

СИСТЕМА МОДУЛЬНО-УНІФІКОВАНИХ МОСТІВ ДЛЯ ПОВНОПРИВІДНИХ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШАСІ, СТВОРЕНИХ НА ОСНОВІ ТРВЗ

ТзОВ "Науково-технічний центр "Автополіпром"

Анотація

На основі застосування теорії рішення винахідницьких задач розроблені інноваційні компоувальні схеми модульно-уніфікованих незалежних підвісок керовано-тягових, тягових та тягово-керованих мостів одного типорозміру з допустимими навантагами у діапазоні 3000-9000 кг для створення базових автомобільних повнопривідних колісних шасі з різними колісними формулами і повними масами понад 6000 кг. Визначені основні протиріччя, пов'язані з створенням лише одного типорозміру незалежних підвісок коліс та наведені варіанти їх усунення.

Ключові слова: теорія рішення винахідницьких задач, повнопривідний вантажний автомобіль, незалежна підвіска коліс, базове повнопривідне шасі, модульна уніфікація підвісок коліс.

Abstract

On the basis of the application of the theory of solving inventive problems, innovative layout schemes of modular-unified independent suspensions of controlled-traction, traction and traction-controlled bridges of the same size with permissible loads in the range of 3000-9000 kg have been developed for the creation of basic automobile all-wheel drive wheeled chassis with different wheel formulas and with total weights of more than 6000 kg. The main contradictions associated with the creation of only one standard size of independent wheel suspensions are determined and options for their elimination are given.

Keywords: theory of solving inventive problems, four-wheel drive truck, independent wheel suspension, basic four-wheel drive chassis, modular unification of wheel suspensions.

Вступ

Повнопривідні автомобілі широко експлуатуються у збройних силах будь-якої країни практично у всіх родах військ для виконання найрізноманітніших функцій. Їх основною складовою частиною являються базові повнопривідні шасі з кабіною, які застосовуються для створення найпоширеніших автомобілів загального призначення (транспортних), а також спеціальних і спеціалізованих, зокрема, бойових.

Аналіз повнопривідних автомобільних шасі, на базі яких створені автомобілі різного призначення наявної на нинішній час номенклатури, окрім автомобілів особливо малої вантажопідйомності, показує, що їх вантажопідйомність охоплює дуже великий діапазон – від 2000 кг до 30000 кг і більше [1]. Відповідно, і допустима повна конструктивна маса таких автомобілів теж різниться у кілька разів, навіть до понад восьми.

Звісно, експлуатація та поточний ремонт таких автомобілів потребує дуже великої номенклатури запасних частин та комплектувальних виробів, для зберігання яких необхідна велика кількість складських приміщень, розташованих у багатьох розосереджених на значні відстані місцях. Тому, підтримання автомобільної техніки у працездатному стані являється дуже не простою задачею, особливо під час проведення реальних бойових дій під час воєн.

Результати дослідження

Головною функцією будь-яких автомобільних шасі з кабіною, зокрема, повнопривідних, являється перевезення різних вантажів, відповідного обладнання або бойових комплексів. Отже, головним і визначальним параметром базових шасі являється їх вантажопідйомність, оскільки і вмістимість кабін, зокрема, подвійних, теж пов'язана з вантажопідйомністю.

Загалом, задана вантажопідйомність базових автомобільних шасі з кабіною може досягатися двома напрямками:

- застосуванням керовано-тягових, тягових та тягово-керованих мостів з різною допустимою навантагою у межах однієї і тієї ж колісної формули;
- застосування різних колісних формул на основі використання керовано-тягових та тягових і тягово-керованих мостів однієї і тієї ж допустимої навантаги.

Зрозуміло, що для створення базових повнопривідних автомобільних шасі з доволі поширеною колісною формулою 4x4.1 і з різною вантажопідйомністю, яка характеризується їх спорядженою та допустимою повною конструктивною масою, необхідною умовою являється наявність мостів усіх типів з допустимою навантагою у широкому діапазоні. Як відомо, допустима повна маса двомостових автомобілів з колісною формулою 4x4.1 або 4x2.1, становить не більше 18000 кг. Отже, для базових шасі з такою повною масою необхідні мости з допустимою навантагою 9000 кгс (88,25 кН). З іншого боку, для автомобілів з повною масою, наприклад 6000 кг та 12000 кг необхідні ще два типорозміри мостів з допустимими навантагами 3000 кг (29,42 кН) та 6000 кг (58,64 кН) [2].

З позицій теорії рішення винахідницьких задач (ТРВЗ) [3], ідеальним кінцевим результатом (ІКР) виконання дослідно-конструкторських робіт з проектування повнопривідних автомобільних шасі з кабіною являється наявність у їх трансмісіях і ходових частинах лише одного типорозміру максимально-уніфікованих керовано-тягового і тягового та тягово-керованих мостів. Але, застосування мостів з допустимою навантагою навіть 6000 кгс або, тим паче, 9000 кгс у конструкціях базових шасі з повною конструктивною масою 6000 кг видається алогічним рішенням. Отже, у системі "шасі – (керовано-тяговий + тяговий мости)" при колісній формулі 4x4.1 наявні два основних протиріччя:

- з одного боку, у цій системі повинен бути застосований лише один типорозмір мостів усіх видів і з однаковою допустимою навантагою;
- з іншого – необхідна кількість типорозмірів мостів повинна бути відповідною, принаймні, повній конструктивній масі шасі.

Позитивним фактором ІКР, тобто, одного типорозміру переднього керовано-тягового та заднього тягового мостів, відповідно до А-матриці [4], являється "універсальність" (02), шкідливим фактором – "вага рухомого об'єкту" (32). За цими факторами навігатор А-матриці рекомендує наступні прийоми усунення виявлених протиріч: (03) – "дроблення", (20) – "універсальність", (07) – "динамізація" та (32) – "антивага".

Стосовно конструкцій керовано-тягового та тягового мостів повнопривідного автомобільного шасі прийом (03) "дроблення" передбачає:

- розділення об'єкту на незалежні частини;
- виконання об'єкту розбірним;
- збільшення степені дроблення об'єкту.

У свою чергу, прийом (07) "динамізація" пропонує:

- зміну характеристик об'єкту таким чином, щоби вони були оптимальними на кожному кроці його роботи;
- розділення об'єкту на частини, здатні переміщатися відносно одна одної.

Прийом "універсальність" (20) передбачає виконання об'єктом кількох різних функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

Прийом "антивага" (32) для усунення виявлених протиріч "шасі – (керовано-тяговий + тяговий мости)" не придатний для застосування.

Аналіз рекомендованих дій за навігаторами "дроблення" (03), "динамізація" (07) та "універсальність" (20) призводять до наступних можливих рішень (табл. 1):

Таблиця 1 – Напрямки усунення протиріч системи "шасі – (керовано-тяговий + тяговий мости)"

Навігатор	Обґрунтування	Напрямки усунення протиріч
«дроблення» (03)	домінуючий навігатор	розділення керовано-тягового моста на три складові частини: - підвіску коліс до рами шасі; - редуктор головної передачі з карданными валами; - кермову трапецію
		розділення тягового моста на три складові частини: - підвіску коліс до рами шасі;
		- редуктор головної передачі з карданными валами
		розділення підвіски коліс на дві незалежні частини: - підвіску; - колеса (колісні диски + пневматичні шини)

Кінець табл. 1

Навігатор	Обґрунтування	Напрямки усунення протиріч
«динамізація» (07)	заміна балок мостів редукторами головної передачі	розділення керовано-тягового моста на дві складові частини: - підвіску коліс до рами шасі з кермовим механізмом; - редуктор головної передачі
		розділення тягового моста на дві складові частини: - підвіску коліс до рами шасі; - редуктор головної передачі з карданними валами
універсальність» (20)	застосування підвісок коліс у мостах різної допустимої навантаги	проектування максимально-уніфікованих незалежних підвісок коліс для керовано-тягових та тягових мостів
		застосування різних типорозмірів коліс – колісних дисків та пневматичних шин для забезпечення необхідних допустимих навантаг на керовано-тяговий та тяговий мости

Отже, ідея вирішення завдання щодо створення і застосування у конструкціях ходових частин та трансмісій базових повнопривідних автомобільних шасі з різною повною масою та відповідною вантажопідйомністю мостів усіх видів за призначенням одного типорозміру полягає у:

- застосуванні принципів модульного проектування технічних об'єктів;
- у проектуванні одного, а при потребі, двох типорозмірів максимально-уніфікованих конструкцій (рис. 1):
- важільної системи і колісного вузла незалежних підвісок коліс у варіантах з поворотним для керовано-тягового моста та застопореним кулаком або з неповоротною цапфою для тягових мостів;
- редуктора головної передачі з карданними валами.

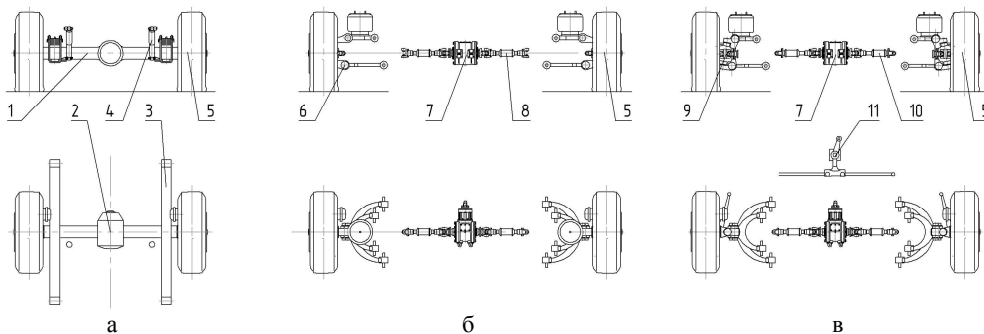


Рис. 1. Схема дроблення класичного тягового моста балкового типу з ресорною підвіскою коліс (а) на складові частини тягового (б) та керовано-тягового (в) мостів з незалежною підвіскою коліс:

- 1) – класичний тяговий міст балкового типу повнопривідних вантажних автомобілів з колісною формулою 4x4.1;
- 2) – редуктор головної передачі; 3) – ресора; 4) – телескопічний амортизатор; 5 – колесо в зборі;
- б) – двоважільна незалежна підвіска тягового моста з пневматичним пружним елементом;
- 7) – редуктор головної передачі; 8) – карданний вал; 9) – двоважільна незалежна підвіска керовано-тягового моста з пневматичним пружним елементом; 10) – карданний вал; 11 – частина кермової трапеції

Збільшення допустимої навантаги на керовано-тяговий та тяговий мости за умови застосування одного типорозміру уніфікованої двоважільної підвіски, у даному випадку, з поперечним розміщенням важелів, можливе лише шляхом заміни коліс, тобто колісних дисків і пневматичних шин, розрахованих на різні допустимі навантаги. Проте, знову виникають нові протиріччя:

- важільна система незалежної підвіски коліс повинна бути лише одного типорозміру;
- важільна система незалежної підвіски коліс повинна бути розрахована на задані або необхідні допустимі навантаги, наприклад, 3000 кГс, 6000 кГс і 9000 кГс, тому має бути відповідна кількість їх типорозмірів (у даному випадку, три);
- карданні шарніри рівних кутових швидкостей повинні передавати найбільший передбачуваний крутний момент.

Одна з умов вирішення наведених протиріч полягає у застосуванні різних колісних дисків але з однаковою кількістю і єдиними розмірними параметрами отворів їх кріплення до маточин коліс.

Інша принципова умова – важільна система та колісний вузол повинні бути розраховані на міцність з найбільшою передбачуваною навантаги на керовано-тяговий та тяговий мости. При цьому, їх маса повинна відповідати доцільності застосування у конструкціях мостів з найменшою допустимою навантагою.

У табл. 2 наведені основні технічні параметри керованих мостів з незалежною підвіскою коліс на поперечних важелях з пружними елементами у вигляді пневматичних балонів виробництва італійської компанії "Brist axle s.r.l." [5].

Таблиця 2 – Основні технічні параметри незалежних підвісок коліс фірми "Brist axle s.r.l."

Призначення моста	Модель	Допустима навантага на міст, кГс	Типорозмір шин	Маса без коліс, кг
Керований	IFS TJ 58-225	5800	275/70 R22.5	469
	IFS TJC 58-225	8000	315/70 R22.5	460
	IS TJC 58-225	12000	445/65 R22.5	572

Аналіз параметрів мас наведених моделей незалежних підвісок показує, що маса керованого моста з незалежною підвіскою коліс, розрахованого на максимальну допустиму навантагу 9000 кГс може становити біля 490 кг. Тоді орієнтовна маса моста з допустимою навантагою 6000 кГс становитиме 460 кг, а з допустимою навантагою 3000 кГс біля 405 кг. Отже, збільшення маси моста, розрахованого на допустиму навантагу 3000 кГс рівне 85 кг або 21 %, а розрахованого на допустиму навантагу 6000 кГс всього 30 кг або 6,5 % без урахування зменшення мас за рахунок менших типорозмірів пневматичних пружних елементів. З огляду на максимальну уніфікацію керовано-тягових мостів з керованими мостами можна стверджувати, що маса їх важільної системи буде тотожною, а відповідне збільшення мас відбуватиметься за рахунок мас елементів приводу коліс, зокрема, шарнірів рівних кутових швидкостей.

Отже, на основі одного типорозміру незалежної підвіски коліс на поперечних важелях можливе створення базових автомобільних повнопривідних шасі з різними колісними формулами та різними повними масами, тобто різної вантажопідйомності. Наприклад, при обладнанні підвісок колесами типорозміру 315/70 R22.5 з допустимою навантагою на одне колесо 9000 кГс, типорозмірний ряд базових шасі буде складатися з таких моделей [6]:

- шасі з колісною формулою 4x4.1 з повною конструктивною масою 18000 кг;
- шасі з колісною формулою 6x6.1 з повною конструктивною масою 27000 кг;
- шасі з колісною формулою 8x8.1 з повною конструктивною масою 36000 кг;
- шасі з колісною формулою 10x10.1 з повною конструктивною масою 45000 кг.

Якщо ж розглядати автомобільні повнопривідні шасі з колісною формулою, наприклад, 4x4.1, то у залежності від типорозмірів колісних дисків та пневматичних шин, їх повні конструктивні маси можуть бути будь-якими у дуже широкому діапазоні – від 6000 кг до 18000 кг (рис. 2).

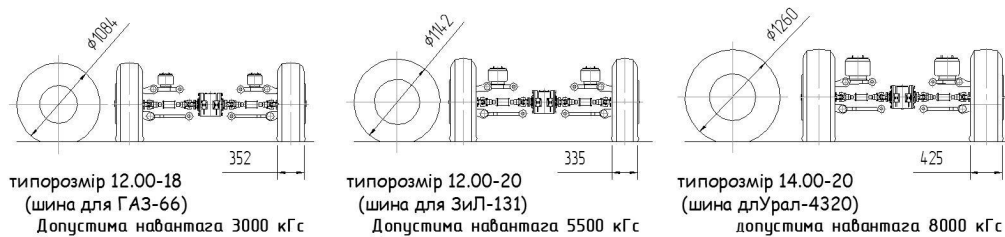


Рис. 2. Типорозмірний ряд задніх тягових мостів повнопривідних автомобільних шасі

У конструкціях модульно-уніфікованих автомобільних мостів усіх видів повинні також застосовуватися і пневматичні пружні елементи відповідної допустимої навантаги.

Аналіз пропонованого рішення щодо проектування модульно-уніфікованих незалежних підвісок коліс повнопривідних автомобільних шасі показує, що:

- у діапазоні допустимих навантаг на передні керовано-тягові та задні тягові мости 3000-9000 кГс (29,42-88,25 кН) можливе застосування лише одного типорозміру важільної системи та колісного вузла;
- колісні вузли можуть бути виготовлені в одному із двох наступних варіантів:
 - у двох модифікаціях, призначених для застосування у керовано-тягових і тягових мостах (ІКР досягнутий не повністю);
 - в одній моделі, але в якій у випадку створення заднього тягового моста поворотний кулак заблокований (ІКР майже досягнутий);
- керовано-тягові та тягові мости, розраховані на різні допустимі навантаги, повинні бути обладнані колісними дисками та пневматичними шинами з відповідними допустимими навантагами на одне колесо.

Що стосується редукторів головної передачі та карданних валів керовано-тягових, тягових та тягово-керованих мостів, то можливі два варіанти їх проектування:

- в одному типорозмірі, розрахованому на найбільший розрахунковий крутний момент;
- у двох типорозмірах, передбачених для застосування в автомобілях з колісною формулою 4x4.1 із силовими агрегатами номінальною потужністю у двох розрахункових діапазонах – 80,0-145 кВт та 145-210 кВт.

Проте, питання щодо кількості типорозмірів редукторів головних передач і проміжних редукторів, призначених для застосування у базових шасі з різними колісними формулами, потребує додаткових досліджень.

Пропонована система модульно-уніфікованих незалежних підвісок ідеальна для створення базових шасі з електричним тяговим приводом. Для таких автомобілів достатньо одного або двох типорозмірів редукторів головної передачі, а потреба у проміжних редукторах взагалі відпадає,

Для забезпечення необхідної питомої потужності базових автомобільних шасі з електричним тяговим приводом теж можливі два варіанти, пов'язані із:

- застосуванням на кожному мості одного тягового електричного двигуна заданої номінальної потужності;
- застосуванням на кожному мості двох тягових електричних двигунів заданої номінальної потужності.

У будь-якому випадку, питання щодо застосування двох тягових електричних двигунів, сумарна потужність яких рівна номінальній потужності одного електродвигуна, теж потребує відповідних досліджень, хоча ряд публікацій на цю тему стверджує про ряд переваг такого рішення.

Висновки

Пропонований принцип створення максимально-уніфікованих конструкцій передніх керовано-тягових та задніх тягових мостів, розроблений на основі використання методів теорії рішення винахідницьких задач, видається доцільним для застосування, оскільки являється перспективним і економічно вигідним. Адже експлуатація повнопривідних автомобілів, створених на основі застосування таких мостів, з колісними формулами 4x4.1, 6x6.1, 8x8.1 тощо, не потребуватиме величезної номенклатури запасних частин для поточного ремонту агрегатів їх ходових частин та трансмісій. Ти паче, що на базі цих мостів легко створюються передні керовані та задні тримальні мости, а для автомобілів з колісними формулами 8x8.1 або 10x10.1 необхідні тягово-керовані мости, які, фактично, являються максимально-уніфікованими модифікаціями передніх керовано-тягових мостів.

Окрім того, проведення дослідно-конструкторських та експериментальних робіт зі створення максимально-уніфікованих автомобільних мостів усіх видів за функціональним призначенням, та технологічної підготовки їх виробництва потребуватиме у десятки разів менших обсягів фінансування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтків С. В. Концепція створення типорозмірного ряду повнопривідних колісних шасі. Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", 23-25 жовтня 2023 р. Харків : ХНАДУ, 2023. С. 83-86.
2. Войтків С. В. Концепція формування типажу базових автомобільних шасі військової техніки. Збірник тез доповідей II-ої Міжнародної науково-технічної конференції "Перспективи розвитку машинобудування та транспорту - 2021" (13-15 травня 2021 року). Вінниця, 2021. С 456-457.
3. Петров В. Теория решения изобретательских задач - ТРИЗ. Учебник по дисциплине "Алгоритмы решения нестандартных задач". М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2018. 500 с.
4. Орлов М. Первичные инструменты ТРИЗ. Справочник практика. М. : СОЛОН-ПРЕСС. 2010. 128 с.
5. Independent Front Suspension (IFS). URL: <https://bristaxle.com/products/independent-front-suspension/> (дата звернення 11.03 2024).
6. Войтків С. В. Система модульного проектування автомобільних шасі з кабіною. Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ-2020). 18-29 травня 2020 року. Збірник доповідей. Вінниця. ВНТУ, 2020. С. 3267-3269.

Войтків Станіслав Володимирович – канд. техн. наук, Заслужений машинобудівник України, генеральний конструктор, ТзОВ "Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів, e-mail: voytkivsv@ukr.net.

Voytkiv Stanislav V. – Cand. Sc. (Eng), The deserved machine engineer of Ukraine, general designer "Scientific and technical center "Autopoliprom", e-mail: voytkivsv@ukr.net.