



УДК 631.372

## ПРО ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ МАСУ ЕНЕРГОЗАСОБІВ

Шкарівський Г.В., к.т.н.,

Шкарівський Р.Г.

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Тел.: (067) 18-58-338

**Анотація** – наведено результати теоретичних досліджень стосовно встановлення можливих меж варіювання експлуатаційної маси колісних мобільних енергетичних засобів з урахуванням можливого їх баластування.

**Ключові слова** – мобільний енергетичний засіб, експлуатаційна маса, рівень баластування, заміщення тягових класів.

*Постанова проблеми.* В умовах реалізації тягово-енергетичної концепції розвитку конструкцій енергозасобів [1, 2], вибір потужності двигуна мобільного енергетичного засобу (МЕЗ) зводиться до вибору її мінімального рівня при максимальній ефективності машинно-тракторних агрегатів (МТА). За таких умов при підвищенні загальної енергонасиченості МЕЗ його експлуатаційна маса і потужність встановленого двигуна узгоджуються так, щоб остання практично повністю (за винятком незворотних втрат на буксування і утворення колії) реалізовувалася через тягове зусилля трактора [3]. В такому випадку повна реалізація потужності двигуна енергозасобу підвищеного рівня енергонасиченості через тягове зусилля може бути здійснена за рахунок його баластування. Залежно ж від рівня баластування спостерігається зміна тягового зусилля, яка може бути достатньо істотною щоб вплинути на позицію енергозасобу в загальному типорозмірному ряду МЕЗ. На даному етапі умовам і рівню баластування МЕЗ, незважаючи на важливість питання, приділяється недостатня увага, що підтверджує необхідність переосмислення певних вимог до названого заходу та, щонайменше, їх уточнення в рамках державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі.

*Аналіз останніх досліджень.* В країнах колишнього СРСР діє класифікація енергозасобів сільськогосподарського призначення за номінальним тяговим зусиллям [4], в основі якої лежить експлуатаційна маса машини. Така класифікація переконливо довела свою

життєздатність в часовому проміжку понад 60 років, незважаючи на те, що в неї продовжують вноситися уточнення і доповнення.

На особливу увагу заслуговують ті уточнення, які стосуються можливості використання енергозасобів з баластом, що дозволяє як підвищити тягові властивості, так і розширити сферу використання машини при задовільних показниках ущільнення ґрунту. Зокрема в роботі [5] на основі аналізу системи плугів та шкідливої дії ходових систем енергозасобів на ґрунт встановлено, що енергозасоби доцільно баластувати в межах від 0 до 23%. При чому, трактори типу Т-40АМ і К-700М не рекомендується баластувати з тієї причини, що в них і так забезпечується раціональне агрегування з плугами. Названі межі баластування включали певні середньозважені рівні для колісних і гусеничних машині вважалися перспективними для вітчизняних енергозасобів на той час.

Разом з тим, характеристики МЕЗ, приведені в каталозі [6] показали, що передові тракторобудівні фірми передбачають істотне баластування енергозасобів, максимальне значення якого близьке до конструкційної маси останніх, а іноді і перевищує її значення (окремі моделі енергозасобів Fendt), що істотно впливає на тягові показники аж до переходу в більш вищі тягові класи передбачені стандартом [7].

Викладене говорить про недостатню наукову проробку питань щодо визначення меж баластування мобільних енергетичних засобів сільськогосподарського призначення його впливу на класифікацію останніх за номінальним тяговим зусиллям, яка є базою для створення технологічних машин та комплектування МТА. Крім того, це є свідченням наявності певних застійних явищ як в питаннях баластування та покращення тягових властивостей, так і в питаннях розвитку конструкцій енергозасобів, їх механізмів і систем.

*Формулювання цілей статті.* Дослідити вплив варіювання експлуатаційної маси енергозасобів на класифікацію МЕЗ за номінальним тяговим зусиллям.

*Основна частина.* Аналіз методики формування регламентованого нормативними документами [7] типорозмірного ряду МЕЗ та аналіз характеристик енергозасобів передових тракторобудівних підприємств світу на площині параметрів експлуатаційна і конструкційна маса енергозасобу та номінальне тягове зусилля.

Зважаючи на те, що мобільні енергетичні засоби повинні забезпечувати виконання тягових, тягово-приводних та приводних операцій, дослідження меж зміни експлуатаційної маси всередині кожного тягового класу проводили з дотриманням наступних міркувань.

За методикою стандарту [7] експлуатаційна маса визначається з залежності:

$$P_{ГК.Н} = A \times m_{eP_{ГК.Н}}, \quad (1)$$

де  $P_{ГК.Н}$  – номінальне тягове зусилля енергозасобу, кН;

$A$  – коефіцієнт, який встановлюється в залежності від виду енергозасобу (коефіцієнт  $A$  передбачено приймати рівним: -  $3,24 \cdot 10^{-3}$  – для енергозасобів з експлуатаційною масою до 2600 кг; -  $3,73 \cdot 10^{-3}$  – для чотирьох і трьохколісних енергозасобів з двома ведучими колесами (4К2 і 3К2) з експлуатаційною масою більше 2600 кг; -  $3,92 \cdot 10^{-3}$  – для енергозасобів з колісною формулою 4К4 і експлуатаційною масою більше 2600 кг; -  $4,9 \cdot 10^{-3}$  - для гусеничних енергозасобів);

$m_{eP_{ГК.Н}}$  – експлуатаційна маса енергозасобу, при якій досягається номінальне тягове зусилля досліджуваного рівня, кг.

Виходячи з викладеного з метою забезпечення регламентованих діючим в Україні типорозмірним рядом [7] тягових зусиль колісних енергозасобів різних класів їх експлуатаційні маси можуть варіювати в наступних межах – таблиця 1.

Таблиця 1.

### Межі варіювання експлуатаційних мас колісних енергозасобів діючого типорозмірного ряду

Тяговий клас енергозасобу	Межі варіювання номінального тягового зусилля, кН		Експлуатаційна маса енергозасобу*, кг		Зміна експлуатаційної маси	
	від	до	нижня межа	верхня межа	в ... рази	на ... %
1	2	3	4	5	6	7
0,2	1,8	5,4	$\geq 555,6$	$< 1666,7$	3,00	200,0
0,6	5,4	8,1	$\geq 1666,7$	$< 2500,0$	1,50	50,0
0,9	8,1	12,6	$\geq 2500,0$	$< 3214,3$	1,29	28,6
1,4	12,6	18,0	$\geq 3214,3$	$< 4591,8$	1,43	42,8
2	18,0	27,0	$\geq 4591,8$	$< 6887,7$	1,50	50,0
3	27,0	36,0	$\geq 6887,7$	$< 9183,7$	1,33	33,3
4	36,0	45,0	$\geq 9183,7$	$< 11479,6$	1,25	25,0
5	45,0	54,0	$\geq 11479,6$	$< 13775,5$	1,20	20,0
6	54,0	72,0	$\geq 13775,5$	$< 18367,3$	1,33	33,3
8	72,0	108,0	$\geq 18367,3$	$< 27551,0$	1,50	50,0

\*) зміну значення коефіцієнта  $A$ , передбачену в поясненнях до залежності (1), відповідно до отриманого рівня експлуатаційної маси проводили під час розрахунків при першому досягненні названого показника значення 2600 кг і надалі приймали рівним  $3,92 \cdot 10^{-3}$ , оскільки останнім часом основна маса колісних енергозасобів випускається у повнопривідному варіанті, або такому, що може легко трансформуватися у повнопривідний.

В таблиці 1 показано межі варіювання експлуатаційних мас енергозасобів для кожного з задекларованих діючим стандартом [7] тягових класів, які забезпечують реалізацію відповідних їм тягових зусиль. Дані табл. 1 говорять про те, що навіть в середині передбачених стандартом тягових класів, експлуатаційні маси енергозасобів можуть істотно варіювати. Так для класу 0,2 експлуатаційні маси енергозасобів можуть відрізнятись в три рази, або на 200% порівняно з нижньою межею експлуатаційної маси, характерної для енергозасобів цього тягового класу. Аналогічна картина спостерігається і для енергозасобів інших тягових класів, але з дещо нижчими кількісними показниками. Так збільшення експлуатаційних мас енергозасобів класів 0,6, 0,9, 1,4, 2, 3, 4, 5, 6 та 8 в середині тягових класів передбачено в 1,2...1,5 рази, або на 20...50%. Звісно, що типорозмірний ряд організований таким чином, що його точки накривають енергозасоби різних конструкцій, різних виробників, а звідси і різної маси. І лише за рахунок меж варіювання експлуатаційної маси енергозасобів (див. табл. 1, колонки 4 і 5) передбаченої діючим стандартом можна класифікувати такі енергозасоби і віднести до відповідних тягових класів.

Цікава картина спостерігається, якщо проаналізувати характеристики серійних машин. Насамперед варто зазначити, що реальна експлуатаційна маса енергозасобів, які працюють в господарствах істотно вища ніж нижня її межа вказана в табл. 1. Трактор класу 1,4 «Беларусь-1005» має експлуатаційну масу 4025 кг при мінімальній для даного класу рівній 3214,3 кг [8], трактор того ж класу «Беларусь -82» має експлуатаційну масу 3900 кг, а ПМЗ-6АКМ – 3895 кг. Трактор класу 3 ХТЗ-121 має експлуатаційну масу 8200 кг при нижній межі для даного класу рівній 6887,7 кг. Аналогічна ситуація характерна для машин, які представляють переважну більшість тягових класів. В такому випадку, якщо враховувати ще і можливість баластування таких енергозасобів, принаймів межах декларованих в роботі [5], то максимальна експлуатаційна маса тракторів класів 0,6, 0,9, 1,4, 3, 4, 5 перевищить рівень верхніх меж експлуатаційних мас для енергозасобів названих класів і такі машини перейдуть у вищі тягові класи. Наприклад, трактор класу 3 ХТЗ-121, як зазначалось вище, має експлуатаційну масу 8200 кг [8]. Баластування цього трактора в розмірі 23% приведе до зростання його загальної експлуатаційної маси до рівня 10086 кг, що характерно вже для машин тягового класу 4 (див табл. 1). Трактори класу 0,2 при баластуванні в межах 23% не переходять до вищих тягових класів через те, що стандарт передбачає для них дуже широкий діапазон варіювання експлуатаційної маси, а трактори класу 2 типу ЛТЗ-155, «Беларусь-1221» мають початкову експлуатаційну масу, яка, навіть

при баластуванні на 23%, не веде до зміни тягового класу машин. Інша ж ситуація з енергозасобами класу 5. Так за даними каталогу [8] трактори К-744-1 та К-701М відносяться до тягового класу 5, їх експлуатаційні маси мають значення 15830 кг і 14570 кг відповідно, що за даними таблиці 1 дозволяє віднести їх до тягового класу 6 навіть без баластування. Викладене спонукає до певних висновків, а саме: а) в теоретичному плані - про певні неточності в залежності (1); б) в практичному плані - про відсутність ефективних шляхів реалізації наявної експлуатаційної маси енергозасобів.

Виходячи з викладеного можна стверджувати, що на практиці межі варіювання експлуатаційної маси енергозасобу, обумовлені стандартом, носять більше довідковий характер. В такому випадку важливо щоб енергозасіб за своїми характеристиками чітко відповідав тому тяговому класу, до якого віднесений, а його експлуатаційна маса досягнута в будь-який спосіб, включаючи і баластування може змінюватись як в межах обумовлених стандартом для даного класу енергозасобів, так і в більш розширених межах, не виключаючи перехід в більш високі тягові класи.

Зважаючи на те, що експлуатаційна маса є одним з основних чинників визначення потужності встановлюваного двигуна, а звідси і інших важливих експлуатаційних параметрів енергозасобу варто зазначити, що подібний спосіб регламентації експлуатаційної маси є мало ефективним.

За таких умов варто розглянути більш досконалі методи визначення меж варіювання експлуатаційної маси енергозасобів, які передбачають врахування і інших їх експлуатаційних властивостей, що викладено нижче.

Для реалізації зазначених вище положень стосовно визначення потужності встановленого на енергозасобі двигуна, доцільно в якості нижньої межі можливих значень експлуатаційної маси енергозасобу того чи іншого класу прийняти масу, яка визначається з залежності (1) за номінальним тяговим зусиллям  $P_{ГК.Н}$ , характеристичним для певного тягового класу енергозасобу (наприклад: трактор ХТЗ-17221 належить до тягового класу 3, а характеристичне для цього тягового класу значення  $P_{ГК.Н}=30$  кН) та коефіцієнтом  $A$ , що встановлюється залежно від типу енергозасобу.

Як видно з залежності (1) номінальне тягове зусилля енергозасобу прямо пропорційне його експлуатаційній масі. В такому випадку верхню межу експлуатаційної маси енергозасобу даного класу доцільно розраховувати з наступних міркувань. Передові закордонні тракторобудівні фірми закладають в конструкцію своїх машин можливість баластування в межах конструкційної маси енергозасобу. Ці технічні рішення підтвержені і достатньою

надійністю конструкцій енергозасобів, оскільки вже сьогодні вантажопідйомність їх начіпних пристроїв, в переважній більшості, сягає конструкційної маси самих енергозасобів, а в окремих випадках і перевищує її [6]. Це говорить про можливість конструкції енергозасобу витримувати навантаження від баластування такого рівня. За таких умов слід передбачити можливість баластування енергозасобу таким чином, щоб окремі енергозасоби були спроможні реалізувати тягове зусилля обумовлене масою, яка дорівнює сумі експлуатаційної маси енергозасобу та маси баласту у розмірі конструкційної маси енергозасобу. Таким чином верхня межа експлуатаційної маси енергозасобу  $i$ -го тягового класу з урахуванням маси баласту може бути описана залежністю

$$m_{eimax} = m_{eP_{ГК.Нi}} + m_{ki}, \quad (2)$$

де  $m_{eimax}$  – верхня межа експлуатаційної маси енергозасобу  $i$ -го тягового класу з урахуванням баластування;

$m_{eP_{ГК.Нi}}$  – експлуатаційна маса енергозасобу  $i$ -го тягового класу визначена за залежністю (1) для характеристичного тягового зусилля;

$m_{ki}$  – маса баласту, в якості якої виступає конструкційна маса енергозасобу  $i$ -го тягового класу (конструкційна маса колісного енергозасобу приймається меншою експлуатаційної в 1,15 рази [7]).

За таких умов експлуатаційна маса колісного енергозасобу  $i$ -го тягового класу може варіювати в межах, визначених наступною нерівністю

$$m_{eP_{ГК.Нi}} \leq m_{ei} \leq m_{eP_{ГК.Нi}} + m_{ki}. \quad (3)$$

Результати розрахунків меж варіювання експлуатаційної маси енергозасобів існуючих тягових класів, проведені за залежностями (1) та (2), представлені в таблиці 2.

Попередній аналіз результатів розрахунків, приведених в табл. 2, показує, що в результаті застосування запропонованої методики, в усіх тягових класах, передбачених стандартом експлуатаційна маса енергозасобів за рахунок баласту може бути збільшена в 1,87 рази, або на 87%. Масові показники енергозасобів всіх тягових класів без застосування баластування істотно вищі нижньої межі експлуатаційної маси, регламентованої для них стандартом [7], а за умови застосування передбаченого баластування вони, за виключенням досліджуваного параметра, отриманого для енергозасобів класу 0,2, істотно перевищують верхні межі експлуатаційної маси передбаченої цим же стандартом (див. табл. 1).

Таблиця 2.

**Межі можливого варіювання експлуатаційної маси колісних енергозасобів існуючих тягових класів визначені за запропонованою методикою**

Тяговий клас енергозасобу	Значення показника, кг			Зміна експлуатаційної маси	
	експлуатаційна маса енергозасобу		маса баласту ( $m_{ki}$ )	в ... рази	на ... %
	без баласту ( $m_{eP_{ГКНi}}$ )	з баластом ( $m_{eP_{ГКНi}} + m_{ki}$ )			
0,2	617,28	1154,05	536,76	1,87	87
0,6	1851,85	3462,16	1610,30	1,87	87
0,9	2777,78	5193,24	2415,46	1,87	87
1,4	3571,43	6677,02	3105,59	1,87	87
2	5102,04	9538,60	4436,56	1,87	87
3	7653,06	14307,90	6654,83	1,87	87
4	10204,08	19077,19	8873,11	1,87	87
5	12755,10	23846,49	11091,39	1,87	87
6	15306,12	28615,79	13309,67	1,87	87
8	20408,16	38154,39	17746,23	1,87	87

Крім того, реалізація за запропонованою схемою баластування енергозасобів класів 6 і 8 дозволить отримати тягові зусилля, які істотно перевищать верхню межу тягових зусиль, регламентовану стандартом [7].

Тепер варто проаналізувати позитивні і негативні сторони отриманих результатів.

Для отримання тягового зусилля енергозасобу обумовленого масою  $m_{ei\max}$  при відповідних швидкісних характеристиках, останній повинен обладнуватись двигуном підвищеної потужності. Ця обставина породжує проблему ефективного використання потужності встановленого двигуна за умови використання енергозасобу поза рамками тягового МТА, що тут не розглядається і повинно вирішуватись окремо.

Такий підхід у визначенні меж варіювання експлуатаційної маси енергозасобів дозволить більш досконало ставити вимоги до потужності двигунів та інших важливих експлуатаційних параметрів МЕЗ. Стосовно меж варіювання експлуатаційних мас енергозасобів представлених у табл.1, варто зазначити, що їх доцільно використовувати як довідкові наступним чином. Якщо фірма-виробник створила енергозасіб експлуатаційною масою 6887,7 кг (нижня межа експлуатаційної маси енергозасобу класу 3, визначена за методикою стандарту [7]), то цей енергозасіб потрібно віднести до

тягового класу 3, передбачивши вже початкове встановлення на ньому двигуна, який розвиває потужність необхідну для реалізації тягового зусилля створеного експлуатаційною масою 7653,1 кг (нижня межа експлуатаційної маси для енергозасобу класу 3, визначена за запропонованою методикою). Недостачу експлуатаційної маси в розмірі 765,4 кг варто компенсувати баластом(що не суперечить основним положенням тягово-енергетичної концепції розвитку енергозасобів). Для ефективного використання надлишкової потужності, у разі використання енергозасобу не в тяговому агрегаті і без баласту, фірма-виробник повинна запропонувати механізми і системи, що дозволяють її реалізувати в інший спосіб. Якщо ж фірма-виробник передбачає створити на такій базі енергозасіб підвищеного рівня універсальності з підвищеною потужністю двигуна, то з метою забезпечення реалізації цієї потужності через тягузгадані вище 765,4 кг варто додати до необхідного баласту, верхня межа якого сягає розміру конструкційної маси цього енергозасобу (див. табл. 2). В такому випадку межа бути створений енергозасіб, баласт якого буде перевищувати його конструкційну масу, що спостерігається на окремих моделях енергозасобів фірми Fendt. При цьому, фірма-виробник повинна встановити двигун відповідної потужності, а також механізми і системи ефективною реалізації цієї потужності в разі використання МЕЗ не в тяговому агрегаті.

Розглядаючи далі той же приклад для випадку коли фірмою-виробником буде створено енергозасіб більшої маси ніж 7653,1 кг (без урахування баласту), наприклад 9183,6 кг, то варто проаналізувати триможливі варіанти створення МЕЗ, а саме:

- перший* - на енергозасобі встановлено двигун, рівень потужності якого нижчий, ніж той, що дозволяє реалізувати тягове зусилля обумовлене експлуатаційною масою 9183,6 кг;
- другий* - на енергозасобі встановлено двигун, потужність якого дозволяє реалізувати тягове зусилля обумовлене тільки експлуатаційною масою 9183,6 кг;
- третій* - на енергозасобі встановлено двигун, який має великий запас потужності порівняно з тією, що необхідна для реалізації тягового зусилля, обумовленого експлуатаційною масою 9183,6 кг.

У першому варіанті енергозасіб можна віднести до тягового класу 3, однак тягове зусилля, передбачене задіяною експлуатаційною масою не буде реалізоване повністю на заданому швидкісному режимі через недостатню потужність встановленого двигуна. Такий МЕЗ буде витрачати значну частину потужності для самопересування і, як наслідок, це негативно вплине на економічні показники роботи агрегату на базі такого енергозасобу через надмірні витрати пального і



низьку продуктивність виконання технологічних операцій. За таких умов використання енергозасобів передбачених першим варіантом економічно не доцільне і їх поява на ринку малоімовірна.

У другому варіанті енергозасіб відноситься також до класу 3. Застосований рівень потужності встановленого двигуна, який забезпечує тільки реалізацію тягового зусилля обумовленого наявною експлуатаційною масою без врахування можливості баластування дозволяє віднести даний енергозасіб до машин з низьким рівнем універсальності. Це характерно, в першу чергу, для машин тягової концепції їх розвитку. Такі машини знайдуть застосування в технологіях, які ще використовуються в рослинництві, оскільки рівень реалізації показників універсальності енергозасобів в них достатньо низький [9]. Перспективність розвитку конструкцій таких машин низька.

Третій варіант передбачає застосування високого рівня енергонасиченості енергозасобу, експлуатаційна маса якого без баласту, за даними стандарту [7], є граничною для тягового класу 3. Реалізація встановленої потужності через тягове зусилля можлива лише за умови баластування енергозасобу. Зміна ж експлуатаційної маси такого енергозасобу навіть на 0,1 кг, за методикою стандарту [7], веде до переходу його в тяговий клас 4. Маса розміром 0,1 кг не є істотною в питаннях баластування енергозасобів в той час, як розглядаються баласта в розмірі їх конструкційних мас. За таких умов методика визначення класу енергозасобу за його експлуатаційною масою, запропонована в стандарті [7], не завжди ефективна. Розглянемо, як працює в даній ситуації запропонована методика. Експлуатаційна маса 9183,6 кг вкладається в проміжок 7653,06 – 14307,90 кг, окреслений відповідно нижньою і верхньою (отримуваною за рахунок баластування 100% конструкційної маси) межами експлуатаційної маси енергозасобів класу 3 (див. табл. 2). Тобто однозначно маємо справу з енергозасобом класу 3, але з потенційно нижчим рівнем баластування, ніж задекларовано в запропонованій методиці, а звідси і потенційно нижчим рівнем універсальності. Бажання ж підвищити рівень універсальності таких енергозасобів неодмінно приведе до чергового підвищення рівня енергонасиченості, а звідси і до запровадження подальшого баластування. Подібні кроки повинні мати достатнє економічне підґрунтя, оскільки обов'язково приведуть до змін в класифікації МЕЗ за номінальним тяговим зусиллям, до появи нових точок типорозмірного ряду, а звідси і до надмірних і, в багатьох випадках, невиправданих фінансових витрат.

В такому випадку доцільно дотримуватись мінімальної градації енергозасобів в типорозмірному ряду, що якраз і можна

досягти вимогою визначати базову експлуатаційну масу (як її нижню межу) за характеристичним для даного тягового класу значенням номінального тягового зусилля. Варіювати ж цією масою доцільно тільки шляхом запровадження баластування, максимальний розмір якого повинен обмежуватись конструкційною масою енергозасобу того чи іншого тягового класу, що і реалізовано в запропонованій методиці.

Слід також звернути увагу ще на деякі обставини. В табл. 2 приведено межі варіювання експлуатаційної маси енергозасобів передбачених діючим стандартом тягових класів [7] без баласту і за умови баластування масою, розмір якої дорівнює їх конструкційній масі. Аналіз показників, характерних для класів 0,2 і 0,6 показує, що верхня межа експлуатаційної маси енергозасобів класу 0,2 істотно менша нижньої межі експлуатаційної маси енергозасобів класу 0,6 (показники 1154,05 кг. і 1851,85 кг. відповідно). Це говорить про те, що за запропонованою методикою обґрунтування експлуатаційної маси енергозасобу типорозмірним рядом не передбачено машин, які могли б мати експлуатаційну масу у проміжку 1154,05...1851,85 кг. і перекривали б відповідні цій масі тягові зусилля, що суперечить діючому стандарту. Виходом з даної ситуації може бути перекриття верхніх значень тягових зусиль характерних для машин класу 0,2 енергозасобами класу 0,6, що веде до певних економічних перевитрат, або організація ще одного додаткового класу між класами 0,2 і 0,6, що також має певні економічні протиріччя. Однак, обидва шляхи варті уваги, якщо врахувати можливі витрати за умови створення енергозасобів класу 0,2 з різною експлуатаційною масою без урахування їх баластування.

Обладнання МЕЗ класів 0,6 ... 6 баластом в розмірі їх конструкційної маси веде до часткового, або повного перекривання енергозасобами нижчих тягових класів експлуатаційних мас характерних для вищих тягових класів. Так машини класу 0,6 укомплектовані згаданим баластом мають експлуатаційну масу 3462,16 кг, в той час, як нижня межа цього показника для класу 0,9 має розмір 2777,78 кг, а верхня - 5193,24 кг. Аналогічна ситуація в класах 0,9, 1,4 та 2. А в класах 3, 4, 5 та 6 ситуація і ще більш переконлива. Тут забаластовані машини досягають характеристик не тільки сусідніх тягових класів, а і більш вищих. Так обладнаний баластом розміром 6654,83 кг енергозасіб класу 3 має експлуатаційну масу на рівні 14307,90 кг, в той час, як для машин класів 4 і 5 характерні значення нижніх рівнів експлуатаційної маси 10204,08 і 12755,10 кг відповідно. Аналогічна ситуація характерна і для машин класів 4, 5 та 6. За таких умов у вищих тягових класах з метою обмеження кількісного складу типорозмірного ряду, що важливо з

точки зору економії коштів на створення машин, доцільно ввести певні обмеження у баластуванні енергозасобів класів 4, 5, 6 та 8. Крім того, межа нарощування експлуатаційної маси енергозасобів сільськогосподарського призначення визначена стандартом [7] і не перевищує 27551,02 кг, що відповідає тяговому зусиллю 108 кН. В класах 6 та 8 спостерігається перевищення названого показника за верхньою межею експлуатаційної маси з баластом. В такому випадку доцільно ввести обмеження верхніх значень експлуатаційних мас енергозасобів показником 27551,02 кг. Викладені обставини дозволяють зробити висновок про можливість тимчасового (на період наповнення ринку енергозасобами всіх тягових класів) заміщення більш високих тягових класів МЕЗ нижчими, здатними до баластування.

З урахуванням викладеного в таблиці 3 представлено межі варіювання експлуатаційних мас МЕЗ сільськогосподарського призначення в тягових класах першочергової реалізації.

Таблиця 3.

### Межі можливого варіювання експлуатаційної маси колісних енергозасобів в тягових класах першочергової реалізації

Тяговий клас енергозасобу	Значення показника, кг			Зміна експлуатаційної маси	
	експлуатаційна маса енергозасобу		маса баласту ( $m_{ki}$ )	в ... рази	на ... %
	без баласту ( $m_{eP_{2k.n.i}}$ )	з баластом ( $m_{eP_{2k.n.i}} + m_{ki}$ )			
0,2	617,28	1154,05	536,76	1,87	87
0,6	1851,85	3462,16	1610,30	1,87	87
0,9	2777,78	5193,24	2415,46	1,87	87
1,4	3571,43	6677,02	3105,59	1,87	87
2	5102,04	9538,60	4436,56	1,87	87
3	7653,06	14307,90	6654,83	1,87	87
5	12755,10	<b>20408,16*</b>	<b>7653,06</b>	1,60	60
8	20408,16	<b>27551,02</b>	<b>7142,86</b>	1,35	35

*\*) іншим шрифтом виділені позиції з обмеженим баластуванням порівняно з запропонованою методикою*

До таблиці 3 внесено всього 8 тягових класів замість 10, передбачених стандартом [7]. Характеристики машин класів 4 та 6 реалізуються в сусідніх тягових класах за рахунок баластування енергозасобів, що їх представляють. Крім того, машини класу 8 сьогодні мало представлені в технологіях, тому, за певних умов, можна виконувати окремі операції з тяговим опором 80 кН енергозасобами класу 5 обладнаними відповідним баластом. За таких

умов виробникам сільськогосподарської продукції достатньо обмежитися енергозасобами класів 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3 і 5, застосувати їх запропоноване баластування і вимоги технологій будуть виконані. Це також важливо знати тракторобудівникам щоб не витратити зусилля при створенні енергозасобів нових конструкцій.

Запропонований підхід до визначення експлуатаційної маси енергозасобу дозволить зменшити ущільнення ґрунту ходовими системами і спонукатиме до створення мінімального переліку МЕЗ здатних забезпечувати необхідні рівні баластування.

Варто також зазначити, що викладений підхід до визначення експлуатаційної маси енергозасобу порушує цілісність схеми плавного нарощування експлуатаційної маси в точках типорозмірного ряду задля нарощування тягового зусилля (див табл. 1 колонки 2 і 3 та 4 і 5). Однак, тут же проявляються невідворотні і значно істотніші переваги запропонованої методики, а саме:

- кожен тяговий клас представлений конкретною експлуатаційною масою, яка визначає базову конструкцію машини і до якої можна пред'явити конкретні вимоги, а потім їх оцінити за узагальненою методикою;
- запропонований високий рівень баластування дозволить перекрити як тягові зусилля обумовлені експлуатаційними масами енергозасобів, що знаходяться в проміжку між нижньою межею експлуатаційної маси для даного тягового класу і експлуатаційною масою, при якій досягається характеристичне тягове зусилля для цього ж класу, так і весь проміжок тягових зусиль окремих тягових класів, що дозволить оптимально варіювати кількістю необхідних тягових класів залежно від впроваджуваних технологій, економічного стану господарства, або держави, кваліфікації персоналу, агроекологічних умов тощо;
- на ринку МЕЗ з'являться енергозасоби, які матимуть однакову шкалу оцінок, що спростить процедуру їх вибору споживачем;
- з'явиться реальна можливість створення єдиної елементної бази для енергозасобів.

*Висновки.* В результаті проведених досліджень встановлено, що передові тракторобудівні підприємства світу широко використовують покращення тягових властивостей своїх енергозасобів шляхом баластування. Розмір баласту обмежується конструкційною масою енергозасобів. Визначено межі варіювання експлуатаційних мас енергозасобів діючого в Україні типорозмірного ряду. В якості нижньої межі можливих значень експлуатаційної маси енергозасобу того чи іншого класу доцільно прийняти масу, яка визначається за

значенням номінального тягового зусилля, характеристичного для певного тягового класу енергозасобу. В якості верхньої межі доцільно прийняти експлуатаційну масу, утворену з суми маси, що характеризує нижню межу експлуатаційної маси для енергозасобу даного класу і маси баласту в розмірі конструкційної маси цього енергозасобу. Встановлено, що для забезпечення виконання тягових операцій в сучасних технологіях в Україні достатньо створити енергозасоби класів 0,2, 0,6, 0,9, 1,4, 2, 3 та 5 відповідної конструкції і забезпечити їх баластування за запропонованою методикою. Встановлено також доцільність вивчення питання щодо організації ще одного тягового класу між класами 0,2 та 0,6, економічна доцільність якого може скласти напрям подальших досліджень з даного питання.

#### *Література.*

1. *Ксєневич І.П.* Технологические основы и техническая концепция тракторов второго поколения / *И.П. Ксєневич, Г.М. Кутьков* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1982, - №12. – С. 26-28.
2. *Шкарівський Г.В.* Дослідження сучасних напрямів розвитку технічної концепції створення мобільних енергетичних засобів сільськогосподарського призначення / *Г.В. Шкарівський* // Механізація та електрифікація сільського господарства. - Глевах, ННЦ “ІМЕСГ”, - 2007. – Вип. 91. – С. 174-185.
3. *Иванцов В.Д.* Минимальная мощность двигателя и эффективность МТА / *В.Д. Иванов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004, - №7. – С. 26-28.
4. *Трепененков И.И.* Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов / *И.И. Трепененков*. – М.: Машгиз, 1963. – 271 с.
5. *Ксєневич І.П.* Рациональный типоразмерный ряд перспективных сельскохозяйственных тракторов / *И.П. Ксєневич, М.И. Ляско, В.И. Мининзон, А.П. Парфенов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 19901. - №11. – С. 4-7.
6. *TractorCatalogue*// Електронна версія. – 2002.
7. *ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ628-85).* Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. – 24 с.
8. *Мартынов А.В.* Сельскохозяйственные машины и оборудование. Каталог. Часть 1. (Тракторы, транспортные и погрузочные средства) / *А.В. Мартынов, В.Ф. Каминский, Д.А. Моркин, Т.В. Рассказова*. – М.: ОАО «ВНИИКОМЖ», 1996. – 239 с.
9. *Шкарівський Г.В.* Дослідження показників універсальності тракторів, зайнятих у виконанні основних технологічних процесів / *Г.В. Шкарівський, С.П. Погорілий, А.С. Кохно* // Механізація та електрифікація сільського господарства. - Глевах, ННЦ “ІМЕСГ”. – 2004. – Вип. 88. – С. 78-85.

## ОБ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ МАССЕ ЭНЕРГОСРЕДСТВ

*Г.В Шкаровский, Р.Г. Шкаровский*

**Аннотация** – приведено результаты теоретических исследований относительно установления возможных пределов варьирования эксплуатационной массы колесных мобильных энергетических средств с учетом возможного их балластирования.

## OPERATING WEIGHT OF THE POWER MACHINE

*G. Shkarovsky, R. Shkarovsky*

### *Summary*

The results of theoretical studies on the establishment of the possible limits of variation of operating weight of wheeled mobile power tools with the possibility of ballasting.