



В. П. Пісарєв

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ МОДУЛЬНОЇ ГУСЕНИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО БЕЗПЛОТНИКА

Запропонована концепція гусеничної платформи для безпілотників різного призначення за модульним підходом. Передбачено конструкцію несучої частини платформи (корпус, який складається з декількох модулів, однакових за конструкцією середніх частин) і модулів індивідуальних підвісок (балансир – гідропневматична ресора – опорний коток). Гусеничний рушій традиційний (гусениця, ведуче і направляюче колеса, механізм натягування гусениці, опорні та підтримуючі котки). В концепцію конструкції платформи закладено можливість зміни просторового положення корпусу регулюванням ходів підвісок і гусеничного обводу (за обома бортами). Зміна положення корпусу і геометрії гусеничного обводу здійснюються синхронно шляхом застосування гідравлічної системи регулювання в підресорюванні і в гідравлічному механізмі натягування гусениці.

К л ю ч о в і с л о в а: безпілотник, модульний підхід, гусеничний рушій, підресорювання, регулювання положення корпусу гусеничної платформи.

Постановка проблеми. Модульний підхід до створення транспортних засобів різного призначення наразі є сучасною тенденцією. Це характерне і для засобів військового призначення, наприклад, наявність модуля з озброєння. Відомо також, що сучасною тенденцією є розроблення і впровадження безпілотних транспортних засобів. У військовій справі однією з суттєво важливих причин є потреба захисту життя екіпажів машин. Разом з цим така якість як багатофункціональність не втратила своєї актуальності. У військовій справі безпілотники здійснюють не тільки ураження противника різною за якістю і могутністю зброєю, а і виконують багато інших задач. Зрозуміло, що визначення параметрів базової універсальної модульної платформи за умови задоволення різнопланових і суперечливих вимог (на шляху створення сімейства об'єктів з різними функціями) є задачею актуальною і складною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні відомі безпілотники з гусеничним рушієм, з різним ступенем відповідності сучасним вимогам [1, 2, 3]. Концептуально набули чинності дві основні тенденції розроблення (проектування) безпілотників: перша – максимально застосовувати існуючі традиційні конструктивні рішення (в тому числі застосування вузлів, агрегатів, позитивні якості яких підтверджені досвідом експлуатації); друга – застосовувати нові конструктивні рішення з елементами суттєвої новизни конструкції і структури модульної гусеничної платформи багатофункціонального безпілотника, її універсальних якостей.

За першою тенденцією слід звернути увагу на робототехнічний комплекс (РТК) Ripsaw M5 [1] і універсальну бойову платформу “Армата” [2]. Перший розроблено для участі в програмі Robotic Combat Vehicle збройних сил USA. Метою цієї програми є розроблення перспективних РТК воєнного призначення з широкими можливостями. Нова техніка повинна мати порівняно невелику вартість і бути сконструйованою на основі існуючих компонентів.

РТК Ripsaw M5 – легка і компактна гусенична машина з дистанційним керуванням. За своєю суттю машина M5 є модернізованим варіантом попередніх всюдиходів, зміненим відповідно до вимог військовиків. Перероблено форму корпусу, доданий захист, а також передбачені місця для різної апаратури. Компонівка машини не зазнала суттєвих змін: двигун і трансмісія розташовані у кормі, тоді як інші об'єми віддані під інше обладнання.

Суттєво змінено підвіску (на кожному з бортів знаходиться по шість опорних котків, зблокованих попарно).

Раніш Ripsaw мав пружинну підвіску, але на М5 використано гідропневматичну. Новий проект є результатом сумісної роботи двох організацій у складі компанії Textron. Гусеничне шасі модернізувала компанія-розробник Howe & Howe Technologies, а апаратуру спостереження та інші компоненти надала FLIR Systems. Не дивлячись на суттєве перероблення конструкції, М5 зберігає високі показники рухливості. Платформа модульної архітектури здатна нести навантаження різних типів. Як і базовий всюдихід РТК, М5 відзначається малими габаритами і масою. Він показує високу прохідність на різних місцевостях і пристосований для перевезення воєнною транспортною авіацією.

Універсальна бойова платформа “Армата” – важка універсальна платформа, розроблена Уралвагонозаводом. Окрім гусеничної платформи бойові машини сімейства “Армата” мають спільну систему керування і спільні засоби зв’язку по ІК-каналам у режимі “радіотиша”, спільну систему активного захисту “Афганіт”, спільні засоби виявлення і знищення мін, а також інші спільні вузли і компоненти. Усього на базі універсальної бойової платформи “Армата” планується створити сімейство з 28 машин. Платформа має 12-циліндровий багатопаливний двигун 12Н360 з можливістю переключати потужність від 1200 к. с. до 1500 к. с. Коробка передач автоматична, з можливістю ручного керування. Підвіска платформи “Армата” активна. Вона автоматично за датчиками визначає нерівності місцевості і видає команди системі підресорювання для вертикального зміщення котків відповідно до профілю ґрунту. Це, на погляд експертів міністерства оборони USA, збільшує швидкість руху по пересіченій місцевості та точність стрільби на ходу. З цим згодні експерти ВНШтрансмаша, які також відмічають, що активна система підресорювання внаслідок зменшення розгойдування на ходу зменшує похибку наведення гармати в момент пострілу в 1,5...2,0 рази порівняно з машинами на старій підвісці. Відомо, що машина без активної підвіски через трясіння не може вести прицільний вогонь на швидкості більше 25 км/год. Очікується, що машини сімейства “Армата” за рахунок більшої швидкості і більш високої точності вогню та активної підвіски матимуть суттєві переваги в бою. Також “Армата” має інформаційну управляючу систему, що автоматично управляє усіма вузлами і агрегатами.

За другою тенденцією необхідно відмітити безпілотний наземний протитанковий РТК, розроблений європейськими компаніями MBDA і Milrem Robotics [3]. Багатоцільове безпілотне гусеничне шасі THeMIS, розроблене компанією Milrem Robotics, здатне нести різне озброєння або системи, в тому числі бойовий модуль ІМРАСТ від компанії MBDA. Шасі THeMIS складається з двох бокових корпусів з елементами ходової частини і центральної платформи. Привертає увагу особливість, за якою усі основні вузли і агрегати розташовані в бокових корпусах, і більша їх частина знаходиться всередині гусеничного рушія. При цьому платформа для корисного навантаження не має внутрішніх об’ємів.

Таке компонування спрощує монтаж того чи іншого корисного навантаження, у тому числі бойового спорядження. Шасі THeMIS має гібридну дизель-електричну силову установку. Всередині корпусів розташовані тягові електродвигуни, які перемотують гусениці. Правий корпус шасі містить компактний дизель-генератор. Ліва половина виробу містить акумуляторний блок. Залежно від поточної необхідності елементи такої енергоустановки можуть застосовуватись разом або окремо. У випадку застосування одночасно дизеля і акумуляторів час безперервної роботи шасі складає 10 год. У разі застосування тільки батарей час роботи скорочується до 1,0...1,5 год. Ходова частина кожного блока має шість невеликих опорних котків з м’якою підвіскою, а також більші за розміром направляюче і ведуче колеса. Гумова гусениця охоплює основний корпус. Над нею закріплена невелика надгусенична полка з частиною приборів і обладнання. Шасі THeMIS без корисного навантаження має довжину 2,4 м, ширину 2 м і висоту 1,11 м, кліренс до 0,6 м. Власна маса 1450 кг, маса корисного навантаження 750 кг. Машина розвиває швидкість до 20 км/год. Дальність ходу і радіус дії залежать від різних параметрів. На центральній платформі шасі можуть встановлюватись різні устрої, прибори і озброєння. Також на базі наявного шасі можна конструювати розвідувальні, транспортні та інші за призначенням безпілотики. У рекламних матеріалах організації-розробника фігурують 12 варіантів військової техніки на базі шасі THeMIS.

З розглянутих прикладів видно, що залежно від корисного навантаження (наприклад, легке або важке озброєння) та призначення рішення для модульної платформи можуть суттєво відрізнятись.

Заслугує на окрему увагу досвід з теорії та практики створення сімейств машин багатоцільового призначення вітчизняних конструкторів, технологів, вчених. Багатоцільовий гусеничний транспортер-тягач легкої вагової категорії МТЛ створений на основі базового шасі та сімейства

модифікацій різного призначення (з різним корисним навантаженням) [4]. Концептуально основним принципом створення модифікацій було максимальне застосування уніфікованих агрегатів, вузлів і систем. Закладені ідеї і принципи пройшли багаторічну перевірку в різних умовах експлуатації. І на сьогодні різні модифікації (у тому числі з озброєння) на основі шасі цього сімейства відповідають сучасним потребам і вимогам. При створенні МТЛ проведений порівняльний аналіз п'яти варіантів компоновання багатоцільового гусеничного транспортера-тягача легкої вагової категорії. Прийнятий за основу варіант має такі особливості: переднє розташування трансмісії, ведучих коліс і центральне розташування силового агрегата. Вважається, що цей варіант компоновання для машин загальнотранспортного призначення найбільш прийнятний. Він дає можливість отримати рівномірне розподілення навантаження на опорні елементи ходової частини, а також забезпечити оптимальне положення ватерлінії для різних випадків навантаження. При цьому об'єми водотоннажності розподіляються достатньо рівномірно по довжині машини.

За такого компоновання багатоцільові якості досягаються за рахунок:

- застосування уніфікованих вузлів силової установки, трансмісії і ходової частини при створенні модифікацій машин і монтажі різного обладнання в результаті переміщення силової установки вздовж бази і змін конструкції корпусу;

- можливості збільшення вантажопідйомності і корисного об'єму машини шляхом збільшення бази машини;

- універсальності ходової частини, яка дозволяє змінювати середній тиск на ґрунт і створювати модифікації снігоходів з установкою різних гусениць.

Зауважимо, що установка спеціального обладнання або систем, обумовлена цільовим призначенням модифікації, досягається за рахунок конструктивних змін корпусу. Але для всіх модифікацій корпусу забезпечується повна уніфікація нижньої поясної частини, на якій монтується вузли трансмісії і ходової частини, що дозволяє застосовувати у виробництві однотипне технологічне обладнання. Корпусна конструкція шасі в поєднанні з індивідуальною системою підресорювання опорних котків дає можливість змінювати базу шляхом зміни відстаней між котками або встановлювати додаткові опорні котки. Останнє вважається більш доцільним, тому що при відносно незначному збільшенні маси шасі дозволяє значно збільшити вантажопідйомність, покращити прохідність, збільшити корисний об'єм і водотоннажність корпусу. Абсолютне підвищення загальної маси машини легкої вагової категорії у цьому випадку не перевищує 2,5 т.

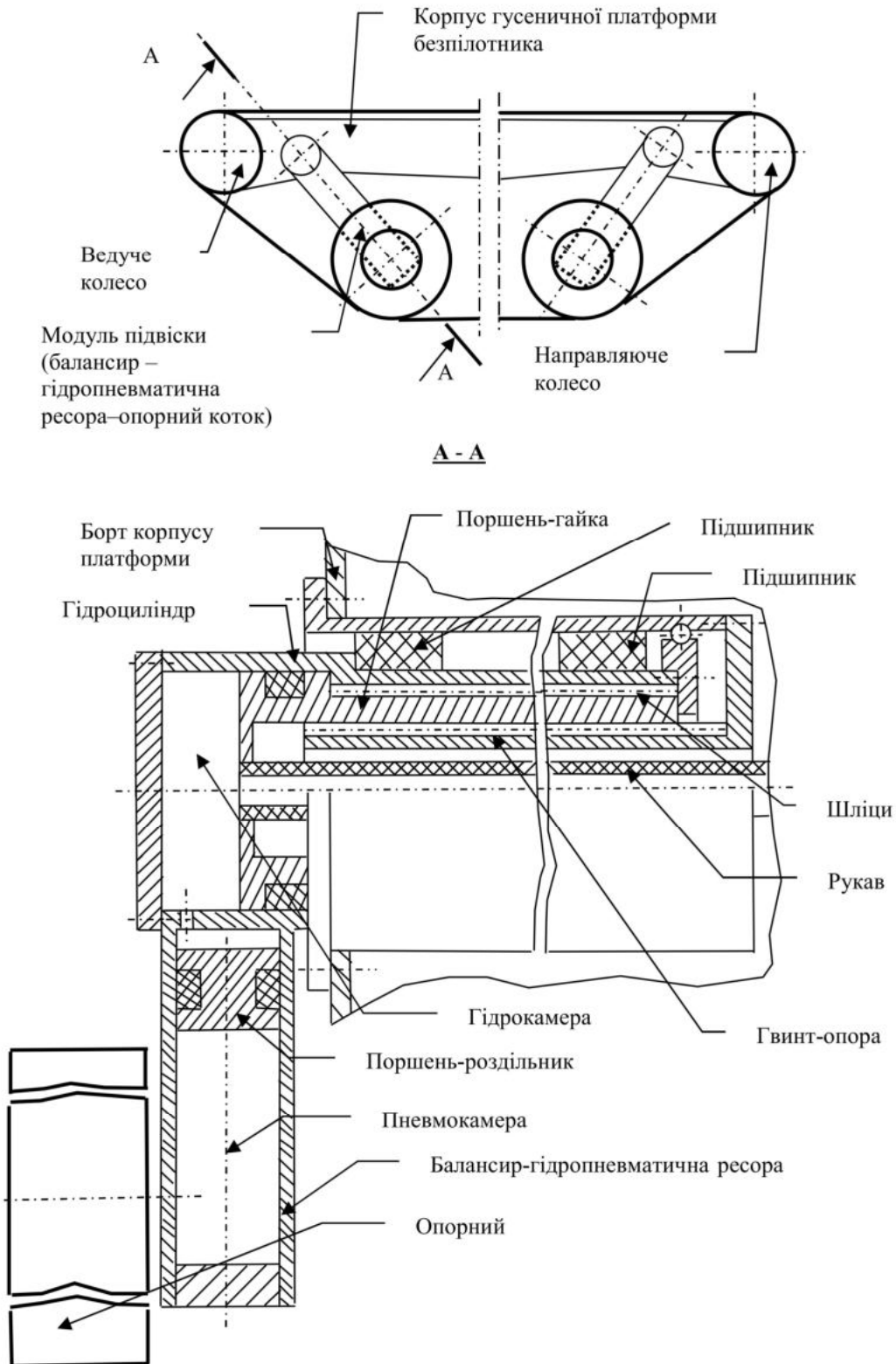
Важливим фактором при застосуванні такого принципу модифікації є вибір типу і параметрів (потужності) силової установки, щоб забезпечити задовільну питому потужність і потрібні експлуатаційні показники для всіх модифікацій. По-іншому, щоб забезпечити приблизно рівні експлуатаційні якості при зміні маси машини і її навантаження за причепом. Для сімейства легких транспортерів-тягачів знайдено рішення – це застосування двигуна, який допускає форсування за рахунок наддуву (дизель ЯМЗ-238 і його модифікації). При цьому на базовій машині та на машинах меншої маси встановлений двигун ЯМЗ-238В потужністю 240 к. с., а на машинах більшої маси – ЯМЗ-238Н з турбонаддувом і потужністю 300–320 к. с. Таке рішення забезпечило достатні тягові і швидкісні показники транспортерів-тягачів і їх модифікацій при зміні загальної маси з 11 т до 16 т. При цьому обидві машини можуть буксирувати причеп масою 7 т. Перехід з шести опорних котків на сім опорних котків збільшує величину бази машини з 3,7 м до 4,445 м. Але за умовою повертання, відношення L/B (L – база, B – колія), обидві ходові частини відповідають вимогам до швидкохідних гусеничних машин. Для шестиопорної схеми L/B = 1,48, а для семиопорної схеми L/B = 1,78.

Мета статті. Доведення до наукової спільноти пропозицій щодо конструкції і структури модульної гусеничної платформи сімейства багатофункціональних безпілотників.

Виклад основного матеріалу. Запропонована конструкція модульної гусеничної платформи багатофункціонального безпілотника. В конструкцію закладені можливості блокового (по модулях) трансформування в об'єкти різної конфігурації (маса, розміри, корисне навантаження) за призначенням. Пропозиції сформульовані в межах методології прикладного оптимального проектування складних технічних систем, а також сучасних тенденцій їх створення і розвитку [5, 6] і за деякими результатами досліджень конструкції та динаміки транспортних засобів військового призначення [7–14] із запропонованими гідропневматичними індивідуальними підвісками з гвинтовими передаточними механізмами.

Пропонується конфігурація платформи з двох основних модулів: 1 – корпус, 2 – ходова частина. Модуль 1 платформи (корпус) складається з трьох модулів: 1а – енергетичного, 2а – регулювання гусеничного обводу і параметрів підвіски, 3а – корисного навантаження (розташований між модулями 1а і 2а). Модуль 2 складається з двох модулів: 2а – підвіска (комплекти індивідуальних підвісок опорних котків за обома бортами), 2б – гусениці за обома бортами).

Реалізація трансформації платформи пов'язана (обмежена) з можливістю модульної зміни кількості підвісок і розмірів платформи (довжина, ширина) за умови виконання критерію $(L/B) < 1,9$ [15] і величиною допустимого питомого тиску на опорну поверхню. Також необхідно враховувати обмеження, пов'язані з перевезенням повітряним, залізничним і водним транспортом.



Модульна гусенична платформа багатofункціонального безпілотноїка

Щодо структури енергетичного модуля *1a* (структурно це модуль “силова установка – трансмісія”), то за трансмісією перевага віддається гідромеханічній передачі приводу ведучих коліс гусеничного рушія (з гідрооб’ємним – безступінчастим трансформатором крутного моменту). Таке рішення корелюється із запропонованою конструкцією модульної платформи у цілому і модуля підвіски зокрема, наведених на рисунку. Під кореляцією у даному випадку розуміється застосування гідравліки одночасно в трансмісії, підвісці і гусеничному рушії (механізм натягування гусениці).

Гвинт-опора модуля підвіски закріплений болтами до борту платформи (див. рисунок). Гвинт-опора виконує три функції: складова гвинтової передачі “гвинт–поршень–гайка”, складова за фіксацією модуля підвіски від зміщень відносно корпусу платформи, складова за рухомим зв’язком (обертальним) балансира-гідропневматичної ресори відносно корпусу платформи через підшипники ковзання (втулки). За першою складовою здійснюється перетворення обертального руху балансира з опорним котком відносно корпусу платформи у поступальний рух поршня-гайки відносно гідроциліндра. Поршень-гайка одночасно обертається сумісно з гідроциліндром і при цьому переміщується відносно гідроциліндра і гвинта в осьовому напрямку по шлицях. При зближенні поршня-гайки і гідроциліндра (прямий хід підвіски) рідина із гідрокамери переміщується через дроселюючий отвір до поршня-роздільника, який при цьому додатково стискує газ у пневмокамері.

За допомогою гнучкого рукава здійснюється подача (регулювання) кількості рідини відповідно до потрібного просторового положення платформи відносно опорної поверхні за умовами експлуатації. Потенційні можливості на шляху виходу на потрібні параметри положення платформи відносно опорної поверхні за різними умовами експлуатації у динаміці (як системи “людина – машина – зовнішнє середовище”) мають місце в оригінальних математичних моделях, наведених у працях [8, 12, 13, 14].

Висновки

Запропонована структура модульної гусеничної платформи дозволяє зменшити витрати ресурсів і скоротити час на трансформацію платформи за кількістю опорних котків. Трансформація за кількістю опорних котків призначена для забезпечення прохідності за питомим тиском на опорну поверхню. Збільшення (зменшення) кількості опорних котків, при інших рівних умовах, відповідно збільшує (зменшує) прохідність за ґрунтовими умовами. Необхідність трансформації пов’язана також з потребою уніфікації при створенні сімейства безпілотників з різним корисним навантаженням, яке може суттєво відрізнитись за масою та габаритами. В результаті виникає необхідність регулювання просторового положення платформи відносно опорної поверхні. Запропоноване рішення за конструкцією індивідуальної підвіски опорного котка у вигляді модуля (балансира – гідропневматична ресора – опорний коток) дозволяє вирішити задачу з модульності та регулювання положення платформи. Модульний підхід у цілому щодо корпусу платформи, підвіски і гусеничного рушія дозволяє у комплексі вирішити дві задачі: зменшення витрат ресурсів і скорочення часу на трансформування; забезпечення необхідного просторового положення платформи відносно опорної поверхні як за параметрами корисного навантаження, так і за станом опорної поверхні.

Зменшенню витрат ресурсів і скороченню часу на трансформування сприяє також застосування в робочих процесах одного за природою робочого тіла (рідина). Як трансформатори силових потоків пропонуються гідромеханічні передачі на основі гідрооб’ємної передачі (потоків до ведучого і направляючого коліс, гідропневматичної ресори).

Перелік джерел посилання

1. topwar.ru/163642-robototehnicheskij-kompleks-ripsaw-m5-novyj-obrazec-na-znakomom-hassi.html/2019/10/17/.
2. [ru.wikipedia.org/wiki/Армата-\(универсальная-боевая-платформа\)/2020/03/19/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Армата-(универсальная-боевая-платформа)/2020/03/19/).
3. topwar.ru/154672-protivotankovyj-robot-mbda-milrem-anti-tankugv.html/2020/02/27/.
4. Гусеничные транспортеры-тягачи. В. Ф. Платонов и др. Москва : Машиностроение, 1978. 351 с.
5. Хог Э., Арора Я. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции : пер. с англ. Москва : Мир, 1983. 478 с.
6. Анипко О. Б., Борисюк М. Д., Бусяк Ю. М. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники : монография. Харьков : НТУ “ХПИ”, 2008. 196 с.

7. Писарев В. П. (СССР), Станчев С. Д. (НРБ). Гидропневматическая подвеска : Авторское свидетельство на изобретение (19) SU (11) 1532332 A1. Приоритет изобретения 27.04.1988 г.
8. V. Pisarev. Determining the parameters for connections among the elements of design of vehicles in terms of ergonomics and crew safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. 3/7 (99). P. 72–80.
9. Писарев В. П., Юрчук Ю. М. Удосконалення ходових якостей бойових машин. Збірник наукових праць. Харків : ВІ ВВ МВС України, 2005. Вип. 1–2 (5–6). С. 30–32.
10. Писарев В. П., Горбунов А. П. Можливості по компоновці нових конструктивних елементів підвіски в межах існуючого конструктивного рішення БТР-70. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2009. 5/6 (41). С. 31–33.
11. Писарев В. П., Горбунов А. П. Особливості проектування легких броньованих колісних машин з горизонтально розташованими неметалевими пружними елементами. *Системи озброєння і військова техніка*. 2009. 3(19). С. 42–45.
12. Писарев В. П. Можливості транспортного засобу з гальмування за відсутності пробією підвіски. *Вестник НТУ “ХПИ”* : сб. науч. тр. Харьков : НТУ “ХПИ”, 2011. № 56. С. 29–33. (Тематич. вып. “Автомобиле- и тракторостроение”).
13. Писарев В. П. Напружено-деформований стан балансира підвіски МТЛБ при підриві на міні. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НАНГУ, 2017. Вип. 1(29). С. 5–8.
14. Писарев В. П. Оцінювання стійкості руху бойової колісної машини за перехідними та сталими станами в режимі повороту. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НАНГУ, 2015. Вип. 2(26). С. 15–26.
15. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств : пер. с англ. Москва : Машиностроение, 1982. 284 с.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2020 р.

УДК 629.4.027

В. П. Писарев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ МОДУЛЬНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕСПИЛОТНИКА

Предложена концепция гусеничной платформы для беспилотников разного назначения на основе модульного подхода. Предусмотрена конструкция несущей части платформы (корпус, состоящий из нескольких модулей с одинаковой конструкцией средних частей) и модулей индивидуальных подвесок (балансиры – гидропневматическая рессора – опорный каток). Гусеничный движитель традиционный (гусеница, ведущее и направляющее колеса, механизм натяжения гусеницы, опорные и поддерживающие катки). В концепцию конструкции платформы заложена возможность изменения пространственного положения корпуса регулированием ходов подвесок и гусеничного обвода (по обеим бортам). Изменение положения корпуса и геометрии гусеничного обвода совершается синхронно путем использования гидравлической системы регулирования в подпрессоривании и в гидравлическом механизме натяжения гусеницы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: беспилотник, модульный подход, гусеничный движитель, подпрессоривание, регулирование положения корпуса гусеничной платформы.

UDC 629.4.027

V. Pisarev

DETERMINATION OF THE STRUCTURE OF A MODULAR TRACKED PLATFORM OF A MULTIFUNCTIONAL UAV

The concept of a caterpillar platform for drones for various purposes based on the "modular" approach is proposed. The "modular" approach provides for the design of the supporting platform (housing, consisting of several modules of the same design as the old parts) and individual suspension modules (balancer - hydropneumatic spring - track roller). Traditional caterpillar mover (caterpillar, drive and guide wheels, track tension mechanism, track and support rollers).

The concept of the platform design includes the possibility of changing the spatial position of the hull by adjusting the suspension moves and the caterpillar contour (on both sides). Changing the position of the casing and the geometry of the caterpillar contour is carried out synchronously by using a hydraulic control system in the suspension and in the hydraulic tension mechanism.

The proposed platform configuration consists of two main modules: 1-body, 2-chassis. Platform module 1 (housing) consists of three modules: power, track control and suspension, payload (located between the power module and the control module). Module 2 of the platform consists of two modules: suspension (set of individual suspensions of both sides) and tracks.

Key words: drone, modular approach, caterpillar mover, suspension, regulation of the position of the hull.

Пісарєв Валерій Петрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0003-3396-1492>