

УДК 629.36, 623.437.4

№ держреєстрації 0123U101766

Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(ХНАДУ)

61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25;
тел. (057) 700-38-52

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Ректор ХНАДУ
д-р техн. наук, проф.

Віктор БОГОМОЛОВ



ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ТЕХНІЧНУ РОБОТУ
№ 08-53-23

Розробка енергоефективних та високоманеврених багатовісних
автомобілів подвійного призначення для Збройних Сил України
(проміжний)
ЕТАП №1

Розробка теоретичних основ створення енергоефективних та
високоманеврених багатовісних автомобілів подвійного призначення для
Збройних Сил України

Науковий керівник НТР,
д-р техн. наук, проф.

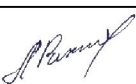
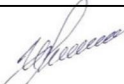
Михайло ПОДРИГАЛО

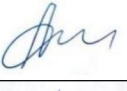
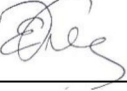
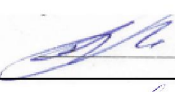
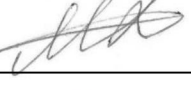
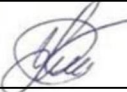
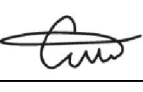
2023

Рукопис закінчено 4.12.2023

Результати роботи розглянуто Науково-технічною радою ХНАДУ
від 14 грудня 2023 р. № 7

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, завідувач кафедри ТМ і РМ, д-р техн. наук, професор		М.А. Подригало (Загальне керівництво, розподіл робіт)
Відповідальний виконавець: д-р техн. наук, професор		О.П. Смирнов (Координація робіт, складання звітів, вступ)
Виконавці:		
старш. наук. співроб. д-р техн. наук, професор		Д.В. Абрамов (розділ 1)
старш. наук. співроб. д-р техн. наук, професор		О.І. Воронков (розділ 4)
старш. наук. співроб. д-р техн. наук, професор		В.М. Манойло (розділ 4)
старш. наук. співроб. д-р техн. наук, професор		Молодан А.О. (розділ 1.2.1)
наук. співроб. канд. мат. наук, доцент		Вербицкий В.І. (розділ 1.2.1)
наук. співроб. канд. техн. наук, доцент		І.О. Серікова (підрозділ 3.1)
наук. співроб. канд. техн. наук, професор		М.М. Альокса (підрозділ 2.1, 2.1.1)
наук. співроб. канд. техн. наук, професор		Л.О. Рижих (підрозділ 2.2)
старш. наук. співроб. канд. техн. наук		Г.А. Аврунін (Розділ 5, підрозд. 5.3)
старш. наук. співроб. д-р. техн. наук		І. Г. Кириченко (підрозд. 5.1)
старш. наук. співроб. д-р. техн. наук		Н.М. Фідоровська (підрозд. 5.2)
наук. співроб. канд. техн. наук		О. В. Щербак (підрозд. 5.4)
наук. співроб. канд. техн. наук		І. Г. Пімонов (підрозд. 5.4)
наук. співроб. канд. техн. наук		О.В. Ярижко (підрозд. 5.2)
наук. співроб. канд. техн. наук		Л.В. Разарьонов (підрозд. 5.1)
провідн. наук. співроб. д-р техн. наук, професор		Є.В. Нагорний (редакція підрозд. 6, висновки)
ст. наук. співроб. канд. техн. наук, доцент		В.М. Нефьодов (підрозд. 6.1.3)

наук. співроб. канд. техн. наук, доцент		О.С. Черепаха (підрозд. 6.1.2)
наук. співроб. канд. техн. наук		А.М. Левтеров (підрозділ 2.1)
Аспірант		А.В. Єременко (підрозділ 2.3, 2.3.1, 2.4)
Аспірант		А.О. Єфремов (підрозділ 2.1)
Інженер		О.М. Конева (підрозділ 2.1.2)
Виконавці без оплати		
д-р техн. наук, професор		О.В. Бажинов (розділ 3)
д-р техн. наук, професор		Д.М. Леонтьєв (розділ 2)
канд. техн. наук, доцент		М.П. Холодов (підрозділ 2.2)
канд. техн. наук, доцент		О.П. Калініченко (підрозд.6.1, 6.1.3, 6.1.4)
канд. техн. наук, доцент		О.В. Павленко (підрозд. 6.1, 6.1.1, 6.1.2)
канд. техн. наук, доцент		Рогозін І.В. (підрозд. 1.1)
Аспірант		Закапко О.Г. (підрозд. 1.2.2)
Аспірант		Гармаш В.П. (підрозд. 1.2.1)
Аспірант		Д.Б. Сінельнік (підрозділ 2.3.3)
Аспірант		Г.В. Сметанін (підрозділ 2.3.2)

РЕФЕРАТ

Звіт про НТР: 250 с., 107 рис., 17 табл., 143 джерела, 5 додатків

БАГАТОВІСНИЙ АВТОМОБІЛЬ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ,
МАНЕВРЕНІСТЬ, ПОДВІЙНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ, СИНЕРГЕТИЧНА СИЛОВА
УСТАНОВКА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Об'єкт дослідження (розробки) – процеси створення нових енергоефективних та високоманеврених багатовісних автомобілів подвійного призначення для Збройних Сил України з врахуванням потенціалу вітчизняного машинобудування.

Мета – підвищення боєздатності Збройних Сил України шляхом покращення маневреності та енергоефективності багатовісних автомобілів за рахунок розробки та впровадження синергетичних силових установок та систем керування рухом на основі поворотних двовісних платформ.

Методи дослідження – теорія повороту чотиривісного автомобіля з двома двовісними поворотними платформами з можливістю руху "боком", "крабом" та поворотом навколо вертикальної центральної осі з малим радіусом; теорія проектування та імітаційне моделювання систем; метод адаптації управління гібридною силовою установкою на підставі концепції нейромережевого і нейро-нечіткого управління, а також метод навчання нейронної мережі, тощо.

Результати: удосконалена методика, яка дозволяє визначити раціональні параметри розташування мостів багатовісного транспортного засобу з візками, що забезпечує його поворот. Розроблено комп'ютерна модель багатовісного транспортного засобу з візками, що забезпечують його поворот у тому числі й при переїзді через нерівності пересічної місцевості. Розроблено методика вибору раціональних параметрів керування робочою гальмівною системою багатовісного транспортного засобу з візками, що забезпечують його поворот.

Впровадження та застосування напрацьованих результатів дозволяє підвищити боєготовність та боєздатність спеціальних комплексів ВПС Збройних Сил України та інших видів та родів військ.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Розробка та дослідження системи керування рухом чотиривісного транспортного засобу. Оцінка показників маневреності	14
1.1 Огляд та аналіз сучасного стану військової автомобільної техніки ..	14
1.1.1 Огляд автомобільної техніки, що виробляється підприємствами України та застосовується у Збройних Сил України	14
1.1.2 Аналіз основних шляхів та напрямків розвитку автомобільної техніки провідних країн світу	18
1.1.3 Дослідження сучасної трьох та чотирьох вісної військової автомобільної техніки	36
1.2 Розробка та дослідження системи керування рухом чотиривісного транспортного засобу. Оцінка показників маневреності	37
1.2.1 Теорія повороту чотиривісного автомобіля з двома двовісними поворотними платформами з можливістю руху «боком», «крабом» та поворотом навколо вертикальної центральної осі з малим радіусом	40
1.2.2 Оцінка показників маневреності чотиривісного автомобіля з двома двовісними поворотними платформами	42
Висновки за розділом 1	51
2 Розробка та дослідження системи підресорювання багатовісного транспортного засобу з візками, що забезпечують поворот транспортного засобу	54
2.1 Особливості вибору відстаней між осями автомобіля підвищеної прохідності з поворотними візками для організації його системи підресорювання	54
2.1.1 Профільна прохідність	54
2.1.2 Максимальна ширина подоланого рову	57
2.2 Теорія вибору відстаней між осями автомобіля підвищеної	59

прохідності з поворотними візками	
2.3 Особливості реалізації системи підресорювання чотиривісного транспортного засобу з візками, що забезпечують його поворот на кут 90°	62
2.3.1 Опис схеми підресорювання чотиривісного автомобіля з поворотними візками	62
2.3.2 Імітаційна модель системи підресорювання чотиривісного транспортного засобу з візками, що забезпечують поворот транспортного засобу	63
2.3.3 Моделювання амплітудно-частотної характеристики коливання чотиривісного транспортного засобу	66
2.4 Створення 3D-моделі чотиривісного автомобіля з комбінованим електромеханічним приводом	67
2.4.1. Концепція створення 3D-моделі чотиривісного автомобіля з комбінованим електромеханічним приводом та незалежною підвіскою його ведучих коліс	68
2.4.2 Аналіз профільної прохідності чотиривісного автомобіля з поворотними візками на основі кінематики переміщення підвіски 3D-моделі автомобіля	69
3 Розробка концепції багатокритеріальної оптимізації управління гібридною силовою установкою на підставі використання нейро-нечіткого управління	72
3.1. Концепція багатокритеріальної оптимізації управління гібридною силовою установкою на підставі використання нейро-нечіткого управління	72
3.2 Методика експлуатації систем гібридного транспортного засобу шляхом оперативного синтезу управляючих впливів за енергетичними і якісними критеріями з урахуванням умов експлуатації	75
Висновки за розділом 3	100

4 Розробка концепції модульного підходу для формування силової установки на базі дизельних двигунів для багатовісних автомобілів з комбінованим електромеханічним приводом ведучих коліс	101
4.1 Концепція модульного підходу для формування силової установки на базі дизельних двигунів для багатовісних автомобілів з комбінованим електромеханічним приводом ведучих коліс	101
4.2 Науково-практичні рекомендації з використання модульного підходу для формування силової установки на базі дизельних двигунів для багатовісних автомобілів з комбінованим електромеханічним приводом ведучих коліс	112
Висновки за розділом 4	125
5 Аналітичний огляд сучасних гідромоторів для застосування в якості мотор-колес об'ємних гідроприводів пересування мобільних машин. Аналіз можливості використання об'ємного гідропривода в трансмісії багатовісного транспортного засобу	128
5.1 Огляд трансмісій сучасних мобільних машин і вихідні дані для аналізу можливості застосування гідромотор-колес	128
5.2 Аналіз технічних характеристик та конструктивних особливостей гідромотор-колес	138
5.3 Дослідження динамічних характеристик трансмісії навантажувача з гідромотор-колесами	161
5.4 Технічні рішення та рекомендації щодо створення раціональної схеми об'ємного гідропривода трансмісії багатовісного транспортного засобу	171
Висновки за розділом 5	174
6 Розробка технології використання високоманевренних та енергоефективних багатовісних автомобілів на терміналах та складах в умовах обмеженого простору	175
6.1 Аналіз сучасного стану теорії та практики транспортних процесів, що охоплюють проблеми технологічної обробки вантажів на складах в	175

умовах обмеженого простору, з визначенням проблемних питань та шляхами їх вирішення	
6.1.1 Структура технології роботи складу при використанні високоманеврених та енергоефективних багатовісних автомобілів ...	183
6.1.2 Розробка моделі визначення ефективного варіанту технології роботи складу при використанні високоманеврених та енергоефективних багатовісних автомобілів	186
6.1.3 Науково-обґрунтовані технології використання високоманеврених, екологічних та енергоефективних машин на терміналах і складах в умовах обмеженого простору	191
6.1.4 Розробка алгоритму побудови безконфліктних маршрутів руху транспортних засобів по складу	200
Висновки за розділом 6	208
Висновки	211
Перелік джерел посилання	215
Додатки	234
Додаток А. Технічні характеристики вантажних автомобілів багатоцільового призначення та колісних шасі	235
Додаток Б. Перелік магістерських робіт	237
Додаток В. Бібліографічний список публікацій і патентних документів	239
Додаток Г. Акт впровадження	246
Додаток Г. Договір на НТР на суму 1833 тис. грн	246