

УДК 629.017



О. В. Літвінов



С. А. Кудімов



Є. П. Тененьов



С. О. Шабатура



М. Р. Мазур

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ (ТЯГОВИХ) ПОКАЗНИКІВ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ

Розроблено методику визначення динамічних (тягових) показників військової автомобільної техніки частин та з'єднань Національної гвардії України під час випробувань. Запропонований метод дозволяє більш якісно проводити приймальні випробування нової та модернізованої автомобільної техніки завдяки визначенню з використанням комп'ютерних програм такого показника, як динамічний фактор.

К л ю ч о в і с л о в а : динамічні показники, Microsoft Excel, Mathcad, автомобільна техніка, випробування.

Постановка проблеми. Вивчення завдань, які виконують Національна гвардія України (НГУ) та інші силові структури з відсічі збройної агресії та участі у здійсненні заходів правового режиму воєнного стану, показало, що швидке переміщення підрозділів, яке досягається високою оперативно-тактичною рухливістю автомобільної техніки, є запорукою їх якісного виконання.

Оперативно-тактична рухливість військової автомобільної техніки забезпечується високою прохідністю по ґрунтовим дорогам, колонним шляхам та місцевості, пристосованістю автомобілів для здійснення багатодобових форсованих маршів з високими середніми швидкостями руху та високими значеннями динамічних (тягових) показників.

Визначення динамічних (тягових) показників за допомогою відомих теоретичних методик проводиться для встановлення основних показників і параметрів автомобіля, за яких забезпечуються його необхідні тягово-швидкісні властивості. При цьому для недопущення помилок та скорочення часу використовують різноманітні комп'ютерні програми.

Теоретичні розрахунки обов'язково перевіряють на практиці проведенням приймальних випробувань стендовим або дорожнім методами.

Приймальні випробування як один з етапів життєвого циклу дослідних зразків, дослідних партій продукції або виробів одиничного виробництва проводяться з метою вирішення питання про доцільність серійного виробництва такої продукції.

Отже, для перевірки важливих для автомобільної техніки динамічних (тягових) показників необхідно проводити випробування.

Таким чином, актуальним питанням є вдосконалення методики визначення динамічних (тягових) показників військової автомобільної техніки під час приймальних випробувань з використанням комп'ютерних програм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із напрямків технічного переоснащення НГУ є забезпечення автомобільною технікою (АТ), а саме: закупівля іноземних зразків, модернізація існуючих та розроблення і виготовлення нових вітчизняних, які відрізняються вантажопідйомністю, прохідністю, маневреністю, масовими, габаритними, тяговими, швидкісними, гальмівними та іншими властивостями [1].

Зауважимо, що відомі теоретичні методики визначення динамічних (тягових) показників і їх складових потребують значного обсягу розрахунків та витрат часу і не виключають помилок у отриманих даних. Вказані операції доцільно автоматизувати за допомогою комп'ютерних програм без участі людського фактора, що забезпечить достовірність отриманих значень та надасть можливість якісного проведення приймальних випробувань нової або модернізованої техніки [2, 3].

Випробування [4] є єдиним джерелом отримання майже всіх достовірних відомостей про властивості та якість колісних машин на всіх етапах їх життєвого циклу – від розробки проєктів і до закінчення терміну служби, і є основою для удосконалення конструкції, технології виготовлення, планування постачання запасними частинами, технічного обслуговування і експлуатації.

Аналіз державних, визначальних відомчих і приймальних випробувань та вимог до їх проведення показав, що їх необхідно проводити з максимальним наближенням до реальних умов військової експлуатації та бойового застосування техніки, однак, обсяг перевірок, який визначено програмами і методиками випробувань, недостатній для повного достовірного оцінювання технічних і експлуатаційних характеристик нових або модернізованих зразків АТ, а саме: відсутні досконалі методики визначення тягового показника (динамічного фактора) [6, 7].

Отже, існуючі методики не дозволяють швидко та точно розрахувати динамічний (тяговий) показник АТ, що унеможливує якісне проведення приймальних випробувань нової або модернізованої техніки.

Мета статті полягає у вдосконаленні методики визначення динамічних (тягових) показників військової автомобільної техніки частин та з'єднань НГУ під час приймальних випробувань з використанням комп'ютерних програм.

Виклад основного матеріалу

Визначення динамічного (тягового) показника АТ класичним способом. З методів класичного тягового розрахунку відзначимо розрахунок динамічного фактора вантажного автомобіля з колісною формулою 6×6, що використовується у складі парку військової техніки НГУ, та який може бути модернізований [8].

Визначення та обчислення технічних характеристик автомобіля ЗІЛ-131 [9] подано на рисунку 1.

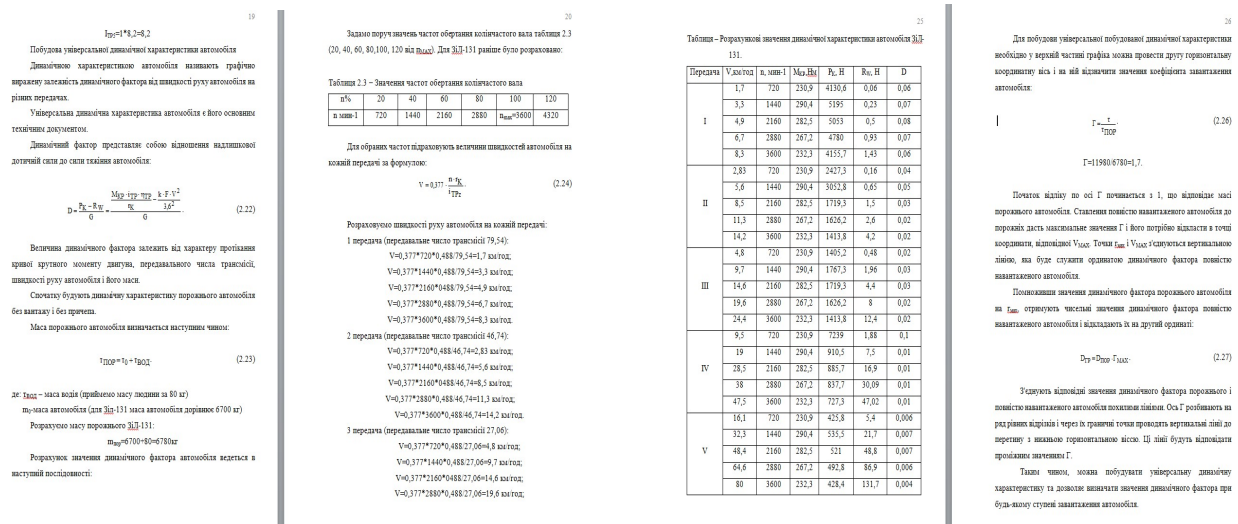


Рисунок 1 – Поетапне визначення динамічного (тягового) показника автомобіля класичним способом

Як бачимо з наведених розрахунків, вони громіздкі, потребують достатньо великої кількості часу і не виключають виникнення похибок, спричинених людським фактором. Для полегшення обчислень застосовуватимемо відому програму Microsoft Excel, до якої будемо вносити всі відомі формули з класичного розрахунку.

Визначення динамічного (тягового) показника АТ за допомогою Microsoft Excel [10]. Також її іноді називають Microsoft Office Excel. Це програма для роботи з електронними таблицями, створена корпорацією Microsoft для Microsoft Windows та Mac OS, а також Android, iOS та Windows Phone. Вона надає можливість проведення економіко-статистичних розрахунків з графічним відображенням отриманих результатів. Microsoft Excel входить до складу Microsoft Office. На сьогоднішній день Excel є одним з найбільш популярних додатків у світі.

Розрахунки мають такий вигляд (рис. 2).

О. В. Літвінов, С. А. Кудімов, Є. П. Тененьов, С. О. Шабатура, М. Р. Мазур. Вдосконалення методики визначення динамічних (тягових) показників військової автомобільної техніки під час приймальних випробувань з використанням комп'ютерних програм

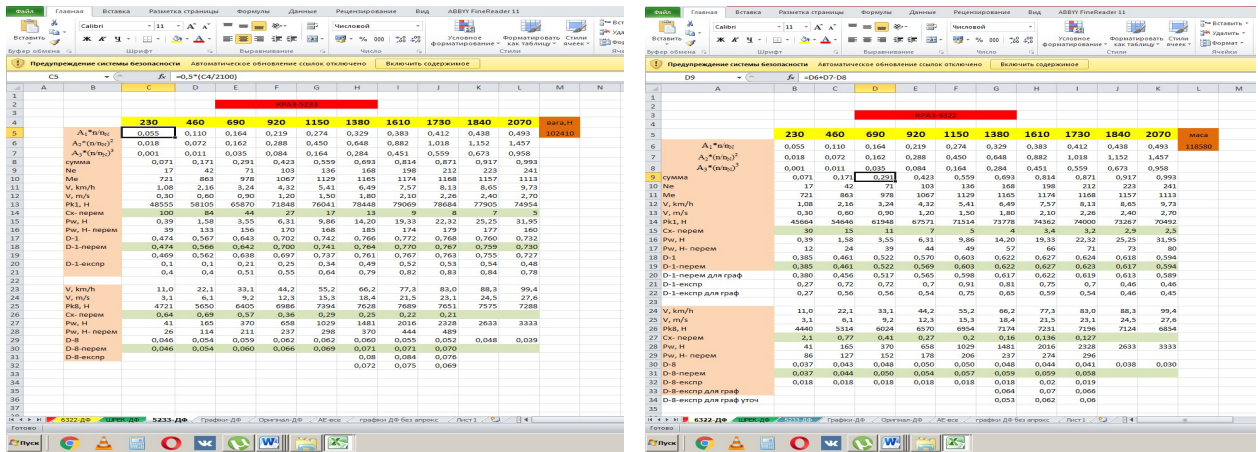


Рисунок 2 – Таблиці Microsoft Excel розрахунку динамічного фактора

Результати розрахунків для КрАЗ-5233 наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків силового балансу та динамічної характеристики вантажного автомобіля КрАЗ-5233

Параметри	Значення параметрів броневих автомобілів КрАЗ-5233									
	230	460	690	920	1150	1380	1610	1730	1840	2070
$n_{об}$	230	460	690	920	1150	1380	1610	1730	1840	2070
A_{1n}/n_N	0,055	0,110	0,164	0,219	0,274	0,329	0,383	0,412	0,438	0,493
$A_2(n/n_N)^2$	0,018	0,072	0,162	0,288	0,450	0,648	0,882	1,018	1,152	1,457
$A_3(n/n_N)^3$	0,001	0,011	0,035	0,084	0,164	0,284	0,451	0,559	0,673	0,958
$A_1+A_2-A_3$	0,071	0,171	0,291	0,423	0,559	0,693	0,814	0,871	0,917	0,993
N_e , кВт	17	42	71	103	136	168	198	212	223	241
M_e , Нм	721	863	978	1067	1129	1165	1174	1168	1157	1133
V , км/год	1,08	2,16	3,24	4,32	5,41	6,49	7,57	8,13	8,65	9,73
P_{k1} , Н	48 555	58 105	65 870	71 848	76 041	78 448	79 069	78 684	77 905	74 954
C_x	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
P_{w1} , Н	0,39	1,58	3,55	6,31	9,86	14,20	19,33	22,32	25,25	31,95
D-1-класич.	0,474	0,567	0,643	0,702	0,742	0,766	0,772	0,768	0,760	0,732
V_8 , км/год	11,0	22,1	33,1	44,2	55,2	66,2	77,3	83,0	88,3	99,4
V_8 , м/с	3,1	6,1	9,2	12,3	15,3	18,4	21,5	23,1	24,5	27,6
P_{k8} , Н	4721	5650	6405	6986	7394	7628	7689	7651	7575	7288
P_{w8} , Н	42	163	370	662	1024	1481	2022	2335	2633	3333
D-8-класич.	0,046	0,054	0,059	0,062	0,062	0,060	0,055	0,052	0,048	0,039

Таким чином, можна дійти висновку, що використання Microsoft Excel дозволило скоротити час на проведення розрахунків, але залишається можливість допущення помилок через часте перенесення отриманих даних.

Методика визначення динамічного (тягового) показника автомобільної техніки з використанням програмного забезпечення Mathcad.

Mathcad [11] – це додаток для математичних та інженерних обчислень, промисловий стандарт проведення, поширення і зберігання розрахунків, продукт компанії PTC, що є світовим лідером розроблення систем САПР, PDM та PLM. Mathcad – універсальна система, яку можна використовувати в будь-якій області науки і техніки, де застосовуються математичні методи.

На відміну від класичного інструмента програмування або електронних таблиць, інтерфейс Mathcad відображає на дисплеї математичну нотацію.

Використовуючи даний програмний продукт та сукупність способів і прийомів, була розроблена методика визначення динамічного (тягового) показника автомобільної техніки, яка має вигляд, наведений на рисунку 3.

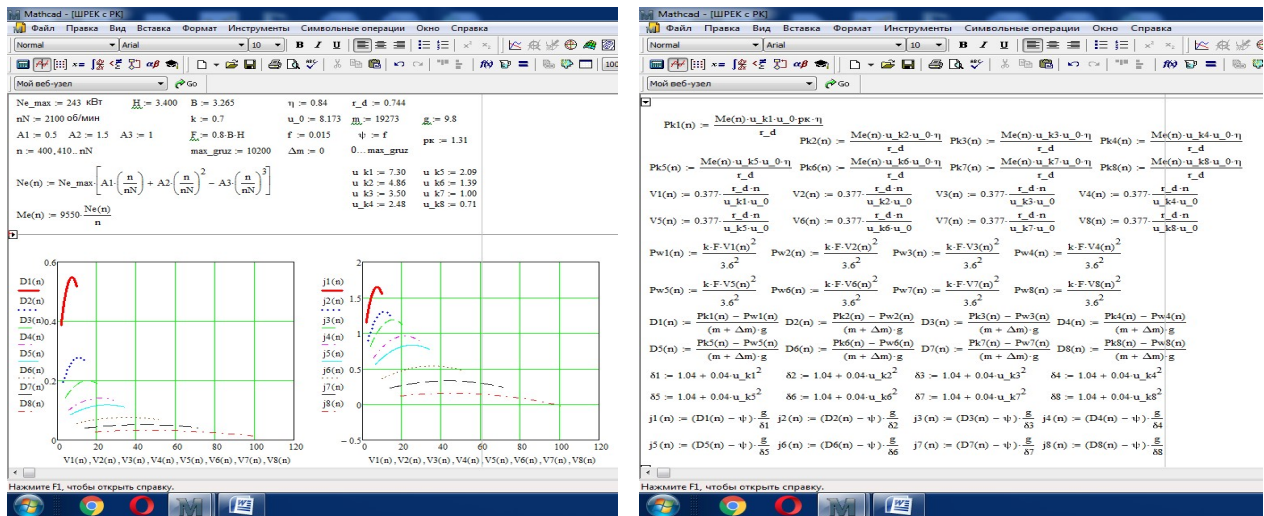


Рисунок 3 – Загальний вигляд робочого вікна для визначення динамічного (тягового) показника автомобільної техніки

За допомогою даного програмного продукту проведено тяговий розрахунок і визначено динамічний фактор автомобілів військового призначення з колісною формулою б×б. Результати зведені у таблицю 2.

Таблиця 2 – Динамічний фактор автомобілів з колісною формулою б×б

№ з/п	Марка автомобіля	ДФ на першій передачі з РК	ДФ на першій передачі без РК	ДФ на вищій передачі без РК
1	УРАЛ-4320	0,89	0,54	0,048
2	ЗИЛ-131	0,61	0,29	0,036
3	Урал-375Д	0,61	0,37	0,032
4	КамАЗ-4310	0,52	0,28	0,032
5	КрАЗ-6322	0,44	0,32	0,026

Використання комп'ютерної програми у середовищі Mathcad дозволило швидко та якісно визначити динамічний фактор класичним способом. Перевагами такого використання є:

- введення мінімальних значень тактико-технічних характеристик;
- відсутність перенесення отриманих значень до інших виразів, що підвищує точність отриманих даних завдяки виключенню похибки людського фактора;
- можливість отримання графічних значень (за потреби).

Методика визначення динамічних (тягових) показників АТ під час приймальних випробувань.

Приймальні випробування проводяться здебільшого на одному або кількох об'єктах, незалежно від кількості дослідних зразків, що знаходяться в дослідній експлуатації, і всі висновки та пропозиції комісії поширюються на інші дослідні зразки. Для комплексів пристроїв (систем) допускаються приймальні випробування одиничних дослідних зразків. Для несерійної та дрібносерійної продукції приймальні випробування проводяться на головному зразку; для нової, модернізованої або модифікованої продукції – на головних зразках першої промислової партії. Приймальним випробуванням можуть не піддаватися дослідні зразки, що виготовляються шляхом агрегування зі складових частин, що вже випускаються, якщо властивості дослідних зразків цілком визначаються властивостями їхніх складових частин, а також дослідні зразки, властивості яких можуть бути цілком визначені експертними або розрахунковими методами [4, 5, 12].

Для випробування тягово-швидкісних показників автомобіля в лабораторних умовах використовують стенди роликового або барабанного типів [13, 14, 15].

На роликовому стенді опір коченню значно більше опорі коченню по дорозі через значну деформацію шин у зоні контакту з опорною поверхнею. На барабанному стенді умови кочення шини менше відрізняються від умов кочення по плоскій дорозі. Чим більше діаметр барабана, тим умови кочення ближче до умов експлуатації.

Стенд дозволяє перевірити роботу двигуна, агрегатів трансмісії і ходової частини, а також оцінити основні експлуатаційно-технічні якості автомобіля, потужність двигуна, тягове зусилля на ведучих колесах, витрату палива на різних швидкісних і навантажувальних режимах, шлях і час розгону до заданої швидкості, втрати потужності на тертя в агрегатах і ходовій частині, найбільший допустимий гальмівний шлях для певної швидкості і одночасність та інтенсивність дії гальмівних механізмів, перевірити і відрегулювати кути керованих коліс і т. ін. (рис. 4).



Рисунок 4 – Загальний вигляд стенда з біговими барабанами

Метою випробувань є перевірка правильності, якості складання і регулювання механізмів, агрегатів і автомобіля в цілому, а також перевірка показників заявлених тактико-технічних характеристик [13, 14, 15].

Для проведення випробування дорожнім методом використовують випробувальні полігони.

Випробувально-демонстраційний полігон «АвтоКрАЗ» [16] – єдиний в Україні полігон для випробування колісної техніки, зокрема військової автомобільної техніки (рис. 5).



Рисунок 5 – Випробувально-демонстраційний полігон «АвтоКрАЗ»

Для випробувань тягово-швидкісних властивостей автомобілів встановлена така номенклатура показників [13, 14, 15]: швидкісна характеристика «розгін-вибіг»; характеристика розгону на вищій і передній передачах; швидкісна характеристика на дорозі зі змінним поздовжнім профілем; максимальна швидкість; умовна максимальна швидкість; час розгону на шляху 400 м і 1000 м; час розгону до заданої швидкості.

Отже, використання випробувально-демонстраційних полігонів для проведення дорожніх приймальних випробувань є єдиним способом отримання достовірних даних про стан АТ з максимально приблизенням до реальної військової експлуатації та бойового застосування.

Вдосконалена методика визначення динамічних (тягових) показників військової АТ НГУ під час приймальних випробувань з використанням комп'ютерних програм.

Методика [17] – це сукупність способів і прийомів доцільного проведення будь-якої роботи.

Вдосконалена методика визначення динамічних (тягових) показників військової АТ частин та з'єднань НГУ під час приймальних випробувань передбачає вдосконалення класичного способу визначення динамічних (тягових) показників за допомогою комп'ютерної програми у середовищі Mathcad та застосування одного з видів приймальних випробувань стендовим або дорожнім методами.

Алгоритм проведення приймальних випробувань набуде такого вигляду (рис. 6).

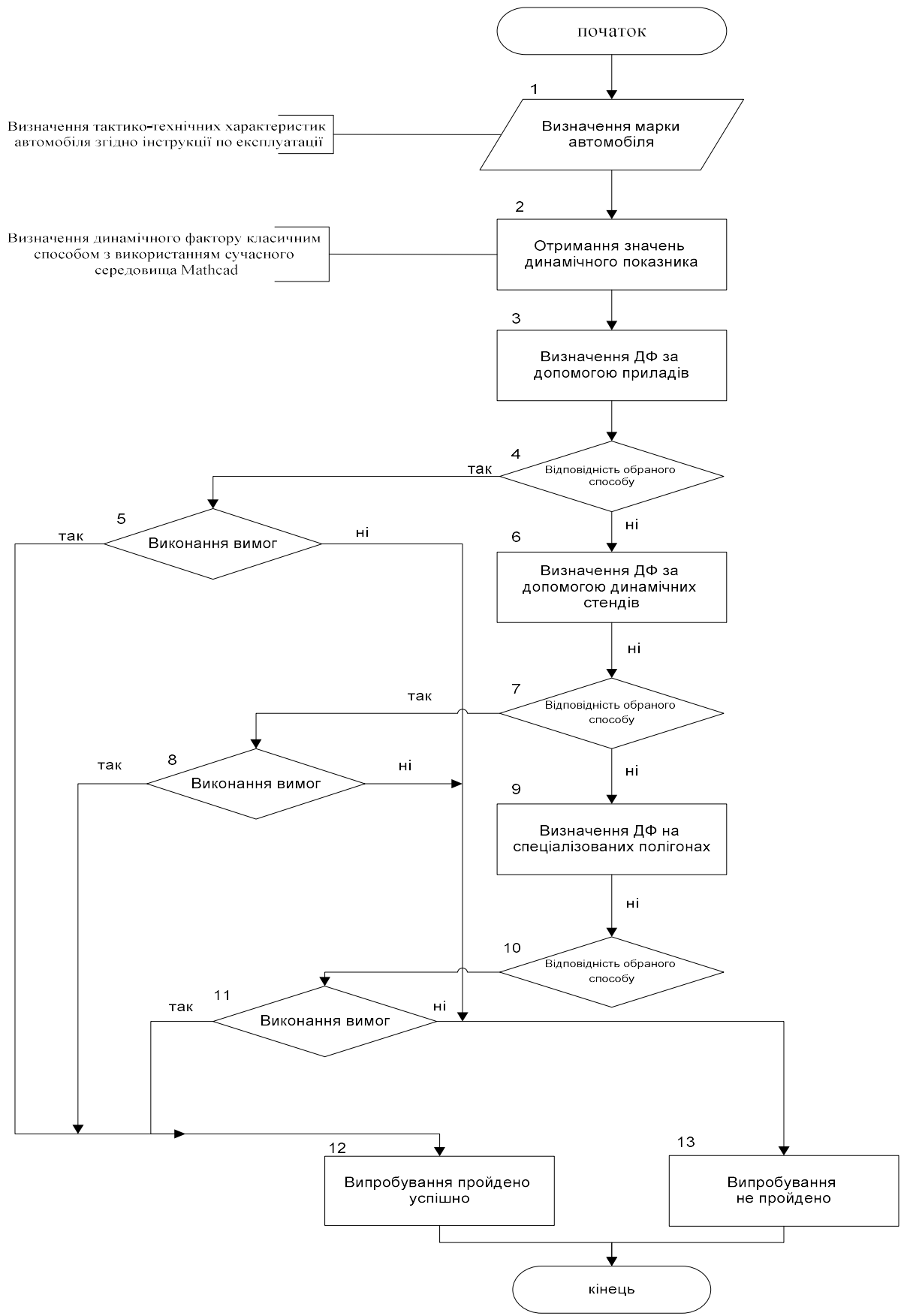


Рисунок 6 – Алгоритм проведення приймальних випробувань

Блок 1. Вхідні дані, де визначається марка автомобіля та вносяться його тактико-технічні характеристики.

Блок 2. Визначення динамічного показника з використанням сучасного середовища Mathcad та подальшоме визначення способу його підтвердження.

Блок 3. Вибір способу. Обираємо спосіб визначення динамічного фактора за допомогою приладів.

Блок 4. Визначаємо відповідність (наявність) обраного способу. Якщо спосіб задовольняє – проводимо випробування (блок 5) та визначаємо придатність (блок 12) чи не придатність (блок 13) зразка АТ за тяговим показником. Якщо спосіб не задовольняє – переходимо до наступного способу.

Блок 6. Вибір способу. Обираємо спосіб визначення динамічного фактора за допомогою динамічних стендів.

Блок 7. Визначаємо відповідність (наявність) обраного способу. Якщо спосіб задовольняє – проводимо випробування (блок 8) та визначаємо придатність (блок 12) чи не придатність (блок 13) зразка АТ за тяговим показником. Якщо спосіб не задовольняє – переходимо до наступного способу.

Блок 9. Вибір способу. Обираємо спосіб визначення динамічного фактора на спеціалізованих полігонах.

Блок 10. Визначаємо відповідність (наявність) обраного способу. Якщо спосіб задовольняє – проводимо випробування (блок 11) та визначаємо придатність (блок 12) чи не придатність (блок 13) зразка АТ за тяговим показником. Якщо спосіб не задовольняє – переходимо до наступного способу.

Таким чином, використання даної вдосконаленої методики дозволить проводити приймальні випробування нової та модернізованої АТ більш якісно завдяки визначенню такого показника, як динамічний фактор.

Висновки

1. Застосування класичного тягового розрахунку для отримання значень динамічних (тягових) показників військової АТ показало його недосконалість, а саме: розрахунки громіздкі та потребують достатньо великої кількості часу для їх проведення і не виключають виникнення похибок, спричинених людським фактором.

2. Розроблена методика визначення тягового показника за допомогою сучасного програмного забезпечення у середовищі Mathcad, що дозволяє швидко та якісно визначати динамічні (тягові) показники класичним способом. Вона має такі переваги:

- введення мінімальних значень тактико-технічних характеристик;
- не потрібно переносити отримані значення до інших виразів, що підвищує точність отриманих даних завдяки виключенню похибки людського фактора;
- можливість отримання графічних значень (за потреби).

3. Вдосконалено методику, яка завдяки визначенню динамічного фактора дозволить більш якісно проводити визначення динамічних (тягових) показників нової та модернізованої АТ під час приймальних випробувань.

Перелік джерел посилання

1. Обґрунтування вимог до тактико-технічних та експлуатаційних характеристик автомобілів та бойових машин Національної гвардії України : монографія / М. А. Подригало та ін. Харків : НА НГУ, 2017. 348 с.

2. Літвінов О. В., Кайдалов Р. О. Оцінка показників динамічності броньованих автомобілів при визначальних випробуваннях. *Новітні технології у автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців* : наук. пр. міжнар. наук.-практ. та наук.-метод. конф., м. Харків, 20-21 жовт. 2016 р. Харків, 2016. С. 140.

3. Оцінка показників динамічності спеціалізованої колісної техніки КРАЗ / Літвінов О. В., Кайдалов Р. О., Черняк Р. Є., Дунь С. В. *Особливості викладання фахових дисциплін технічний спеціальностей – виклики часу та перспективи* : матеріали наук.-метод. конф., м. Харків, 21 берез. 2017 р. Харків, 2017. С. 96.

4. Про затвердження Порядку проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.02.2021 р. № 159. URL: <http://surl.li/hroezc> (дата звернення: 20.07.2024).

5. Про затвердження Інструкції з організації проведення підконтрольної експлуатації озброєння та військової техніки у Збройних Силах України : наказ Міністерства оборони України від 16.11.2018 р. № 578. URL: <http://surl.li/ncsexqr> (дата звернення: 20.07.2024).

6. Літвінов О. В., Кайдалов Р. О. Аналіз вимог до визначення характеристик спеціалізованих броньованих автомобілів при проведенні їх випробувань. *Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах* : тези доп. 16-ї наук.-техн. конф., м. Чернігів, 08-09 верес. 2016 р. Чернігів, 2016. С. 108, 109.

7. Коробко А. І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Харків, 2013. 176 с.

8. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. Ч. 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів. В. П. Сахно та ін. Донецьк : Ноулідж, 2014. 444 с.

9. Вантажний автомобіль ЗІЛ-131. URL: <https://mil.in.ua/uk/articles/zil-131/> (дата звернення: 08.07.2024).

10. Microsoft Excel. URL: <http://surl.li/scsaoh> (дата звернення: 08.07.2024).
11. Mathcad. URL: <https://mathcad.com.ua/> (дата звернення: 08.07.2024).
12. Експериментальне оцінювання тягово-швидкісних показників спеціальної колісної техніки за допомогою мікропроцесорного комплексу / Литвінов О. В., Кайдалов Р. О., Малишкін С. А., Кашпур В. М. *Честь і закон*. 2018. № 1. С. 95 – 105.
13. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів : навч. посіб. Суми : СНАУ, 2015. 213 с.
14. Подригало М. А., Яровий Г. Г., Горелищев С. А. Проблемні питання бронювання колісної техніки. *Підвищення якості продукції машинобудівних та ремонтних підприємств* : зб. матеріалів II Всеукраїнського наук.-практ. онлайн-семінару. м. Харків, 25 трав. 2023 р. Харків, 2023. С. 41, 42.
15. Смірнова Н. В., Леонтєв Д. М. Аналіз режимів руху в задачах проектування та експлуатації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги*. 2014. № 5 (241). С. 23 – 25.
16. Автополігон КрАЗ. URL: <http://surl.li/yeqkjm> (дата звернення: 08.07.2024).
17. Волков В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2003. 292 с.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2024 р.

UDC 629.017

О. Litvinov, S. Kudimov, Ye. Tenenov, S. Shabatura, M. Mazur

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE DYNAMIC (TRACTION) PERFORMANCE OF MILITARY VEHICLES DURING ACCEPTANCE TESTS USING COMPUTER PROGRAMS

A methodology for determining the dynamic (traction) performance of military automotive vehicles f units and formations of the National Guard of Ukraine during testing has been developed. The proposed method makes it possible to carry out tests, namely, acceptance tests, both new and modernized automotive equipment, more qualitatively, by determining such an indicator as the dynamic factor using computer programs.

The obtained value of dynamic (traction) indicators by the theoretical method for military vehicles by classical calculation showed its lack of perfection, namely, the calculations are cumbersome and require a sufficiently large amount of time to carry out and do not exclude the occurrence of errors caused by the “human factor”.

A methodology for determining the traction indicator using modern software in the Mathcad environment has been developed, which allowed to quickly and efficiently determine dynamic (traction) indicators in the classical way, while having the following advantages

- introduction of minimum values of tactical and technical characteristics;
- no transfer of the obtained values to other expressions, which increases the accuracy of the data obtained by eliminating the human factor error;
- the possibility of obtaining graphical values (if necessary).

An improved methodology for determining the dynamic (traction) performance of new and modernized automotive equipment during acceptance tests has been developed, which will allow for better quality testing, namely, during acceptance tests of both new and modernized automotive equipment, due to the definition of such an indicator as the dynamic factor.

К e y w o r d s : dynamic indicators, Microsoft Excel, Mathcad, automotive engineering, testing.

Литвінов Олексій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0003-0009-5129>

Кудімов Сергій Анатолійович – доктор філософії, доцент кафедри вогневої підготовки Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-7772-7115>

Тененьов Євгеній Петрович – старший викладач кафедри вогневої підготовки Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0009-0006-9128-0563>

Шабатура Сергій Олександрович – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України.

<http://orcid.org/0000-0003-1107-2088>

Мазур Максим Романович – курсант факультету логістики Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0009-0005-7037-9356>