



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2-10

УДК 631.372; 631.334

С. П. Погорілий, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-9701-2678

В. Г. Присяжний, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5096-3241

В. Ю. Мірний

ORCID: 0000-0003-0560-2484

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України*

e-mail: mirnyivalera@gmail.com, тел.: 066-298-77-54

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВІСНОГО ПРИСТРОЮ МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ ТИПУ “АВТОТРАКТОР” ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4

Анотація. В статті наведено аналіз конструкцій навісних пристроїв та місця їх встановлення на МЕЗ. Складено аналітичні залежності, які встановлюють взаємозв'язки між вагою технологічного модуля (ТМ) та силою, що виникає в гідравлічному циліндрі навісного пристрою. На основі аналітичних залежностей складено графічні залежності навантажень, які виникають під час виконання процесу агрегування ТМ з МЕЗ. Показано зміну навантажень на гідравлічні циліндри від висоти підйому ТМ. Складено математичну залежність і отримано реакції котрі виникають в опорах навісного пристрою. Обґрунтовано параметри гідравлічних циліндрів, який забезпечить підйом ТМ. За результатами проведених наукових досліджень обґрунтовано конструкцію навісного пристрою до мобільного енергетичного засобу типу “Автотрактор”, який забезпечує агрегування ТМ масою до 2 т. Конструкція навісного пристрою відповідає вимогам стандарту до навісних пристроїв категорії 2. Навісний пристрій має просту конструкцію, є легким у виготовленні, не має дороговартісних та складних у виготовленні елементів.

Ключові слова: навісний пристрій, автотрактор, мобільний енергетичний засіб, сільськогосподарський агрегат, тяговий клас.

Постановка проблеми. Використання комбінованих сільськогосподарських агрегатів, які дають можливість виконувати кілька технологічних операцій за один прохід, стрімко набуває популярності. Для цього необхідно створити багатофункціональний мобільний енергетичний засіб, котрий буде забезпечувати розміщення кількох технологічних модулів (ТМ) на його базі та буде ефективним на виконанні сільськогосподарських операцій. В Інституті механіки та

автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України було створено такий мобільний енергетичний засіб МЕЗ-115 «Автотрактор» [1]. Він має наступні основні технічні характеристики: маса – 3,4 т, потужність двигуна – 84,6 кВт (115 к. с.), колісна формула – 4x4, максимальна швидкість руху – 90 км/год, база – 3,3 м.

Аналіз останніх досліджень. Для забезпечення агрегування МЕЗ із серійними с.-г. машинами необхідно обладнати енергозасіб оригінальним навісним пристроєм (рис.1.). Відомі навісні пристрої не задовольняють потреб, адже вони мають значні габаритні розміри [2]. При встановленні такого навісного пристрою, він заважатиме безперешкодному агрегуванню с.-г. машин на раму МЕЗ [3].



Рисунок 1. Відомі навісні пристрої

Виникає необхідність розроблення власного навісного пристрою. Під час розроблення конструкції навісного пристрою керувалися вимогами стандарту до навісних пристроїв [4]. Він повинен не перешкоджати агрегуванню ТМ на рамі МЕЗ, повинен мати просту конструкцію та не мати дороговартісних елементів (поворотний вал підйомних важелів, підймальні важелі, тощо).

Формулювання мети статті. Обґрунтувати параметри навісного пристрою для агрегування багатофункціонального мобільного енергетичного засобу МЕЗ-115 «Автотрактор» (МЕЗ) тягового класу 1,4 з сільськогосподарськими (с.-г.) машинами та знаряддями.

Основна частина. З урахуванням вищезазначеного та аналізу відомих конструкцій навісних пристроїв розроблено власну конструкцію навісного пристрою (рис.2.).

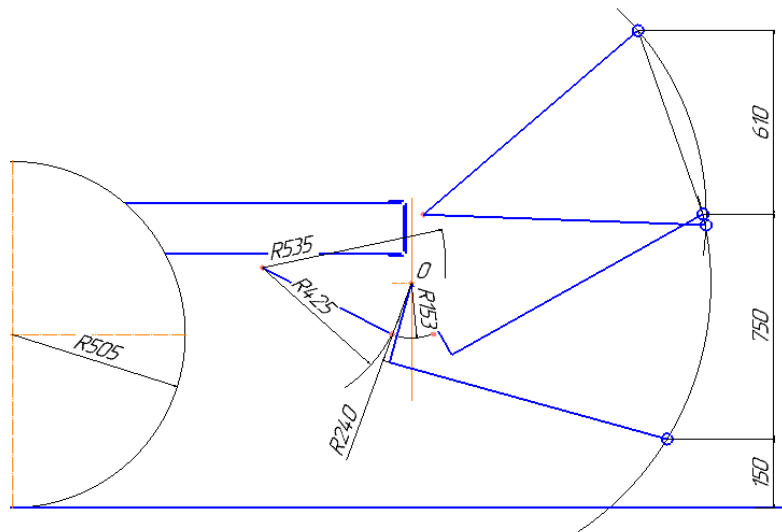


Рисунок 2. Схема навісного пристрою

Для обґрунтування параметрів навісного пристрою МЕЗ побудуємо розрахункову схему сил (рис. 3.). Сили які діють в системі – це сила F , яка виникає зі сторони дії гідроциліндра та вага ТМ $G_{ТМ}$.

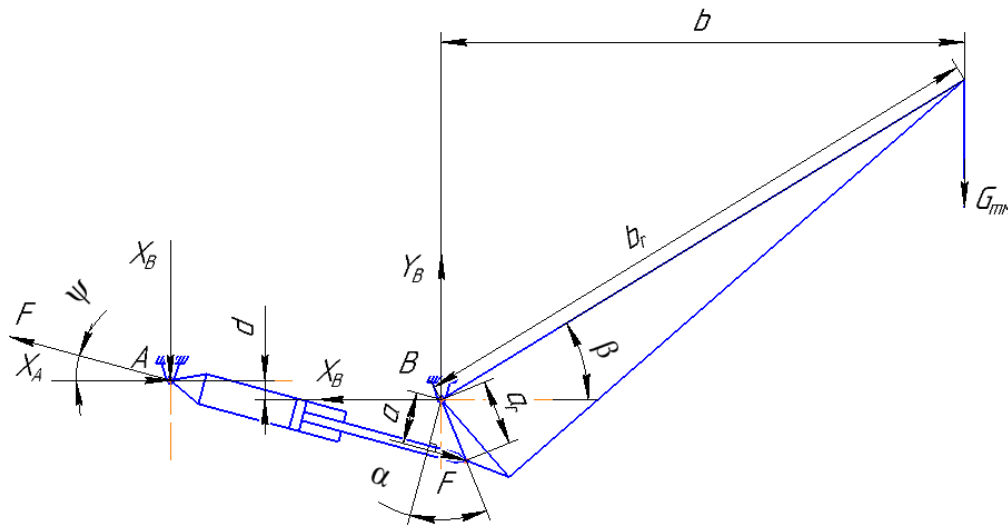


Рисунок 3. Схема прикладених сил та реакції опор

Для обґрунтування параметрів гідроциліндрів навісного пристрою складемо систему рівнянь і визначимо силу F , яка необхідна для підняття ТМ. Складемо суму моментів ($\Sigma M_B = 0$) відносно осі обертання поворотного важеля навісного пристрою (точка B), отримаємо залежність:

$$F \cdot a - G_{ТМ} \cdot b = 0, \quad (1)$$

де ΣM_B - сума моментів відносно точки B;

$G_{ТМ}$ - вага ТМ, кН;

F – сила, яка виникає в гідроциліндрах і необхідна для здійснення



підйому ТМ, кН;
 a, b – плече сил F і $G_{\text{ТМ}}$ відповідно, м;

Знайдемо невідомі a і b :

$$a = a_r \cdot \cos(\alpha - \varphi), \quad (2)$$

$$b = b_r \cdot \cos(\beta - \varphi), \quad (3)$$

де a_r, b_r – радіуси за якими рухаються елементи начіпного пристрою, м.

Використовуючи отриману залежність (1), виразимо силу F .

$$F = \frac{G_{\text{ТМ}} \cdot b_r \cdot \cos(\beta - \varphi)}{a_r \cdot \cos(\alpha - \varphi)}, \quad (4)$$

Для визначення сили F в гідроциліндрах було використано наступні вхідні дані: $G_{\text{ТМ}} = 20$ кН, $b_r = 1,43$ м, $a_r = 0,153$ м, $\alpha = 21,42^\circ$, $\beta = 30,1^\circ$, φ – від 0 до 60° .

З використанням залежності (4) отримано графічну залежність сили F від впливу кута підйому φ (рис. 4).

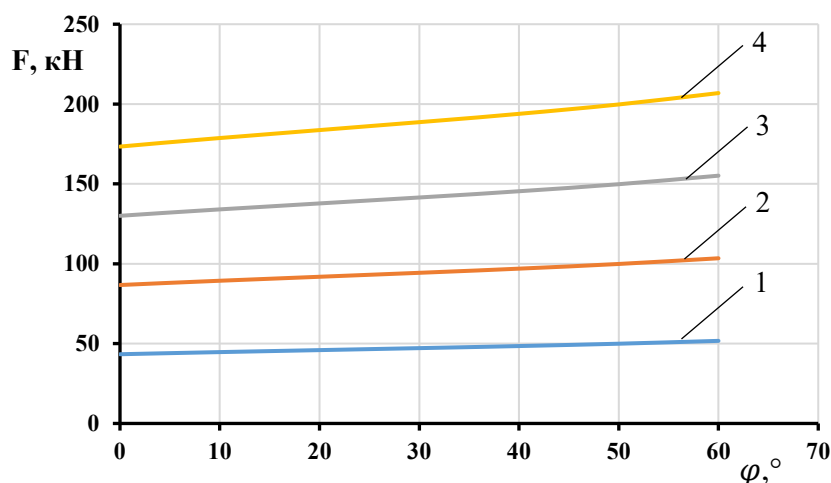


Рисунок 4. Залежність сили F від кута підйому φ : 1, 2, 3, 4 за ваги ТМ: 5, 10, 15, 20 кН відповідно.

Аналіз графічних залежностей (рис. 4) показав, що зі збільшенням ваги ТМ збільшується сила F гідроциліндра. Це відбувається пропорційно до зміни ваги ТМ. Для прикладу, за ваги ТМ 5,0 кН і відповідно до зміни кута підйому φ від 0 до 60° сила F збільшується з 43,34 кН до 51,7 кН. Аналогічна ситуація постерігається при підйому ТМ більшої ваги, так за ваги ТМ 20,0 кН сила F збільшиться з 173,36 кН до 206,87 кН. Найбільше значення сили F спостерігається у максимально піднятому положенні навісного пристрою.



Для обґрунтування параметрів навісного пристрою визначаємо зусилля у вузлах з'єднання навісного пристрою з рамою МЕЗ.

Для визначення зусиль, котрі виникають в опорах А і В (рис. 3.) складемо систему рівнянь ($\Sigma F_y = 0$) і ($\Sigma F_x = 0$) і визначимо реакції, які виникають в опорах навісного пристрою:

$$Y_B - Y_A - G_{\text{ТМ}} = 0, \quad (8)$$

$$X_B - X_A = 0, \quad (9)$$

де X_A і Y_A – горизонтальна та вертикальна реакції в опорі А відповідно;

X_B і Y_B – горизонтальна та вертикальна реакції в опорі В відповідно;

Розкладемо значення X_A і Y_A через значення F :

$$X_A = \cos\psi \cdot F, \quad (10)$$

$$Y_A = \sin\psi \cdot F, \quad (11)$$

де ψ – кут прикладання сили F ;

З отриманих залежностей (10) і (11) маємо значення $X_A = 200,7$ кН; $Y_A = 47,6$ кН, а із залежностей (5) і (6) $Y_B = 67,6$ кН, а $X_B = X_A = 200,7$ кН.

Маючи силу F визначаємо параметри гідроциліндру, який повинен забезпечити підйом ТМ на задану висоту.

Для визначення діаметру циліндра використаємо відому формулу:

$$S = \frac{F}{p}, \quad (12)$$

де S – площа циліндра, м²;

F – зусилля в гідроциліндрі, Н;

p – тиск робочої рідини МЕЗ гідросистеми, Па;

Для розрахунків використаємо максимальні значення сили $F = 206,9$ кН. Тиск робочої рідини візьмемо такий, за якого спрацьовує запобіжний клапан гідросистеми МЕЗ ($p=13,5$ МПа). Отримуємо $S=153,3$ см², а діаметр такого циліндра становитиме $d=13,98$ см [6].

Проаналізувавши каталоги серійних гідроциліндрів, найближчий по необхідному діаметру має занадто великі габаритні розміри, тому було прийнято рішення розділити навантаження на два однакові гідроциліндри. Після перерахунку отримали значення $d = 9,8$ см. Отже, для забезпечення підйому ваги 20 кН необхідно обладнати навісний пристрій двома гідроциліндрами діаметром 100 мм кожен.

З урахуванням вищезазначених розрахунків спроектовано та представлено 3D модель навісного пристрою рис.5.

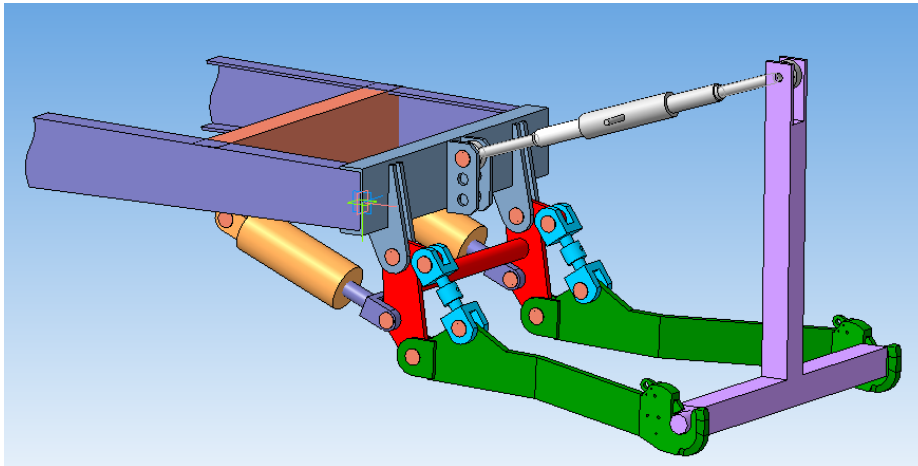


Рисунок 5. 3D модель розробленого навісного пристрою

Отриманий навісний пристрій забезпечує виконання поставлених вимог до його конструкції, зокрема зменшення габаритних розмірів, виключення з конструкції дороговартісних та складних у виготовленні елементів. Конструкція навісного пристрою виконує вимоги стандарту до навісних пристроїв категорії 2.

Висновки. Обґрунтовано конструкцію навісного пристрою до мобільного енергетичного засобу типу “Автотрактор”, який забезпечує агрегування ТМ масою до 2 т. Конструкція навісного пристрою відповідає вимогам стандарту до навісних пристроїв категорії 2. Навісний пристрій має просу конструкцію, є легким у виготовленні, не має дороговартісних та складних у виготовленні елементів.

Список використаних джерел

1. Погорілий С., Присяжний В. Перспективи використання мобільних енергетичних засобів тягового класу 1,4-2 в агропромисловому виробництві. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодерж. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2022. Вип. № 15 (114). С. 108–114. doi: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-13>
2. Навісні пристрої тракторів. URL: <https://budtehnika.pp.ua/> (дата звернення: 06.04.2023).
3. Адамчук В., Погорілий С. Перспективи використання автомобільного шасі в агропромисловому виробництві. *Інженерія природокористування*. 2016. No 1 (5). С. 108–112.
4. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машина сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1 та поправкою. [Чинний від 1994-01-01]. Київ, 1994.
5. Кальченко Б. І., Ребров О. Ю., Динаміка руху колісних тракторів: монографія. Харків. Видавець: О.А. Мірошніченко, 2021, 320 с.



6. Финкельштейн З. Л., Яхно Расчет О. М., Проектирование и эксплуатация объемного гидропривода. Учебное пособие. К.: НТУУ «КПИ». 2006, 216 с.
7. Hammes S., Meyer H. Entwicklung eines semi-aktiven Federungssystems fuer hydro pneumatisch vollgefederte Traktoren. VDI-Berichte. 2010. №2111. P.31–41.
8. Deprez K., Moshou D., Anthonis J., Baerdemaeker J. D., Ramon H. Improvement of vibration comfort on agricultural vehicles by passive and semi-active cabin suspensions. Computer Electronics in Agriculture. 2005. № 49. P. 431–440.
9. Morita S. Analysis of a high-frequency vibration transmission of an agricultural tractor using dynamical energy analysis / S. Morita, G. Tanner, T. Hartmann, S. Nakagawa // Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan. 2017. Т. 48. № 2. P. 371–376.
10. Rajagopal M. M., Kumar S., Rao N. Minimizing Tooth Mesh Misalignment in Heavy Duty Tractor Transmission. SAE Technical Paper. 2016. №. 2016-01-8069
11. Дзоценидзе Т. Д., Козловская М. А. Технологический уклад и транспортное обеспечение сельхозпроизводства некоторых зарубежных стран. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2014 №1. С. 44–47.
12. Кальченко Б. І., Ребров О. Ю. Плавність руху як складова динаміки трактора: монографія. Харків: ФОП Панова М., 2018 164 с.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2023 р.

**Pogorilyy S. P., Prysyzhnyi V. G., Mirnyi V. Y.,
Institute of Mechanics and Automation of Agroindustrial Production of NAAS of
Ukraine**

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE ATTACHED DEVICE OF THE MOBILE ENERGY VEHICLE OF THE "AUTOTRACTOR" TYPE OF DRIVING CLASS 1.4

Summary

The article provides an analysis of the constructions of hinged devices and their installation locations on the MEZ. Analytical dependencies have been developed that establish relationships between the weight of the technological module (TM) and the force generated in the hydraulic cylinder. On the basis of analytical dependencies, graphical dependencies of loads that arise during the process of aggregating TM with MEZ have been compiled. The change of loads on hydraulic cylinders from the height of TM lift is shown. A mathematical dependence has been compiled and the reactions that occur in the supports of the attachment device have been obtained. The parameters of the hydraulic cylinders, which will ensure the lifting of the TM, are substantiated.

The use of combined agricultural machinery, which allows performing several technological operations in one pass, is rapidly gaining popularity. To achieve this, a



multifunctional mobile energy tool must be created, which will provide the placement of several technological modules (TM) on its base and be effective in performing agricultural operations. The Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine has developed such a mobile energy tool, the MEZ-115 "Autotractor."

According to the results of scientific research, the design of the attachment device for a mobile energy vehicle of the "Autotractor" type, which ensures the aggregation of TM with a mass of up to 2 tons, is substantiated. The design of the attachment device meets the requirements of the standard for attachment devices of category 2. The attachment device has a simple design, is easy to manufacture, does not have expensive and difficult to manufacture elements.

Key words: attachment device, tractor, mobile energy vehicle, agricultural unit, traction class.