийнятності, організацією вона повинна ефективно керувати. МАФР включає п'ять етапів, чотири з яких поки що розроблені на практичному рівні. П'ятий крок стосується визначення та реалізації ефективних контрзаходів щодо керування мінливістю ресурсом агрегатів.

Поглиблена увага до технічної експлуатації автомобілів полягає у визначенні декількох шарів бар'єрів, що вводяться в систему для запобігання помилкам людини та захисту технічної системи від їх наслідків. Відповідно до цієї точки зору, фізичні, функціональні, символічні та нематеріальні бар'єри мають на меті захищати технічні системи автомобіля від крихкості людини, і навпаки, захищати людей від менш досконалої передбачуваності функціонування системи [1]. Також бар'єри повинні пом'якшити ризики, обмежуючи результативність, зменшуючи розсуд і, отже, мінливість діяльності.

Насправді це свідчить, що варіабельністю технічної експлуатації автомобіля потрібно керувати, а не знижувати чи ліквідувати, оскільки це є перевагою, а також небезпекою для безпеки та функціонування складних соціально-технічних систем.

Щоб керувати ними, спочатку слід контролювати мінливість технічної експлуатації автомобіля. Це вимагає виявлення та розроблення наборів відповідних показників. Їх інтерпретація дозволяє робити висновки щодо рівня технічного стану, експлуатаційних властивостей і безпеки та підтримує прогнозування виникнення майбутніх подій (відмова, несправність) (рис. 1).

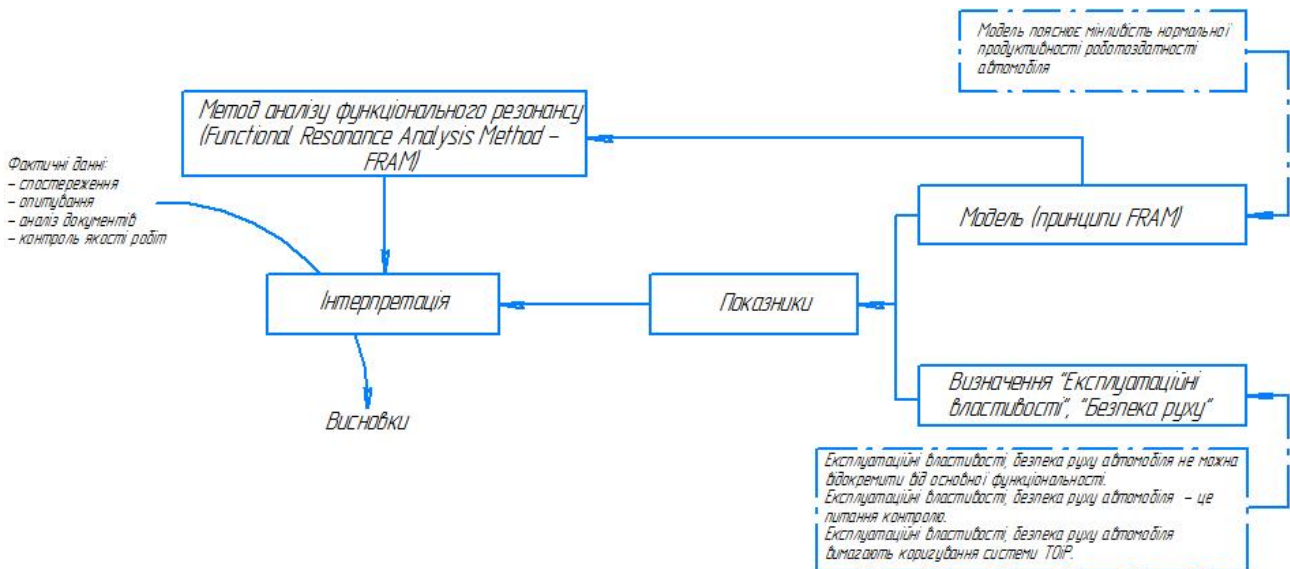


Рис. 1. Зв'язок між визначенням безпеки руху, моделлю МАФР та показниками експлуатаційних властивостей автомобіля

Вибір показників – це часто прагматична справа, що являє собою поєднання оперативних та значущих факторів – або компроміс між ефективністю та реальністю. У деяких випадках їх обґрунтованість є емпіричною (або статистичною), тобто йдеться про широкий набір спостережень, зокрема, про кореляції між двома подіями або набори даних паспорта автомобіля. Таким чином, необхідно знайти належний баланс між вимірюваним та значущим показником.

МАФР може підтримувати ідентифікацію значущих показників ефективності шляхом виявлення відповідності функціонального зв'язку для мінливості продуктивності експлуатації автомобіля. За допомогою набору примірників можна зрозуміти динаміку системи та її ймовірність резонувати.

Збирання даних для моделювання МАФР проводили у три різні фази. По-перше, весною 2019 року було організовано дводенне відвідування СТО, що обслуговують фірмові легкові автомобілі в м. Дніпро. В рамках візиту було ознайомлення із загальною відмовою організації в конкретних випадках та конкретно з оточенням та завданням ТОiP легкових автомобілів. Під час візиту дослідники мали можливість взаємодіяти з технічними працівниками, які обслуговують

автомобілі, і почати будувати попереднє розуміння як завданням ТОiP, так і викликів і обмежень, з якими повинні справлятися фахівці під час своєї роботи.

Візит також дозволив дослідникам зрозуміти деяку інформацію про зв'язки між різними ролями, обов'язками та поточною діяльністю під час щорічного оновлення програми для діагностування фірмових автомобілів. Це полегшило наступні взаємодії з обслуговуючим персоналом та допомогло зрозуміти природу діяльності системи, що моделюється. Під час візиту зібрано офіційні матеріали та документація, складено перелік необхідної інформації та погоджено з контактною особою. Зокрема, отримано перелік завдань, дозволів на роботу та відповідний графік. Цей список дослідники використали для складання попереднього проекту МАФР моделі обслуговування автомобілів.

Другим етапом збирання даних став семінар, який відбувся на початку осені 2019 року. У роботі семінару брали участь дослідники, контактна особа та, головне, механічні працівники, які обслуговували легкові автомобілі. Метою семінару було обговорення, перегляд та оновлення попередньої моделі МАФР, розробленої на основі інформації, зібраної під час відвідування фірмової СТО та офіційної документації. Семінар допоміг дослідникам

визначити деякі функції та визначити їх аспекти (вхід, вихід, контроль, передумови, час та ресурси для забезпечення справного стану автомобіля).

Зібрані дані використано для розроблення моделі МАФР технічного обслуговування ходової частини автомобілів. Модель складається з набору функцій, які описують дії, що проводяться з обслуговування автомобілів для забезпечення їх справного стану.

У нашому випадку для забезпечення заданих експлуатаційних властивостей та безпеки руху автомобілів у процесі експлуатації необхідно проводити періодичні технічні впливи, наприклад, ходової частини: її діагностика, перевірка стану амортизаторів, пружин, опорних чашок, гальмівних колодок, дисків, шлангів, люфтів у кульових опорах, рульових наконечниках, сайлент-блоків, регулювання і заміна підшипників маточини, розвал-сходження, перевірка стану автомобільної шини та контроль за ресурсом автомобільної шини.

Все це впливає на властивості автомобіля в процесі експлуатації: стійкість, керованість, паливна економічність. Коли ресурс автомобільної шини наближається до граничного стану [8], підвищується вірогідність виникнення дорожньо-транспортних пригод. Таким чином, на ресурс систем ФЧ автомобіля впливають технології регламентних робіт ТОіР.

Можна зазначити, що під технологією ТОіР автомобіля мається на увазі послідовний процес його поділу на ФЧ за рівнями конструкції, реалізація на цих рівнях безлічі технологічних впливів потоків матеріального забезпечення, фінансів та інформації, а також забезпечення властивостей функціональних елементів залежно від особливостей їх експлуатації або від заданого, необхідного і граничного експлуатаційного потенціалу всього автомобіля [9].

Потоки матеріального забезпечення – це сукупність сировини, матеріалів, запасних частин тощо в умовах системи ТОіР автомобілів. Потоки інформаційного

забезпечення – сукупність функціонуючих у системі ТОіР автомобілів різних відомостей (технологічні процеси ТОіР автомобілів, розподіл, обмін та споживання матеріальних ресурсів), які можна фіксувати, передавати, перетворювати і використовувати для здійснення таких функцій керування, як планування, облік, економічний аналіз, регулювання тощо (це збирання, збереження та обробка даних щодо ресурсу ТС агрегатів автомобілів, періодичність регламентних робіт тощо).

Фінансові потоки – це сукупність усіх грошових коштів, які є в розпорядженні підприємства для формування необхідних активів із метою здійснення всіх видів діяльності як за рахунок доходів, накопичень і капіталу, так і за рахунок різного виду надходжень.

У цій статті пропонується виконувати процес поділу автомобілів на функціональні частини за шістьма рівнями, а саме:

1-й рівень – рівень автомобілів за конструкцією;

2-й – рівень функціональних частин;

3-й – рівень функціональних складових;

4-й – рівень функціональних з'єднань;

5-й – рівень функціональних деталей;

6-й – рівень функціональних елементів.

При цьому процес поділу постає ієрархічною структурою, а саме, на кожному рівні поділу виконується розподіл автомобіля на функціональні частини (елементи) даного рівня поділу.

Слід зазначити, що наведений процес поділу автомобіля на рівні дозволяє більш ретельно, тонко реалізовувати технологічні впливи обладнання і засобів обробки на місцевому рівні та забезпечувати властивості функціональних елементів залежно від експлуатаційних особливостей або від заданого, необхідного, граничного експлуатаційного потенціалу автомобіля. У цих умовах у процесі технічного обслуговування та ремонту автомобіля він може повністю адаптуватися до особливостей експлуатації [10–11].

Зауважимо, що організаційно-технологічна форма функціонально-орієнтованого технологічного процесу може

будуватися за двома варіантами технологій: одинична та уніфікована.

У разі організації технологічного процесу за одиничною технологією для кожного функціонального елемента кожного

рівня технології складаються спеціальні операції і застосовується необхідне спеціальне обладнання, призначене тільки для даного функціонального елемента або частини [9].

Таблиця 1

МАФР-модель технічного обслуговування (ТО) ходової частини легкового автомобіля – опис функцій

<i>F-Функція</i>	<i>Опис функції</i>	<i>I-Вхід</i>	<i>O-Вихід</i>	<i>C-Контроль</i>	<i>P-Передумова</i>	<i>R-Ресурси</i>	<i>T-Час</i>
Ресурс автомобільної шини		Відповідність НТД виробника	Пробіг до ТО				
			Система ТО				
Перевірка стану автомобільної шини	Система ТО	Планування профілактики	Відповідність НТД виробника	Процедура згідно з ПДР	ТС ходової частини	1 технік	1 година
			Ремонт (або заміна)		Система ТО		
Діагностика стану розвалу-сходження	Система ТО	Планування профілактики	Відповідність НТД виробника	Процедура згідно з НТД виробника	ТС ходової частини	1–2 техніки	1–2 години
			Ремонт (або заміна)		Система ТО		
Перевірка, регулювання і заміна підшипників маточини	Система ТО	Планування профілактики	Відповідність НТД виробника	Процедура згідно з НТД виробника	ТС ходової частини	1–2 техніки	1–2 години
			Ремонт (або заміна)		Система ТО		
Перевірка стану сайлент-блоків і інших вузлів ходової частини АТЗ	Система ТО	Планування профілактики	Відповідність НТД виробника	Процедура згідно з НТД виробника	ТС ходової частини	1–2 техніки	1–2 години
			Ремонт (або заміна)		Система ТО		
Перевірка відсутності люфтів у кульових опорах, рульових наконечниках	Система ТО	Планування профілактики	Відповідність НТД виробника	Процедура згідно з НТД виробника	ТС ходової частини	1–2 техніки	1–2 години
			Ремонт (або заміна)		Система ТО		
Перевірка гальмівних колодок, дисків, шлангів	Система ТО	Планування профілактики	Відповідність НТД виробника	Процедура згідно з НТД виробника	ТС ходової частини	1–2 техніки	1–2 години
			Ремонт (або заміна)		Система ТО		

Примітка: ТО – технічне обслуговування, НТД – нормативно-технічна документація, ТС – технічний стан.

Уніфіковані технології – універсальний засіб спрощення складної структури технологічного процесу на безлічі функціональних елементів. При цьому вони можуть формуватися на базі типових, групових, модульних або інших видів технологій. У цьому випадку функціональні елементи різних рівнів технології об'єднуються в типи, групи, модулі або класи.

Після виконання процесу поділу автомобіля на функціональні елементи виконується об'єднання функціональних частин (елементів) в ієрархічну структуру підмножин залежно від рівнів об'єднання:

1. Рівень технології технічних впливів (діагностика, технічне обслуговування та ремонт).

2. Особливості дії експлуатаційних функцій, заданого, необхідного, граничного експлуатаційного рівня автомобіля.

3. Ступені необхідності застосування особливих принципів орієнтації технологічних впливів і техніко-експлуатаційних та економічних властивостей автомобіля.

4. Властивості, якості і точності функціональних частин (елементів, деталей).

5. Просторова взаємодія функціонального елемента.

6. Габаритних розмірів функціонального елемента.

7. Перелік обов'язкових та додаткових технічних впливів.

8. Застосування обладнання й устаткування.

9. Застосування технології технічних впливів нового покоління.

10. Інші параметри.

За цими рівнями об'єднання виконується класифікація функціональних елементів до реалізації технічних впливів.

На рисунку 2 показано структурну схему реалізації технічних впливів для забезпечення ефективної технічної експлуатації автомобілів. Зображено: I – вхідні дані щодо технічного стану автомобіля; O – вихідні параметри системи; ФЧ – функціональні частини автомобіля; ТВ – технічні впливи; A, D – процес аналізу та досліджень, що виконуються для реалізації процесу поділу кожного виробу на ФЧ за рівнями технології ТВ; $m_1 + m_i$ – процес аналізу та досліджень, що виконуються для об'єднання ФЧ кожної безлічі в ієрархічну структуру підмножин в залежності від рівнів об'єднання.

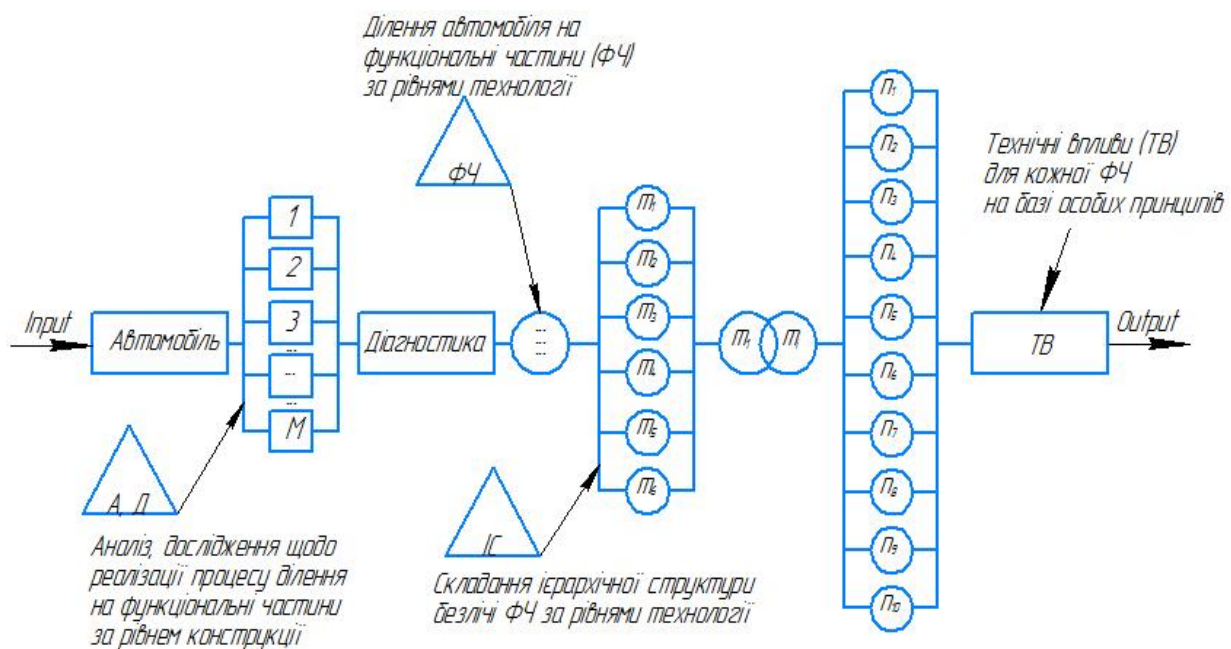


Рис. 2. Структурна схема реалізації функціонально-орієнтованих технологій для ТОiP автомобілів

Безлічі функціональних елементів за рівнями технології ТВ можна визначити, як:

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= \{f_{11}, f_{12}, f_{13}, \dots, f_{1v_1}\} \\ m_2 &= \{f_{21}, f_{22}, f_{23}, \dots, f_{2v_2}\} \\ m_3 &= \{f_{31}, f_{32}, f_{33}, \dots, f_{3v_3}\} \\ &\dots \\ m_6 &= \{f_{61}, f_{62}, f_{63}, \dots, f_{6v_6}\} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де $f_{j\eta}$ – η -й функціональний елемент j -го рівня технології ТВ; v_i – порядки множин $m_1, m_2, m_3, \dots, m_6$.

Порядок множин може бути визначений за такими формулами:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= M \\ v_j &= \sum_{k_j=1}^{v_{(j-1)}} v_{jk_j} \\ j &= 2, 3, 4, \dots, 6 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де M – кількість автомобілів або агрегатів тощо; v_{jk_j} – порядок k_j -ї підмножини j -го рівня технології ТВ; j – номер рівня технології ТВ.

Після виконання процесу поділу (декомпозиції) автомобіля на ФЧ за рівнями технології ТВ знову виконується аналіз і дослідження автомобіля та об'єднання (композиція) функціональних елементів кожної безлічі в ієрархічну структуру підмножин залежно від рівнів об'єднання (10 рівнів об'єднання):

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \{p_{11}, p_{12}, p_{13}, \dots, p_{1u_1}\} \\ n_2 &= \{p_{21}, p_{22}, p_{23}, \dots, p_{2u_2}\} \\ n_3 &= \{p_{31}, p_{32}, p_{33}, \dots, p_{3u_3}\} \\ &\dots \\ n_{10} &= \{p_{101}, p_{102}, p_{103}, \dots, p_{10u_{10}}\} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

де $p_{\varphi\xi}$ – ξ -е підмножина φ -го рівня об'єднання функціональних елементів;

$u_1, u_2, u_3, \dots, u_{10}$ – порядки множин $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{10}$.

Процес об'єднання функціональних елементів у підмножини і їх класифікація за рівнями об'єднання виконується до реалізації заданої технології ТВ. При цьому для кожної підмножини функціональних елементів проводиться орієнтація заданої множини технологічних впливів і властивостей функціональних елементів залежно від особливостей експлуатації на базі особливих принципів орієнтації.

Далі виконується необхідний обсяг ТВ згідно з регламентом.

Висновок. Визначено основні принципи МАФР щодо моделювання варіабельності ТС під час технічної експлуатації автомобіля в складній соціально-технічній системі «автомобіль – людина – навколишнє середовище».

Установлено взаємозв'язок між визначенням безпеки руху, моделлю МАФР та показниками експлуатаційних властивостей автомобіля.

Розроблено модель МАФР для технічного обслуговування ходової частини автомобілів, що складається з набору функцій, які описують дії, з обслуговування автомобілів для забезпечення їх справного стану.

Розроблено структурну схему реалізації функціонально-орієнтованих технологій для ТОіР автомобілів, що враховує особливості конструкцій та рівень технологій для технічних впливів. Це дозволяє об'єктивно визначити необхідний обсяг робіт із ТО залежно від результатів діагностики та наявності технологічного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Hollnagel E. From FRAM (Functional Resonance Accident Model) to FRAM (Functional Resonance Analysis Method). Presentation at the FRAM workshop. École des Mines de Paris Centre for Research on Risk and Crises (CRC). 20–22 February. Sophia Antipolis, France. 2008.
- Braithwaite J., Wears R.L., Hollnagel E. Resilient health care: turning patient safety on its head. *International Journal for Quality in Health Care*. 2015. Vol. 27, iss. 5. Pp. 418–420. URL: <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzv063>
- Anderson J. E., Kodate N. Learning from patient safety incidents in incident review meetings: organisational factors and indicators of analytic process effectiveness. *Saf. Science*. 2015. Vol. 80. Pp. 105–114.
- Clay-Williams R., Hounsgaard J., Hollnagel E., Clay-Williams R. Where the rubber meets the road: using FRAM to align work-as-imagined with work-as-done when implementing clinical guidelines Implement. *Science*. 2015. Vol. 10 (1). Pp. 125–136.

5. Pickup L., Atkinson S., Hollnagel E. et al. Blood sampling – two sides to the story. *Appl. Ergon.* 2017. Vol. 59. Pp. 234–242.
6. Raben D. C., Bogh S. B., Viskum B. et al. Proposing leading indicators for blood sampling: application of a method based on the principles of resilient healthcare. *Cognit. Technol. Work.* 2017. Vol. 19 (4). Pp. 809–817.
7. Rutkowska P., Krzyżanowski M. FRAM modelling of the transfer of control over aircraft. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport.* 2018. Vol. 101. Pp. 159–166.
8. Kravchenko A., Sakno O., Lukichov A. Trucks tires resource controlling by control of process of their wearing-out. *Transport Problems.* 2014. Vol. 9, iss. 1. Pp. 83–94. URL: http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2014/zeszyt1/2014t9z1_00.pdf
9. Михайлов А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. Москва : Машиностроение, 2009. 346 с.
10. Сакно О. П., Медведєв Є. П., Колеснікова Т. М. та ін. Дослідження впливу прогресивних технологій обслуговування на технічний стан автотранспортних засобів. *Вісник машинобудування та транспорту.* 2020. Вип. 1 (11). С. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.31649/2415-3486-2020-11-1-107-114>
11. Сакно О. П., Колеснікова Т. М., Олло В. П. Моделювання системи технології технічних впливів на автомобіль. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.* 2019. Вип. 1 (249–250). С. 102–109.

REFERENCES

1. Hollnagel E. *From FRAM (Functional Resonance Accident Model) to FRAM (Functional Resonance Analysis Method)*. Presentation at the FRAM workshop, École des Mines de Paris Centre for Research on Risk and Crises (CRC) 20-22 February, Sophia Antipolis, France. 2008.
2. Braithwaite J., Wears R.L. and Hollnagel E. Resilient health care: turning patient safety on its head. *International Journal for Quality in Health Care.* 2015, no. 27 (5), pp. 418–420. URL: <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzv063>
3. Anderson J.E. and Kodate N. Learning from patient safety incidents in incident review meetings : organisational factors and indicators of analytic process effectiveness. *Saf. Science.* 2015, no. 80, pp. 105–114.
4. Clay-Williams R., Hounsgaard J., Hollnagel E. and Clay-Williams R. Where the rubber meets the road : using FRAM to align work-as-imagined with work-as-done when implementing clinical guidelines. *Implement. Science.* 2015, no 10 (1), pp. 125–136.
5. Pickup L., Atkinson S., Hollnagel E. et al. Blood sampling – two sides to the story. *Appl. Ergon.* 2017, no. 59, pp. 234–242.
6. Raben D. C., Bogh S. B., Viskum B. et al. Proposing leading indicators for blood sampling : application of a method based on the principles of resilient healthcare. *Cognit. Technol. Work.* 2017, no. 19 (4), pp. 809–817.
7. Rutkowska P. and Krzyżanowski M. FRAM modelling of the transfer of control over aircraft. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport.* 2018, no. 101, pp. 159–166.
8. Kravchenko A., Sakno O. and Lukichov A. Trucks tires resource controlling by control of process of their wearing-out. *Transport Problems.* 2014, no. 9, iss. 1, pp. 83–94. URL: http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2014/zeszyt1/2014t9z1_00.pdf
9. Mihaylov A.N. *Osnovyi sinteza funktsionalno-orientirovannykh tekhnologiy mashinostroeniya* [Basics of the synthesis of function-oriented engineering technologies]. Moscow : Mashinostroenie Publ., 2009, 346 p. (in Russian)
10. Sakno O., Medvediev Yev. and Kolesnikova T. *Doslidzhennia vplyvu prohresyvnykh tekhnolohii obsluhovuvannia na tekhnichni stan avtotransportnykh zasobiv* [Research influence of breakthrough maintenance technologies on the technical condition of vehicles]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu* [Bulletin of Mechanical Engineering and Transport]. 2020, no. 1 (11), pp. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.31649/2415-3486-2020-11-1-107-114> (in Ukrainian)
11. Sakno O.P., Kolesnikova T.M. and Ollo V.P. *Modeliuvannia systemy tekhnolohii tekhnichni vplyviv na avtomobil* [Simulation of the system of the technology of technical influences on vehicle]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 1 (249–250), pp. 102–109. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 14.12.2020.