

Черній О.А., магістр  
(ДДАЕУ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ РОБОЧУ НАВИСКУ СУЧАСНИХ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ

Черний А.А., магістр  
(ДГАЭУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ РАБОЧУЮ НАВЕСКУ СОВРЕМЕННЫХ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

Cherniy A.A., M. Sc. (Tech.)  
(DSAEU)

## RESEARCH OF EXPEDIENCY OF EQUIPPING THREE-POINT LINKAGE OF THE MODERN WHEELED TRACTORS WITH ELASTIC ELEMENTS

**Анотація.** Обґрунтовано доцільність введення в конструкцію робочої навіски сучасного колісного сільськогосподарського трактора пружного елемента з метою підвищення ефективності використання трактора у складі машинно-тракторного агрегату. Вказано, що завдяки стрімкому розвитку сільського господарства, збільшується робоча швидкість машинно-тракторних агрегатів. Це призводить до зміни параметрів коливань тягового опору на гаку робочої навіски трактора. Виникають негативні процеси в динаміці трактора, що впливають на ефективність його використання. Методики аналізу робочого навантаження двигунів є застарілими через зміну їх конструкцій.

Приведені патентні рішення пружних навісок трактора вказують на актуальність питання удосконалення динаміки трактора.

**Ключові слова:** швидкісний машинно-тракторний агрегат, тягове зусилля, робоча навіска, пружний елемент, патентні рішення

Сільськогосподарське виробництво на сучасному етапі насичується більш продуктивною та швидкохідною технікою. Це, в свою чергу, призводить до інтенсифікації виробничих процесів в сільському господарстві. Основним енергетичним засобом в АПК являється трактор. Завдяки новітнім розробкам іноземних та вітчизняних конструкторів сільськогосподарської техніки, робочі швидкості тракторів в складі агрегатів зростають. Це проявляється при внесенні мінеральних добрив, засобів захисту рослин (пестицидів), та є результатом користування сучасними сільськогосподарськими машинами. Також все більшою є доля використання тракторів в транспортних перевезеннях сільськогосподарської продукції. Наприклад: агрегування трактора з бункерами-перевантажувачами при збиранні врожаю, перевезення силосу та тюків соломи до місць зберігання. Наслідком вище згаданих тенденцій є збільшення й вібраційної навантаженості трактористів, особливо, що працюють на універсально-просапних тракторах.

**Ціль досліджень:** обґрунтування доцільності введення в конструкцію робочої навіски трактора пружного елемента для підвищення плавності ходу та ефективності використання колісного трактора в складі сільськогосподарського машинно-тракторного агрегату (МТА).

Задачі дослідження:

1. Провести аналіз стану питання на сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва.
2. Виявити на базі теоретичного дослідження основні фактори, які створюють вібрації та коливання трактора в складі МТА;
3. Провести патентний огляд існуючих конструктивних розробок та пропозицій.

Питання визначення режиму роботи МТА постає все більш актуально. В дослідженнях І.Б. Барського та Г.М. Кутькова основними параметрами, що характеризують роботу МТА відмічено робочу передачу та швидкість руху агрегату, коефіцієнт завантаження двигуна трактора. Але якщо проаналізувати оснащення сучасного сільського господарства, то постає ряд питань. Це пов'язано з тим, що у літературі описано методику розрахунку режимів МТА у складі якого перебуває трактор з механічною (типу МТЗ, ЮМЗ) або гідромеханічною (типу ХТЗ, К-701) ступінчастою коробкою передач. А як буде поводити себе МТА у складі яких перебувають трактори з безступінчастою коробкою передач? Все більше розробників тракторів відомих виробників (FENDT, JOHN DEERE, CASE та ін.) вбачають перспективу саме в цьому технічному рішенні. В Україні також продовжує збільшуватись кількість тракторів саме такої конструкції.

Звичайно, що швидкість руху МТА в основному залежить від якості підготовки поля при попередній обробці. Спостереження показують, що завдяки використанню новітніх машин для обробки ґрунту, можливість збільшення робочої швидкості є доступною. Знову постає питання характеристики роботи МТА при швидкостях більше 15 км/год.

Розрахунки коефіцієнта завантаженості двигуна трактора проводять з метою визначення коливань частоти обертання колінчатого вала та порівняння її з чутливістю регулятора паливного насоса, також втрачають чинність. Це пов'язано з використанням в дизельних двигунах новітніх розробок паливних систем акумуляторного типу (Common Rail), що керуються за допомогою електронних алгоритмів.

Отже, тенденції розвитку механізації сучасного сільського господарства, вказують на необхідність коригування методик розрахунків й проведення додаткових досліджень роботи МТА.

Підвищення ефективності роботи МТА є завдання комплексне. Для цього потрібно вирішувати ряд задач по зменшенню витрат на роботу МТА. До найбільш вагомих слід віднести питання зменшення витрати палива енергетичного засобу та підвищення його експлуатаційної надійності. Для цього першочергово потрібно розірвати жорсткий зв'язок двигуна з робочим знаряддям. Адже попередні дослідження Аніловича В.Я., вказують, що навантаження на двигун змінюється не по закону синусоїди, а за значно складнішими закономірностями, змінні в яких мають в основному випадковий характер.

В теорії розрізняють періодичні та циклічні коливання тягового опору (рис. 1).

Як видно з рис. 1, а в періодичних коливаннях присутні як коливання високої частоти з періодом  $T_v$ , так і низької з періодом  $T_H$ .

Колівання навантаження характеризують ступенем нерівномірності

$$\delta_c = \frac{R_{T_{\max}} - R_{T_{\min}}}{\bar{R}_T} = \frac{2(R_{T_{\max}} - R_{T_{\min}})}{R_{T_{\max}} + R_{T_{\min}}}, \quad (1)$$

де  $R_{T_{\max}}$ ,  $R_{T_{\min}}$  – відповідно найбільший та найменший тяговий опір;

$\bar{R}_T$  – середнє значення тягового опору.

Але така методика дає похибку при розрахунках, бо не враховується випадковість виникнення величини тягового опору, що підпорядковується нормальному розподілу. Тому пропонується користуватися коефіцієнтом нерівномірності

$$K_H = \frac{2\sigma_K}{\bar{R}_T}, \quad (2)$$

де  $\bar{R}_T$  – середнє значення тягового опору;

$\sigma_K$  – середньоквадратичне відхилення

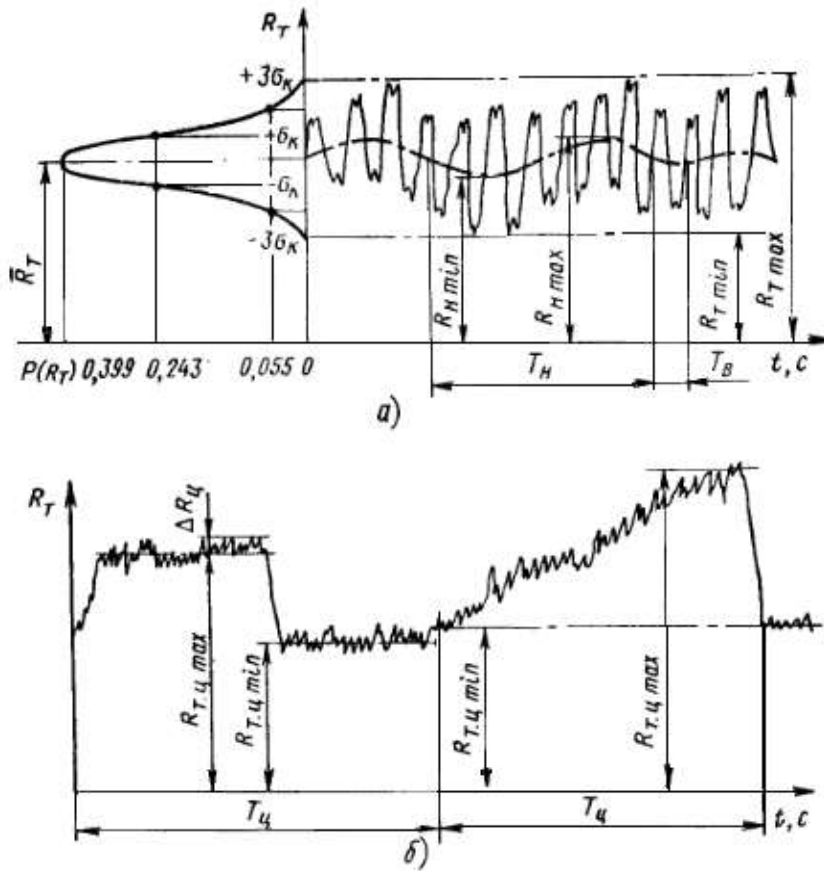


Рисунок 1 – Коливання тягового опору на гаку робочої навіски трактора: а – періодичні коливання; б – циклічні коливання

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{T_i} - \bar{R}_T)^2}{N}} \approx \frac{R_{T_{\max}} - R_{T_{\min}}}{6} \approx \Delta R_T, \quad (3)$$

$N$  – кількість проведених вимірювань.

При роботі МТА можуть змінюватись основні параметри, такі як вага машини в зв'язку з витратою або накопиченням зерна, мінеральних добрив, силосу та ін. Крім того рельєф поля також вносить зміни в динаміку агрегату. Тому потрібно враховувати дію так званих циклічних навантажень (рис. 1, б) з чітко вираженим періодом  $T_{\text{ц}}$ . Дія циклічних навантажень оцінюється ступенем можливого перевантаження  $\nu$ .

$$\nu = \frac{R_{T_{\text{цmax}}}}{R_{T_{\text{цmin}}}}, \quad (4)$$

де  $R_{T_{\text{цmax}}}$ ,  $R_{T_{\text{цmin}}}$  – максимальне та мінімальне навантаження, що діє в період  $T_{\text{ц}}$ .

Найбільш інформативним показником при тягових випробуваннях являється крутний момент на валу ведучого колеса та вала муфти зчеплення. Дослідження І.Б.Барського та Г.М. Кутькова по зміні цього параметру у часі, показали випадковість зміни його величини. Крім того, умови стаціонарності функції зміни крутного моменту у часі, а саме, незмінність математичного сподівання, дисперсії та кореляційної функції, порушуються з збільшенням довжини ділянки поля на якій проводиться вимірювання та все більше проявляється поява

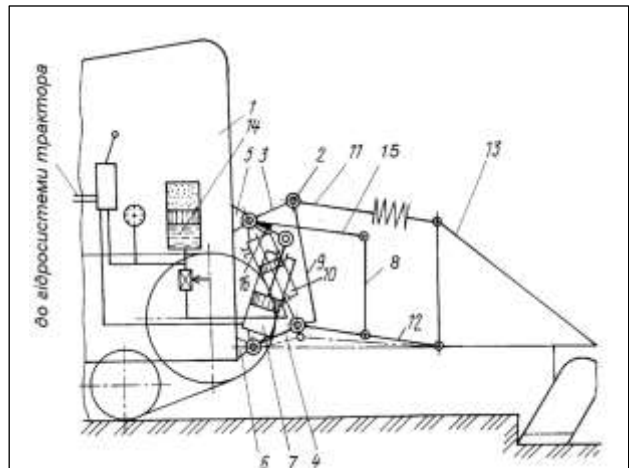
низькочастотних коливань. Це свідчить про те, що нехтування цими закономірностями призводить до грубих помилок при розрахунках, адже саме поява низькочастотних коливань визначає завантаженість двигуна трактора.

Також серед основних факторів, що впливають на характер тягового опору являється швидкість руху агрегату. На сьогодні тенденція направлена саме на збільшення робочих швидкостей руху машин. Попередні дослідження І.Б. Барського та Г.М. Кутькова вказують на те, що при збільшенні робочих швидкостей та ширини захвату агрегату амплітуда коливань тягового опору збільшується а спектр частот розтягується. Отже, питання підвищення тягово-динамічних якостей машино-тракторних агрегатів є досить актуальним.

Питанням підвищення ефективності роботи сільськогосподарських агрегатів займаються провідні вчені України та країн СНД. До найбільш поширених технічних рішень слід віднести такі патентні розробки як робочі навіски з пружними елементами з гідравлічними демпферами, що керуються гідравлічною системою трактора. На рис. 2 представлено патентне рішення конструкції навіски трактора з можливістю поглинання енергії коливання тягового опору.

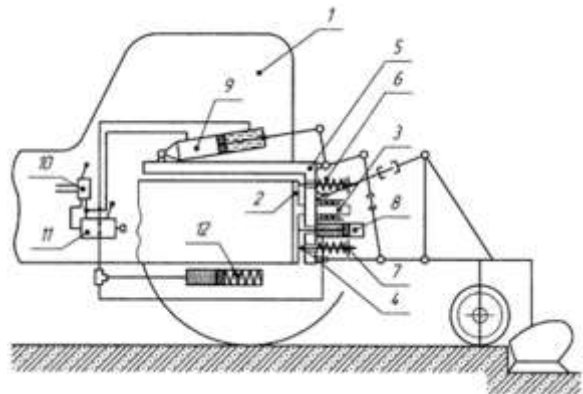
Функції пружного елемента та амортизатора виконує гідроциліндр 10 (рис. 2), який включений до гідравлічної системи трактора, а саме до гідроаккумулятора 14, де поглинається енергія коливань. При такій конструкції робоче знаряддя постійно змінює свою швидкість за рахунок зміни опору ґрунту та пружності навіски трактора, але це дає змогу зменшити шкідливий вплив вібрації. Аналогічна дія проходить в патентній конструкції навіски рис. 3.

В такій конструкції пружні елементи 7 та демпфер 8 змонтовані на одній станині 5, що переміщується по направляючих 3 остова трактора. На рис. 4 зображено патентне рішення причіпного пристрою. Конструкція має пружний елемент у вигляді набору листових ресор 4 та демпфер 8, що поглинає енергію коливань. Всі, згадані вище, конструкції пружних навісок зменшують негативний вплив вібрації на трактор, але основним недоліком їх є низька експлуатаційна надійність. Тому питання удосконалення технічних рішень в будові навісок залишається досить актуальним.



1 – трактор; 2 – шарнір навіски; 3, 11 – верхня тяга; 4, 12 – нижня тяга; 5, 6 – кріплення навіски; 7 – гідроциліндр підйому; 8, 9 – розкоси; 10 – гідродемпфер; 13 – кріплення робочої машини; 14 – гідроаккумулятор; 15 – тяга підйомна

Рисунок 2 – Навіска трактора (патент №2294612)

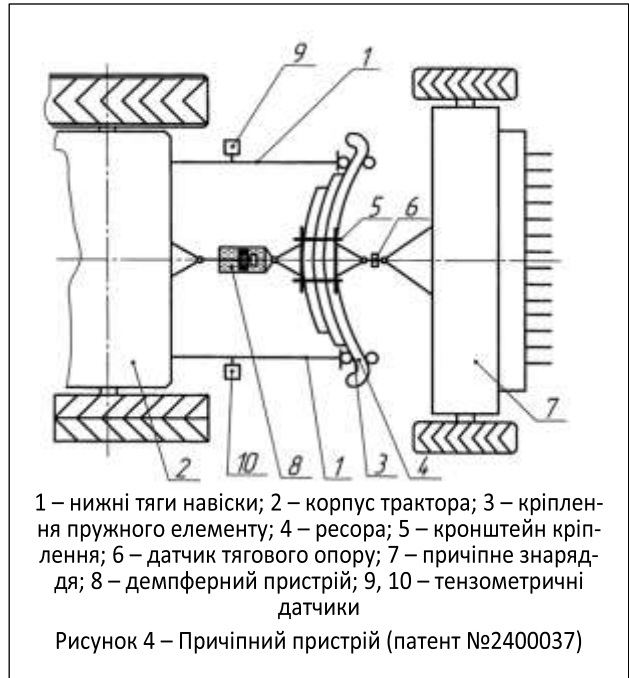


1 – трактор; 2 – корпус трансмісії; 3 – направляюча; 4 – шток; 5 – рухома плита; 6 – пружина; 7 – гайка пружини; 8 – демпфер; 9 – гідроциліндр підйому; 10 – гідророзподільник; 11 – розподільник збільшувача зчпної ваги трактора; 12 – гідроаккумулятор

Рисунок 3 – Навіска трактора (патент №2176863)

Отже, проведені дослідження показують:

- на сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва, питання дослідження роботи машинно-тракторних агрегатів потребує певного корегування;
- до першочергових заходів з метою підвищення ефективності МТА, на нашу думку, слід віднести розробку й введення в конструкцію робочої навіски трактора пружних елементів. Це дасть змогу розірвати жорсткий зв'язок між трактором та сільськогосподарським знаряддям;
- зниження силової та динамічної навантаженості МТА в цілому буде сприяти підвищенню продуктивності за рахунок збільшення робочих швидкостей й зменшення годинної та погектарної витрати палива.



#### Про авторів

**Черній Олександр Анатолійович**, інженер, старший викладач, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет (ДДАЕУ), Дніпропетровськ, Україна, sanek20.1984@gmail.com.

#### About the authors

**Cherniy Alexandr Anatolyevich**, Master of Science, Senior Teacher, Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic University (DSAEU), Dnepropetrovsk, Ukraine, sanek20.1984@gmail.com

**Аннотация.** Обоснована необхідність введення в конструкцію робочої навіски сучасного колісного сільськогосподарського трактора упругого елемента з метою підвищення ефективності використання трактора в складі машинно-тракторного агрегата. Указано, що завдяки стрімкому розвитку сільського господарства, збільшується робоча швидкість машинно-тракторних агрегатів. Це призводить до зміни параметрів коливань тягового опору на крюку робочої навіски трактора. Виникають негативні процеси в динаміці трактора, що впливають на ефективність його використання. Методики аналізу робочої навантаженості двигателів стають застарілими через зміни в їх конструкції.

Приведенные патентные решения упругих навесок трактора указывают на актуальность вопроса усовершенствования динамики трактора.

**Ключевые слова:** скоростной машинно-тракторный агрегат, тяговое усилие, рабочая навеска, упругий элемент, патентные решения

**Abstract.** Necessity to add an elastic element into construction of the working three-point linkage in the modern wheeled agricultural tractors is grounded for purpose to increase efficiency of the tractor use in structure of machine and tractor aggregate. It is stated that due to the rapid development of agriculture, operating speed of machine and tractor aggregates increases leading to changed parameters of the traction resistance fluctuations on the hook of working three-point linkage tractor. Negative processes appear in the tractor dynamics which degrade effect of the tractor use. Methods for analyzing engine workload have become obsolete due to the engine design having been improved.

Patent findings on the tractor elastic three-point linkage shown in the article confirm urgency of the problem of tractor dynamics improving.

**Keywords:** high-speed machine and tractor aggregate, tractive effort, three-point linkage, elastic element, patent findings

Статья поступила в редакцию 05.09.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. В.И. Дырда