

УДК 629.113.001

## ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОЇ МАШИНИ КАТЕГОРІЇ T1/N1 В АПК

**Г. Худавердян, аспірант**

*Львівський національний університет природокористування,  
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., Україна  
e-mail: georgiu.kh@gmail.com*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.018>

### **Худавердян Г. Формування технологічного обладнання тягово-транспортної машини категорії T1/N1 в АПК**

Представлено доопрацьовану модель руху універсальних повнопривідних колісних тягово-транспортних засобів типу Mercedes-Benz Unimog по поверхні, що деформується (згідно з WES-методикою армії США) в програмному середовищі MATLAB Simulink, а саме програмний модуль для визначення максимального тягового зусилля, яке може бути реалізоване на тій чи іншій опорній поверхні. Це натомість дозволяє дослідити вплив конструктивних параметрів та експлуатаційних умов на тягово-зчіпні властивості, здійснити підбір відповідного обладнання для технологічних, та причепа для транспортних операцій. Розглянуто способи підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного транспортного засобу та зменшення негативного впливу на родючість ґрунту. Використовуючи цю імітаційну модель, отримали значення залишкового тягового зусилля універсальної колісної машини типу Mercedes-Benz Unimog (на базі проєкту АТ «Укравтобуспром» – ТУР ВТ-041 «Автотрак») і встановлено її тяговий клас згідно з класифікацією та підібрано відповідне технологічне обладнання і причеп. Оцінка адекватності опрацьованої методики здійснена на базі зіставлення результатів експериментальних даних щодо колісного трактора Т-150К та результатів відповідного імітаційного моделювання – розрахунку за допомогою опрацьованого вищезгаданого програмного модуля. Проблема недостатнього доступу до малотоннажних колісних машин для малих фермерських та комунальних господарств важлива та актуальна. Здійснення імпорту такої техніки часто стає накладним та складним процесом. У світлі досвіду розвитку країн Західної Європи після Другої світової війни і сучасної ситуації, розглядається концепція універсальної колісної машини категорії N1/T1, типу Автотрак/Унімог. Ця концепція має на меті створення транспортного засобу, який може виконувати різні завдання в умовах малих фермерських господарств та комунальних підприємств, об'єднує в собі функції невеликого трактора з великою тягою та повнопривідної вантажівки, що може пересуватися як по дорогах, так і по бездоріжжі.

**Ключові слова:** колісна машина, повний привід, імітаційна модель, технологічне обладнання, опорна поверхня, максимальне тягове зусилля.

### **Khudaverdian H. Developing the technological equipment for the T1/N1 traction transport machine used in the agro-industrial complex**

The article introduces a modified model for the movement of universal all-wheel drive traction vehicles of the Mercedes-Benz Unimog type on a deformable surface (according to the WES methodology of the US Army). The model is created in the MATLAB Simulink software environment, namely a software module for determining the maximum traction force that can be implemented on any support surface. By investigating the influence of design parameters and operating conditions on traction properties, this model helps in selecting appropriate equipment for technological operations, and a trailer for transportation purposes. The researchers also explore ways to increase the traction properties of a wheeled vehicle and reduce the negative impact on soil fertility. Through this simulation model, the researchers obtained the value of the free traction force of a universal wheeled vehicle of the Mercedes-Benz Unimog type (based on the project of the Open Joint Stock Company “Ukravtobusprom” – TUR VT-041 “Avtotrak”), determined its traction class according to the classification, and selected the appropriate technological equipment and a trailer. The adequacy of the elaborated methodology is assessed by comparing the results of experimental data of the wheeled tractor T-150K and the results of the corresponding simulation model, i.e. calculation by applying the above-mentioned module. The article highlights the problem of insufficient access to low-tonnage wheeled vehicles for small farms and utility companies. Importing such equipment often becomes an expensive and complicated process. To address this issue, it is expedient to study the expertise of the Western European countries after the Second World War and the current situation and to develop a concept of a universal wheeled vehicle of the N1/T1 category of the Avtotrak/Unimog type. This concept aims to create a vehicle that can perform various tasks in the conditions of small farms and utility companies by combining the functions of a small tractor with high traction and an all-wheel drive truck that can move on and off-road.

**Key words:** wheeled machine, four-wheel drive, simulation model, technological equipment, support surface, maximum traction force.

**Постановка проблеми.** Оскільки універсальні тягово-транспортні колісні машини (КМ) типу Автотрак/Унімог призначені виконувати як транспортні операції (рух з причепом), так і технологічні (оранка, культивування, косіння і т.п.),

вони повинні мати змогу оснащуватися відповідним технологічним обладнанням та причепом. Для забезпечення ефективного використання технологічного обладнання та причепа при виконанні сільськогосподарських робіт

продуктивності та зменшення експлуатаційних витрат – необхідно здійснити правильний підбір такого обладнання та причепа відштовхуючись від максимального тягово зусилля, що може реалізувати КМ на тій чи іншій опорній поверхні (ОП), а саме від її класу тяги. Одним із способів підвищення тягово-зчіпних властивостей КМ є використання спарених коліс, який набув широкого застосування в агросфері. Цей спосіб забезпечує більшу площу контактну з ґрунтом, тим самим покращує тягово-зчіпні характеристики КМ. Це особливо важливо при роботі на мокрих та слабких ґрунтах, коли звичайні шини можуть просідати [1]. Також за рахунок збільшення контактної площі спарених шин зменшується тиск на ґрунт, що може допомогти зберегти його плодючість та запобігти ерозії.

Імітаційне комп'ютерне моделювання [12] та математичний опис динаміки руху універсальної КМ дозволяє визначити вільне тягове зусилля з умов залишкової потужності (по двигуну), яке можливо реалізувати на відповідній ОП, оцінити ефективність способів підвищення тягово-зчіпних властивостей, визначити клас тяги КМ для подальшого підбору технологічного обладнання та причепа.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Попри те, що активний розвиток універсальних транспортних засобів почався ще у післявоєнній Німеччині з Mercedes-Benz Unimog [14; 15], актуальними вони є і дотепер, зокрема в Україні для малих фермерських господарств. Для їх ефективного використання підбір технологічного обладнання та причепа потрібно здійснити відповідно до класу тяги таких КМ. Дослідження тягових показників повнопривідних автомобілів типу Автотрак на базі МЕЗ-330 «Автотрактор» у своїх працях висвітлили Погорілий С.П., Дунь С.В [2; 9; 10]. Зокрема у статті [10] подано результати тягових випробувань у реальних польових умовах.

Оскільки повнопривідні універсальні КМ проєктуються як для руху дорогами з твердим покриттям на швидкості 90 км/год, так і для технологічних операцій на малих швидкостях (5-15 км/год.), постає проблема реалізації залишкової потужності двигуна при русі полем. Способи і пристосування, які покращують тягові властивості КМ, розглядає у своїх працях Болтянський О.В. [4].

Розрахунок максимального тягового зусилля, який може розвинути повнопривідна КМ на відповідній ОП, що деформується на етапі проєктування шляхом імітаційного моделювання в програмному середовищі MATLAB Simulink [6], дозволяє досягти суттєвого економічного ефекту порівняно з використанням експериментальних методів.

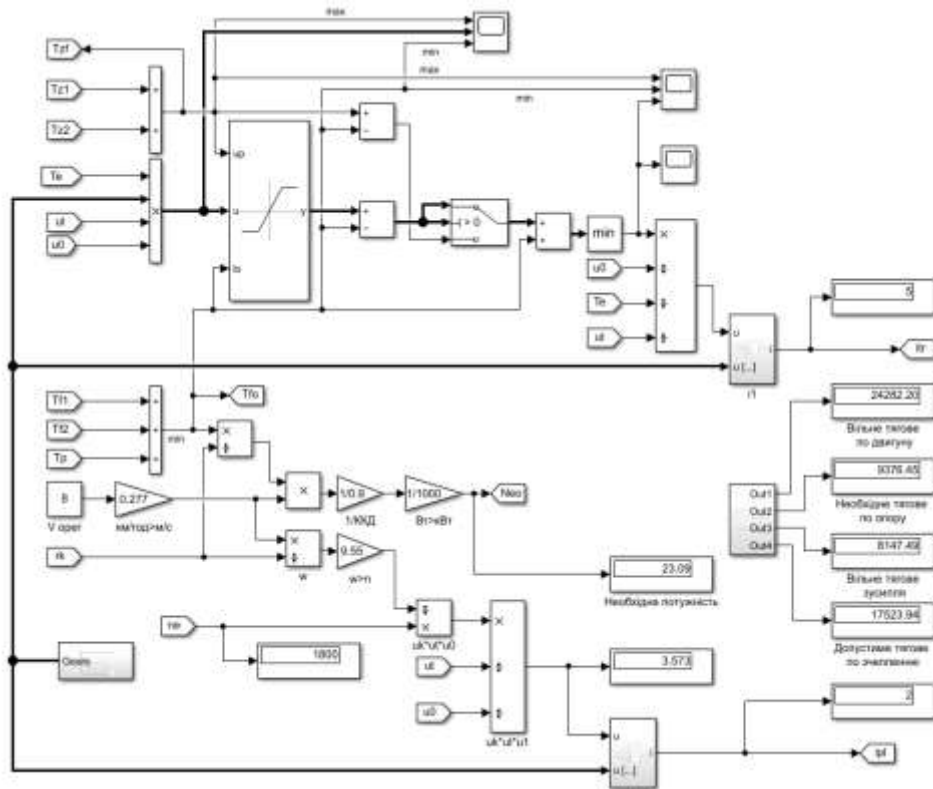
**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – доопрацювання вже наявної імітаційної моделі руху повнопривідної колісної техніки [13] для оцінки тягових характеристик КМ, можливості реалізації вільного тягового зусилля силового приводу на відповідній опорній поверхні з відомими фізико-механічними характеристиками [7] за WES (англ. Waterway Engineering Station) методикою [5] армії США, перевірка отриманої моделі на адекватність шляхом визначення запасу тягово зусилля для існуючих КМ, підбір відповідного технологічного обладнання та причепа. Моделювання зводиться до визначення найбільшого тягового зусилля, що може реалізувати КМ на відповідній ОП (класу тяги), запасу тягового зусилля при виконанні універсальною КМ [8] технологічних операцій обробітку ґрунту та при русі з причепом.

**Виклад основного матеріалу.** Відповідно до поставленого завдання, вже наявна імітаційна модель у програмному середовищі MATLAB Simulink, яка дозволяє відтворити рух КМ з навісним обладнанням у процесі обробітку ґрунту з дотриманням певного діапазону швидкості з умов агротехнології (оранка, як найбільш енергозатратна операція обробітку ґрунту, звично здійснюється зі швидкістю руху 6–8 км/год) та рух КМ з причепом, потребувала певних змін і розвитку [13]. Саме тому ми розробили окрему підсистему для розрахунку найбільшого тягового зусилля, що може розвинути повнопривідна КМ на відповідній ОП, запас тягового зусилля при виконанні транспортних та технологічних операцій (рис. 1).

Моделювання проводили на базі КМ проєкту АТ «Укравтобуспром» – ТУР ВТ-041 «Автотрак» [8] повною масою 3,5 т., спорядженою масою 2,5 т., двигун IVECO 8040 потужністю 78 кВт, обладнаний новими вітчизняними шинами мод. 140K (365/90R18) [11].

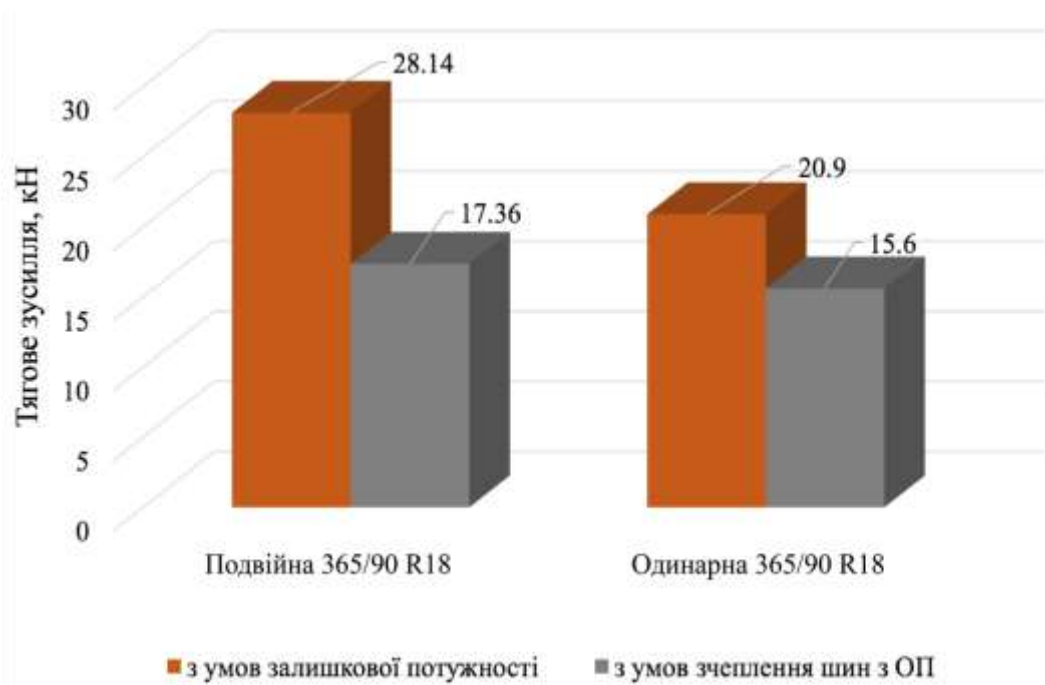
За результатами імітаційного моделювання вільне тягове зусилля КМ Автотрак становить 15,6 кН (з використанням одинарних шин), що натомість дозволяє віднести його до класу тяги 1,4 (Аналоги -колісні трактори МТЗ-80 і модифікації). Перевірку моделі на адекватність було здійснено на базі наявного колісного трактора Т-150К [3]. Результати комп'ютерного розрахунку показали, що тягове зусилля трактора при русі по стерні становить 26,688 кН, що відповідає його заявленому класу тяги 3 та підтверджує достатню точність оцінки класу тяги по ТУР ВТ-041 «Автотрак».

За результатами імітаційного моделювання руху повнопривідної КМ ТУР ВТ-041 «Автотрак» було підібрано відповідне технологічне обладнання та причеп вітчизняного виробництва (табл. 1).



**Рис. 1.** Підсистема визначення запасу тягового зусилля у програмному середовищі MATLAB Simulink  
**Fig. 1.** Subsystem for determining the reserve of traction force in the MATLAB Simulink software environment

Максимальне тягове зусилля на стерні (клас тяги) повнопривідної КМ Автотрак (на базі проекту АТ «Укравтобуспром» – ТУР ВТ-041 «Автотрак») визначали як із використанням одинарних, так і подвійних шин 365/80 R18. Результати подано на рис.2.



**Рис. 2.** Тягові характеристики повнопривідної КМ ТУР ВТ-041 «Автотрак» з різними типами ошиновки.  
**Fig. 2.** Traction characteristics of all-wheel drive KM TUR VT-041 “Avtotrak” with different types of tires.

**Таблиця 1.** Технологічне та транспортне обладнання для КМ Автотрак.

**Table 1.** Technological and transport equipment for КМ Avtotrak.

Вид робіт	Назва машини або агрегату	Марка машини або обладнання
Обробіток ґрунту	Навісний трикорпусний плуг	ПЛН-3-35
	Культиватор причіпний	КПС-4Г
	Навісна дискова борона	АГД-2,1
Сівба (садіння)	Сіялка зернова	СЗ-3,6
	Навісна картоплесаджалка	СПК-4
Скошування трав	Косарка дискова навісна	КДН-210
Підбирання трав	Прес-підбирач рулонний	ПР-Ф-145
Транспортні операції	Причіп двовісний	2ПТС-4

**Висновки.** Розроблена підсистема імітаційної моделі у програмному середовищі MATLAB Simulink для розрахунку найбільшого тягового зусилля, що може розвинути повнопривідна КМ на відповідній ОП. Така підсистема дає змогу визначити клас тяги КМ із заданими параметрами і підібрати відповідне технологічне обладнання та причепа на етапі проєктування, якісно оцінити вплив способів покращання тягових властивостей, зокрема такий як використання спарених коліс.

#### Бібліографічний список

1. Абрамов, В.Н., Чистов М. П., Веселов А. А., Колтуков А. А. Оценка и выбор пневматических шин регулируемого давления для армейских автомобилей / под. общ. ред. В.В. Шипилова. Бронницы: ФГУП 21 НИИИ МО РФ, 2006. 223 с.
2. Адамчук В. В., Погорілий С. П., Черняк Р. Є., Дунь С. В. Результати експериментальних досліджень тягових показників МЕЗ-330 «Автотрактор», 2018.
3. Бугара В.А., Ватуля Н.Н., Вайнштейн Л.А., Коваль І.А., Левітанус А.Д., Огий Г.Є. Довідник по тракторах Т-150 і Т-150К / за ред. Б.П. Кашуби. Вид. друге, перероблене і доповнене. Харків: Прапор, 1975.
4. Болтянський О.В., Стефановський О.Б., Волков С.В. Способи підвищення тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу на транспортних роботах / Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна, 2020.
5. Грубель М. Г., Крайник Л. В., Купріненко О. М. Методологія оцінки опорної прохідності колісної військової автомобільної техніки. *Озброєння та військова техніка*. 2019. № 4. С. 22-31.
6. Грубель М. Г., Крайник Л. В., Хома В. В. Імітаційне моделювання руху колісної військової автомобільної техніки бездоріжжям та оцінка його адекватності. *Автошляховик України: науково-виробничий журнал*. Київ, 2020. № 2. С. 21-28.

7. Грубель М. Г., Фтемов Ю. О., Хома В. В. Експериментальні дослідження параметрів опорної прохідності зразків колісної військової автомобільної техніки. *Системи озброєння та військова техніка: науково-технічний журнал*. Харків: Харківський НУПС, 2019. № 4(60). С. 7-15.

8. Крайник Л. В., Худавердян Г. А. Концепція та формування вітчизняного універсального автомобіля типу автотрак/унімог для фермерських та комунальних господарств. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція* : тези доповідей (Вінниця, 14-15 квітня 2022р.). Вінниця, ВНТУ, 2022. С. 178-180.

9. Погорілий С. П. Результати експериментальних досліджень МЕЗ-330 «Автотрактор з плугом ПНН-5-40». *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2017. (47 (2)). С. 227-231.

10. Погорілий С. П., Дунь С. В., Черняк Р. Є. Дослідження тягових показників мез-330 «Автотрактор», 2018. С. 19-23.

11. Худавердян Г.А. Обґрунтування розмірності шин універсального колісного тяготно-транспортного засобу. *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*, 2023.

12. Худавердян Г.А., Хома В.В. Технологічні процеси обробітку ґрунту: комп'ютерне моделювання. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 19-20 жовтня 2022 р.* Рівне : НУВГП, 2022. 301с. Електронне видання. С. 299-301.

13. Khudaverdian H., Khoma V., Krainyk L. Simulation modeling of field movement of four-wheel drive vehicles in the MATLAB Simulink software environment. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering studies*. 14. 2022. No 26. P. 164–170.

<https://doi.org/10.31734/agroengineering>  
Стаття надійшла 01.08.2023