

УДК 631.372

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА-МАШИНА» НА ТЯГОВІ ПОКАЗНИКИ МОТОБЛОКА**

**Р.Г. Шкарівський**, мол.наук. співр.

*ННЦ «ІМЕСГ»*,

**Г.В. Шкарівський**, канд. техн. наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*На основі співставлень результатів теоретичних і експериментальних досліджень викладено результати досліджень впливу оператора на формування тягового зусилля мотоблока важкого класу.*

**Ключові слова:** *мотоблок, мобільний енергетичний засіб, колісна формула, тягове зусилля, теоретичні дослідження, експериментальні дослідження.*

**Проблема.** На кінець 2011 року виробництво 48,2 % валової продукції сільськогосподарства забезпечували господарства населення[1]. На чільне місце в групі мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) для цих господарств виходять мотоблоки (мобільних енергетичних засобів з колісною формулою 2К2) та мінітрактори, загальна кількість яких стрімко зростає і за останніми статистичними даними складає вже понад 65 тис. штук [2]. Ця техніка є порівняно новою для споживача і не завжди дає можливість отримати очікуваний результат з причин конструкційних, експлуатаційних і технологічних. Останнє пояснюється недоліками конструкції подібних енергозасобів, відсутності необхідного спектру технологічних модулів для агрегування, відсутності навиків у налагодженні агрегатів та надмірному стомленні оператора. Особливо це стосується мотоблоків і агрегатів на їх базі. За таких умов актуальними є питання, що стосуються вивчення та вдосконалення конструкції і умов агрегування мобільних енергетичних засобів з колісною формулою 2К2 і відповідають рамкам державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з малогабаритними мобільними енергетичними

засобами, що характеризуються колісною формулою 2К2 можна об'єднати в кілька окремих груп, а саме:

- роботи, присвячені вдосконаленню конструкції мотоблоків [3, 4, 5, 6];
- роботи, присвячені проблемам керування та ергономічним аспектам експлуатації мотоблоків і агрегатів на їх базі [7, 8, 9, 10, 11];
- роботи, присвячені стійкості роботи мотоблоків і агрегатів на їх базі [12, 13];
- роботи, присвячені особливостям технологічної експлуатації мотоблоків і агрегатів на їх базі [14, 15, 16, 17].

Дослідження, приведені в названих роботах, стосуються питань: зниження ущільнення ґрунту та підвищення тягових властивостей енергозасобів, вдосконалення характеристик коробки передач у першій з визначених груп; зниження шкідливого впливу на оператора, оскільки двигуни з незначною кількістю циліндрів недостатньо зрівноважені і мають значну вібрацію та зусиль, затрачених на керування — у другій; підвищенню стійкості агрегатів на базі мотоблоків і власне мотоблоків при роботі на схилах, оскільки часто такі агрегати використовуються на невеликих ділянках, які характерні для гористої місцевості — у третій; забезпеченню виконання окремих технологічних операцій, які викликають певні складності, а саме: глибоке розпушування ґрунту, яке потребує значного тягового зусилля, внесення добрив тощо — у четвертій групі.

За таких умов нині важко виокремити напрями досліджень, які стосуються умов агрегування мотоблоків і режимів їх роботи, як визначальних для забезпечення ефективності МЕЗ і агрегатів на їх базі. В цьому контексті вбачається дослідження ефективності функціонування наявних пристроїв для агрегування мотоблоків з машинами і знаряддями, виявлення їх позитивних і негативних сторін через аналіз системи «людина-машина», оскільки в агрегатах на базі таких МЕЗ мускульна сила людини впливає на показники ефективності функціонування. Саме такі дослідження могли б дати комплексну відповідь на питання забезпечення ефективності використання мотоблоків і агрегатів на їх базі з напрямками подальших вдосконалень вже наявних технічних рішень.

**Мета досліджень** — визначення впливу системи людина-машина на показники ефективності функціонування МЕЗ з колісною формулою 2К2.

**Результати досліджень.** Основні показники функціонування МЕЗ були предметом вивчення під час розроблення типорозмірного ряду, в результаті чого для побудови такого ряду в якості головного параметра було обрано номінальне

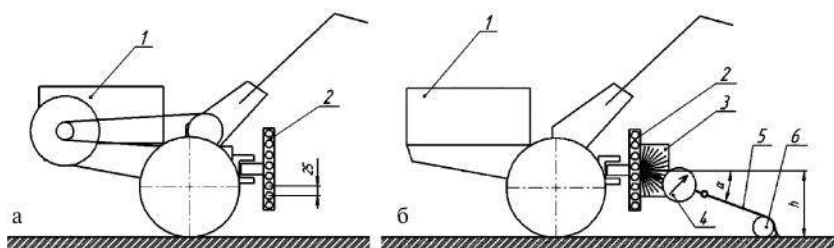
тягове зусилля. На даний час в Україні передбачається до реалізації в тій чи іншій формі 10 тягових класів енергозасобів, основні параметри яких виписані в стандарті [18]. Згідно названого стандарту номінальне тягове зусилля трактора визначають з залежності:

$$P_{ГКном} = A \cdot m_E, \quad (1)$$

де  $P_{ГКном}$  — номінальне тягове зусилля, кН;  $A$  — коефіцієнт, який встановлюється залежно від виду трактора;  $m_E$  — експлуатаційна маса трактора, кг.

Для проведення теоретичних досліджень використали характеристики мотоблока важкого класу китайсько-українського виробництва ZubrJR-Q78. При експлуатаційній масі мотоблока ZubrJR-Q78 рівній 186 кг [19] згідно стандарту [18] він розвиватиме  $P_{ГКном} \approx 0,6$  кН.

Проведення експериментальних досліджень передбачало визначення граничних значень тягового зусилля малогабаритного МЕЗ з колісною формулою 2К2 у функції координат його прикладання. Об'єктом досліджень був мотоблок ZubrJR-Q78, до якого певним способом (в запланованих точках і під наперед заданим кутом) прикладався тяговий опір. Для забезпечення виконання запланованих робіт додатково був розроблений пристрій, який давав можливість змінювати кут прикладання тягового опору та координати точки прикладання по висоті — рис. 1. Названий пристрій встановлюється на штатний пристрій



**Рис. 1.** Схема пристрою для реалізації координатного способу прикладання тягового опору (а) та розміщення обладнання на мотоблоці під час дослідження граничних значень тягового зусилля (б):

$\alpha$  — кут нахилу лінії дії тягового опору; 1 — мотоблок; 2 — пристрій для реалізації координатного способу прикладання тягового опору; 3 — шкала кутотомира; 4 — динамометр ДПУ-0.5-2 ГОСТ 13837-79; 5 — ланцюг; 6 — підставка

для агрегування енергозасобу і за рахунок вертикально розташованих отворів, виконаних з кроком 2,5 см, дозволяє прикладати тяговий опір до мотоблока у точці, висота розташування якої, по відношенню до штатного пристрою для агрегування, кратна 2,5.

В процесі досліджень забезпечували горизонтальне положення поздовжньої осі мотоблока шляхом дії оператора на важелі управління. Досліди були організовані згідно повного факторного плану  $2^2$ . Змінними факторами були «висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) —  $h$ » та «кут нахилу лінії дії тягового опору —  $\alpha$ ». Нижні та верхні значення рівнів чинників приведені в табл. 1.

Значення рівнів чинника «висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) —  $h$ » обґрунтовано з точки зору забезпечення агротехнічного просвіту енергозасобу (з умови, щоб він був не меншим за дорожній), а значення нижнього та верхнього рівнів чинника «кут нахилу лінії дії тягового опору —  $\alpha$ » визначалися з урахуванням конструктивних особливостей найбільш поширених конструкцій мотоблоків і мотокультиваторів з урахуванням їх можливого нахилу у поздовжньо-вертикальній площині під час роботи.

В табл. 2 приведені результати експериментальних досліджень з визначення граничних значень тягового зусилля малогабаритного енергетичного засобу з колісною формулою  $2K2$ . З метою встановлення регресійних залежностей проводили обробку отриманих експериментальних даних, що дозволило на рівні ймовірності довіри 95% отримати рівняння регресії виду:

$$P_{TK} = 1,59 + 0,013\alpha, \quad (2)$$

де  $\alpha$  — кут нахилу лінії дії тягового опору (тягового зусилля), град.

**Таблиця 1.** Нижній і верхні рівні чинників

Чинник	Натуральні значення рівнів		Значення чинників у досліді			
	нижній	верхній	1	2	3	4
Висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) — $h$ , мм	240±1	540±1	–	+	–	+
Кут нахилу лінії дії тягового опору — $\alpha$ , град	0	15±1	–	–	+	+

**Таблиця 2.** Результати експериментальних досліджень визначення граничних значень тягового зусилля малогабаритного енергетичного засобу з колісною формулою 2К2

№ досліду	Матриця планування експерименту			Значення досліджуваного параметра в повторностях		
	змінні фактори		$X_3 = X_1 \times X_2$	I	II	III
	$h$	$\alpha$				
	$X_1$	$X_2$				
1	-	-	+	1,25	1,30	1,40
2	+	-	-	1,50	1,40	1,55
3	-	+	-	1,60	1,70	1,80
4	+	+	+	1,85	1,90	1,85

У залежність (2) не входить чинник, який враховує висоту розташування точки прикладання тягового зусилля — «висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) —  $h$ ». Цей фактор може бути включений у регресійну залежність (2) лише на рівні ймовірності довіри 50 %, що не достатньо для проведення аналізу з його участю. За таких умов можна констатувати, що в результаті проведених досліджень встановлено, що з досліджуваних факторів на рівень граничного тягового зусилля, яке розвиває мобільний енергетичний засіб з колісною формулою 2К2 впливає лише кут нахилу лінії дії тягового опору (тягового зусилля)  $\alpha$ .

З отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що із збільшенням кута нахилу лінії дії тягове зусилля, яке розвиває енергозасіб збільшується. Таким чином оператор за рахунок енергії, яка створюється його опорно-рушійним апаратом, бере участь у створенні тягового зусилля. Це може бути пояснено тим, що із збільшенням кута  $\alpha$  збільшується момент від тягового зусилля, який намагається повернути мотоблок у напрямі дії реактивного моменту  $M_r$  і цей момент компенсується опорними елементами машин-знарядь та зусиллям на важелях управління. А за умови, що при випробуваннях поздовжня вісь мотоблока повинна бути горизонтальною (така умова ставилась перед початком досліджень), то можна стверджувати, що оператор, утримуючи енергозасіб горизонтально за важіль управління, забезпечував притискання його рушіїв до опорної поверхні і, цим само впливав на розмір тягового зусилля. При різних значеннях кута  $\alpha$  зусилля на важелях

були різні, тому різними були і значення тягового зусилля, збільшуючись із збільшенням названого кута.

Крім того, варто зазначити, що мотоблок «Zubrg» JR-Q78, який був використаний при проведенні досліджень, відноситься до класу важких, однак лише на бетоні може розвивати тягові зусилля в межах (1,59 — 1,79) кН, що не дотягує до найнижчого значення найнижчого тягового класу 0,2, рівного 1,8 кН. Це пояснюється тим, що мотоблок має експлуатаційну масу (186) кг [19], а для забезпечення тягового зусилля на рівні 1,8 кН необхідна маса на рівні 555,6 кг [20] Таким чином, частка тягового зусилля, отримання якої забезпечується опорно-рушійним апаратом оператора, оцінюється нестачею маси на рівні 330-370 кг. Оператор компенсує нестачу цієї маси дією свого опорно-рушійного апарата та системою важелів, які використовуються для керування мотоблоком.

Крім того, слід зважати на ту обставину, що номінальне тягове зусилля, визначене згідно стандарту, повинне реалізовуватись на стерньовому фоні середньої щільності і нормальної вологості при допустимому буксуванні, а наші експериментальні результати отримані на бетоні. Це фони, які істотно відрізняються зчепними властивостями в нижчий бік для стерньового фону, що внесе уточнення у значення тягових зусиль, які розвиваються мотоблоком на бетоні, однак загальна картина співвідношення тягових зусиль залишиться незмінною.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень встановлено, що важкий мотоблок експлуатаційною масою 186 кг повинен розвивати номінальне тягове зусилля на рівні 0, 6 кН. В дійсності ж на бетоні на межі зриву рушіїв в повне буксування, при умові утримання оператором горизонтального положення моторної частини за рахунок навантаження свого опорно-рушійного апарата, він розвиває зусилля в межах 1,59–1,79 кН залежно від кута прикладання тягового зусилля. Поряд з різницею в показниках зчеплення, які характерні для задіяних фонів, оператор забезпечує отримання такого зусилля шляхом взаємодії свого опорно-рушійного апарата і системи важелів, які використовують для керування мотоблоком. Встановлення оптимального співвідношення між тяговим зусиллям і навантаженням оператора може скласти напрями подальших досліджень з даного питання.

## Бібліографія

1. *Статистичний щорічник України за 2011 рік* / За ред. О.Г. Осауленка. Державна служба статистики України. — К.: ТОВ «Август Трейд», 2012. — 560 с.
2. *Сільське господарство України* / За ред. Н.С. Власенко. Державна служба статистики України. — К.: 2012. — 387 с.
3. *Гонтарев Е. П.* Обоснование кинематической схемы, параметров и режимов переключения коробки передач мотоблока с изменяемым межцентровым расстоянием./ дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.03. / Е. П. Гонтарев. — Челябинск, 2002. — 129 с.
4. *Овсянников С.И.* Повышение тягово-сцепных свойств мотоагрегатов путем применения трансформируемых двигателей / С.И. Овсянников // *Електронний ресурс*: Режим доступу: — [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vsntu/mashin/2012\\_135/2012\\_135/135\\_46.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vsntu/mashin/2012_135/2012_135/135_46.pdf)
5. *Паніна В.В.* Обгрунтування трансмісії малогабаритного машинного агрегату для фермерських господарств: автореф. дис. канд. техн. наук 05.22.02 / В.В. Паніна //— Х.: Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т., 2005. — 19 с.
6. *Скойбеда А.Т.* Колесно-шагающие движители для транспортного средства высокой проходимости / А. Т. Скойбеда, В. Н. Жуковец // *Теоретическая и прикладная механика: междунар. науч.-техн. сборник БНТУ*. — Минск: 2013. — Вып. № 28. — С. 228-233.
7. *Евграфов В.В.* Динамика и управление движением колесных роботов / автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: спец. 05.02.01 / В.В. Евграфов. — М., 2008. — 15 с.
8. *Механико-эргономическое обоснование средств малой механизации сельскохозяйственных работ*: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 / Н. Д. Келлер. — М., 2000. — 63 с.
9. *Мясищев Д. Г.* Обоснование структуры и параметров лесохозяйственной системы машин на основе мобильных средств малой механизации: дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.21.01 / Д. Г. Мясищев // С-Пб., 2005. — 350 с.
10. *Овсянников С.И.* Исследование силового управляющего взаимодействия в подсистеме «оператор-человек». / С.И. Овсянников, А.Г. Марчишак // *Електронний ресурс*: Режим доступу [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vkhdusg/2012\\_123/st%204.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vkhdusg/2012_123/st%204.pdf).

11. *Подрубалов М.В.* Совершенствование виброзащиты оператора транспортного мотоблока в системе малой механизации лесохозяйственной и лесопарковой деятельности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.21.01 / М.В. Подрубалов. — М., 2012. — 18 с.
12. *Булгаков В.М.* До питання стійкості мотоблока при роботі на схилах / В.М. Булгаков, М.В. Усенко Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства». — Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2010. — Вип. № 94. — С. 294-297.
13. *Усенко М.В.* Елементи теорії стабілізуючого пропелерного пристрою / М.В. Усенко // Електронний ресурс: режим доступу [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvnau\\_apk/2010\\_144\\_5/10umv.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvnau_apk/2010_144_5/10umv.pdf).
14. *Купряшкин В.Ф.* Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 / В. Ф. Купряшкин. — Саранск, 2011. — 220 с.
15. *Паніна В.В.* Обгрунтування трансмісії малогабаритного машинного агрегату для фермерських господарств: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.02 / В.В. Паніна // — Х.: Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т., 2005. — 19 с.
16. *Прокопьев А.Ф.* Повышение эффективности лесотранспорта на участках рубок ухода в молодняках европейского севера: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.21.01 / А.Ф. Прокопьев. — Архангельск, 2009. — 19 с.
17. *Ружьев В.А.* Разбрасыватель для мотоблока в технологическом процес се внесения удобрений / В.А. Ружьев, М.В. Николаев // Развитие АПК в свете инновационных идей молодых ученых. Сбнауч. трудов. — С-Пб.: С-Пб. гос. аграр. Унив ер, 2012. — С. 248-251.
18. *ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 629-85)* Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. Введ. 1987-01-07. — М.: Изд-во стандартов. 1986. — 5 с.
19. *Мотоблок Зубр JR-Q78, JR-Q79:* руководство по эксплуатации. — К.: Протосад, — 86 с.
20. *Шкарівський Г.В.* Про експлуатаційну масу енергозасобів / Г.В. Шкарівський, Р.Г. Шкарівський // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]; — Мелітополь: ТДАТУ, 2012. — Вип. № 2. — Т. 3. — Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/nvtdau>.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА» НА ТЯГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОТОБЛОКА**

*На основании сопоставлений теоретических и экспериментальных исследований зложено результаты исследований влияния оператора на формирование тягового усилия мотоблока тяжелого класса.*

**Ключевые слова:** *мотоблок, мобильное энергетическое средство, колесная формула, тяговоусилие, теоретические исследования, экспериментальные исследования.*

## **INVESTIGATION OF THE «MAN-MACHINE» ON TRACTION PERFORMANCE MOTOBLOCK**

*Based on comparisons of theoretical and experimental studies Assembly put results of the effect on the formation of the operator traction motor cultivator tyazhelogoklassa.*

**Key words:** *behindtractor, mobilepowertool, wheelformula, thedrivingforce, theoreticalstudies, experimentalresearch.*