

УДК 629.114.2

ТЕОРІЯ ЗАСТОСУВАННЯ СПОСОБУ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ НА КОЛІСНІ РУШІЇ ТРАКТОРА

Л. М. Петров, канд. техн. наук, С. Ю. Вдовиченко, студент магістратури.
Одеський державний аграрний університет

Розроблена теорія застосування способу гравітаційного перерозподілу навантаження на колісній рушії трактора з додатковим третім мостом, коли в момент різкої зміни величини дотичної сили тяги на одному з колісних рушіїв змінюють величину кута узгодження, вирівнюючи навантаження між колесами.

Ключові слова: енергетичний модуль, додатковий міст, колісні рушії, дотична сила тяги, пляма контакту.

Вступ. Спосіб рівномірного розподілення ваги між колісними рушіями розкривається тоді, коли в момент різкої зміни величини дотичної сили тяги на одному з колісних рушіїв змінюють величину кута узгодження розподілення навантаження колісних рушіїв, і тим самим вирівнюють навантаження на колесах. Але застосування такого способу не можливо без теоретичного обґрунтування.

Проблема. В результаті проведеного аналізу літературних джерел, була розкрита проблема підвищення тягових можливостей транспортних засобів. Вирішення цього питання на сучасному етапі зумовлюється критичним рівнем теоретичної бази удосконалення конструкції по розподіленню ваги між колісними рушіями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомий спосіб підвищення тягових можливостей, який виконується трактором з механічним довантажувачем [4], де є кронштейн, в якому виконано ряд отворів, що призначенні для кріплення переднього кінця центральної тяги начіпного механізму. Під час руху тракторного агрегату із заглибленими робочими органами тяговий опір знаряддя викликає в нижніх тягах розтягуючи, а у верхній стискаюче зусилля, частина якого (вертикальна складова) і викликає довантаження задніх коліс.

Переставляючи точку приєднання центральної тяги начіпного механізму, змінюють довантаження задніх коліс. Чим нижче розташована на кронштейні точка приєднання, тим більше зусилля довантаження і навпаки.

Недоліком такого механізму довантажувача ведучих коліс є таке, що його ефективно можна використовувати тільки з машинами, у яких тягове зусилля перевищує їх власну вагу.

Відомий спосіб підвищення тягових можливостей енергетичного засобу, при якому рівномірно розподіляється крутний момент між колісними рушіями [3]. Такий спосіб дозволяє підвищити прохідність енергетичного засобу у важких умовах експлуатації.

Недоліком такого способу підвищення тягових можливостей енергетичного засобу є те, що в ньому застосовують певну кількість колісних рушіїв тільки одного призначення, а це зменшує ККД енергетичного модуля, і як наслідок, зменшує ефективність застосування високопрохідної техніки. Для виконання цього способу відомою автомобільною технікою її конструкція не дозволяє розташувати на ній додаткове обладнання для підвищеної прохідності під час зміни напрямку руху.

Відомий спосіб підвищення тягових можливостей енергетичного засобу, для виконання якого на ньому вздовж периметру конструкції розміщені крокові рушії [7].

Такий спосіб підвищення тягових можливостей енергетичного засобу дозволяє покращити ефективність процесу виконання роботи в умовах відсутності будь якого шляху.

Недоліком цього способу переміщення енергетичного засобу є те, що технологічний процес підвищення тягових можливостей енергетичного засобу за допомогою крокового рушія знижує показники прохідності на слабо зв'язаних ґрунтах, а це пов'язано з циклічністю у черзі операції по переносу маси енергетичного засобу з однієї точки у другу, що призводить до непрацевдатних витрат часу і знижує швидкість переміщення.

Найбільш близьким аналогом, обраним за прототип, є спосіб з механізмом довантаженням ведучих коліс, в якому шляхом перестановки верхньої тяги начіпного пристрою відносно вертикальної стійки знаряддя з крайнього верхнього положення вниз миттєвий центр обертання навісного знаряддя переміщується у точку, яка розташована ближче до осі ведучих коліс, і тоді він сприймається опорним колесом знаряддя [5, 6]. Зменшення кута нахилу верхньої тяги супроводжується навантаженням опорних коліс знаряддя на ґрунт та збільшенням його на передні колеса.

Використання такого способу дозволяє підвищити тягові можливості енергетичного засобу при малих витратах енергії при виконанні робіт.

Недоліком такого способу являється підвищення опору руху, збільшення витрат потужності двигуна на переміщення енергетичного засобу, а також погіршення якості технологічного процесу.

В основу винаходу поставлена задача розмістити додаткове обладнання, яке кінетично зв'язує ведуче колесо технологічного модуля з остовом трактора за допомогою технологічної балки, що дозволяє рівномірно розподіляти вагу між колісними рушіями.

Спосіб гравітаційного перерозподілу навантаження на колісні рушії трактора, при якому дотичну силу тяги зрівняють окремо для кожного колісного рушія і в момент різкої зміни величини дотичної сили тяги на одному з колісних рушіїв змінюють величину кута узгодження в сторону його зменшення для меншої дотичної сили тяги відносно еталона дотичної

сили тяги для даної опорної поверхні.

Порівняльний аналіз способу гравітаційного перерозподілу навантаження на колісні рушії трактора, що до трактора шарнірно приєднують технологічний модуль, який зв'язаний технологічною балкою з остовом трактора.

Спосіб гравітаційного перерозподілу навантаження на колісні рушії трактора включає трактор 1, (рис.1), з керованими 2 та ведучими колесами 3, технологічною балкою 4, шарніром 5 та дишлом 6 з'єднаний з технологічним модулем 7. Кінематичним ланцюгом 8 технологічний модуль 7 з'єднаний з трансмісією трактора. Технологічна балка 4 стойками 9 та 10 приєднана до остова трактора 11. Між дишлом 6 та стойкою 10 розташований, з можливістю керованого коливання, гідроциліндр 12 відносно шарніра 13 по пазу 14 стойки 10 за допомогою шарової опори 15.

Здійснюється спосіб гравітаційного перерозподілу навантаження на колісні рушії трактора таким чином. Від двигуна трактора (на рисунку не показано) до керованого 2 та ведучого 3 коліс підводиться крутний момент M . За допомогою кінематичного ланцюга 8 від трансмісії трактора підводиться крутний момент до технологічного модулю 7. При виконанні робочого процесу технологічний модуль 7 навантажується відповідним знаряддям що може привести до пере розподілення вертикальної складової ваги між керованим колесом 2, ведучим колесом 3 та технологічним модулем 7 і виникнення буксування. З метою усунення цього недоліку тракторист від гідросистеми трактора (на рисунку не показано) подає керуючий тиск у гідроциліндр 12, який, повертаючись у шарнірі 13 шарнірною опорою 15, переміщується у пазах 14 уверх чи вниз на деякий кут узгоджуючи його значення з вертикальною складовою ваги, з метою вирівнювання навантаження на кероване 2 та ведуче колесо 3, які починають обертатись рівномірно.

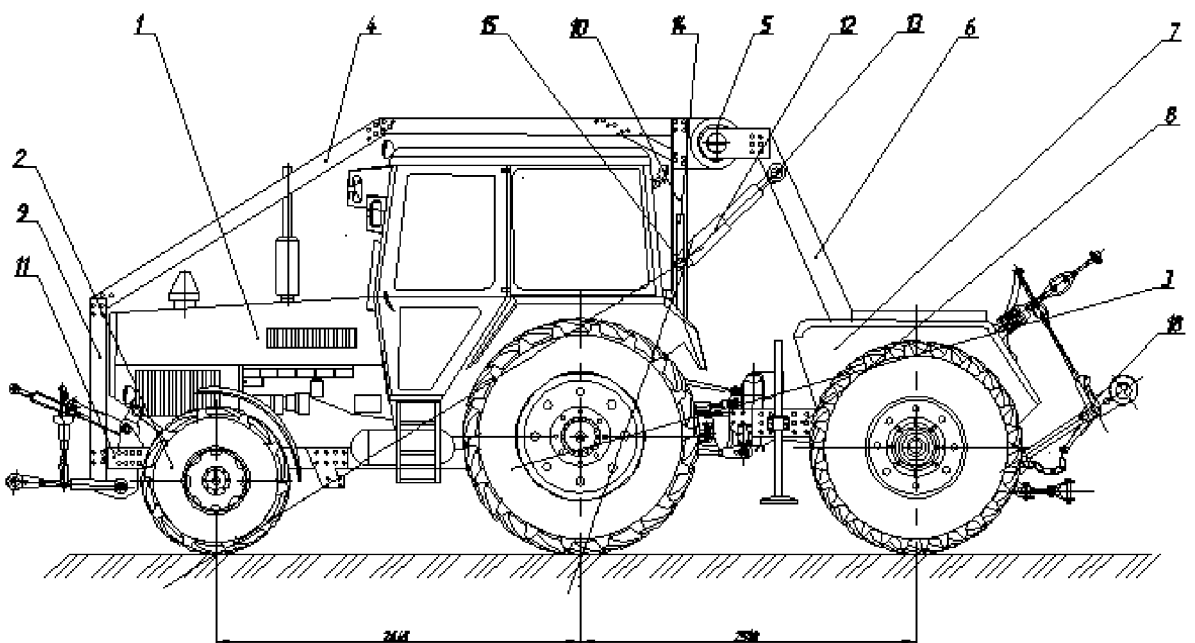


Рис.1. Спосіб гравітаційного перерозподілу навантаження на колісні рушії

мобільно-енергетичного засобу.

Мета досліджень. Отримання інженерних розрахунків по застосування способу гравітаційного перерозподілу навантаження на колісний рушій трактора.

Результати досліджень. Для встановлення залежності між потужністю на гаку та прямою контакту ведучого колеса з опорною поверхнею складемо полумпіричну залежність [3]:

$$N_{\text{гак}} = G(1 - a(l_{\text{нл}}^{\text{max}} - l_{\text{нл}}^{\text{тек}})^b) \quad (1)$$

де G – вага трактора, кН ;

$l_{\text{нл}}^{\text{max}}$

- максимальна довжина плями контакту пневматичного колеса, мм

$l_{\text{нл}}^{\text{тек}}$

- текуча довжина плями контакту пневматичного колеса, мм

a – полу емпіричний коефіцієнт опору по створенню плями контакту

b - полу емпіричний коефіцієнт корегування плями контакту

Виділимо в формулі (1) на таки складові:

$$u = a(l_{\text{нл}}^{\text{max}} - l_{\text{нл}}^{\text{тек}})^b \quad (2)$$

Замінімо $l_{\text{нл}}^{\text{max}} - l_{\text{нл}}^{\text{тек}}$ на t , тоді виконаємо підстановку цього виразу в формулу (2).

Прийmemo за характер плями контакту величину:

$$t = l_{\text{нл}}^{\text{max}} - l_{\text{нл}}^{\text{тек}} \quad (3)$$

Маємо степеневу функцію з двома невідомими параметрами

$$u = a(t)^b \quad (4)$$

Про логарифмуємо цю залежність

$$\ln u = \ln a \cdot t^b = \ln a + b \ln t \quad (5)$$

$$\ln u - \ln a - b \ln t = 0$$

Формулу (6) перепишемо у вигляді:

$$\sum_{i=1}^n (\ln u - (\ln a + b \ln t))^2 = L = \min \quad (6)$$

Розглянута сума є функцією із двома параметрами $L = F(\ln a, b)$. Задача зводиться до відшукання мінімуму цієї функції. Використовуємо необхідну умову екстремуму:

$$\frac{\partial F(\ln a, b)}{\partial b} = 0; \frac{\partial F(\ln a, b)}{\partial \ln a} = 0, \quad (7)$$

$$\text{Тобто, } \frac{\partial L}{\partial b} = \frac{\partial}{\partial b} \sum_{i=1}^n (\ln u - (\ln a + b \ln t))^2 \quad (8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \ln a} = \frac{\partial}{\partial \ln a} \sum_{i=1}^n (\ln u - (\ln a + b \ln t))^2$$

Для полегшення розрахунків ми виконаємо заміну

$\ln u = y$, $\ln a = x$, $\ln t = k$, тоді получимо вираз

Вирішивши систему двох рівнянь із двома невідомими щодо параметрів $\ln a$ і b , отримаємо конкретний вигляд шуканої функції. Опускаючи математичні викладення, запишемо вираження для шуканих параметрів: [8].

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n y \cdot k - n \sum_{i=1}^n k n \sum_{i=1}^n y}{n \sum_{i=1}^n k^2 - \left(n \sum_{i=1}^n k \right)^2} = \frac{n \sum_{i=1}^n \ln u \cdot \ln t - \sum_{i=1}^n \ln t \cdot \sum_{i=1}^n \ln u}{n \sum_{i=1}^n (\ln t)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \ln t \right)^2} \quad (9)$$

$$\ln a = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y - b \sum_{i=1}^n k \right) = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln u - b \sum_{i=1}^n \ln t \right) = C \quad (10)$$

$$a = e^C$$

Виразимо a від логарифма

Розрахувавши значення L , отримаємо величину середньоквадратичної помилки розглянутого наближення.

Знайдені значення $\ln a$ й b визначають точку екстремуму $L = F(\ln a, b)$.

Використовуючи нерівність Коші-Буняковского можна довести, що в цій точці функція приймає мінімальне значення.

Крапковий графік зображений на рис. 2. Вигляд кривої, що наближає, не очевидний, тому розглянемо два способи наближення заданої функції: у вигляді

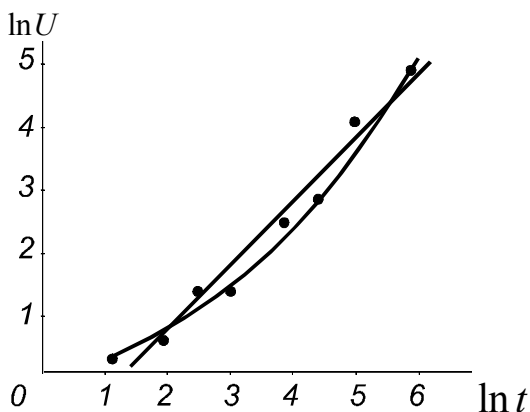
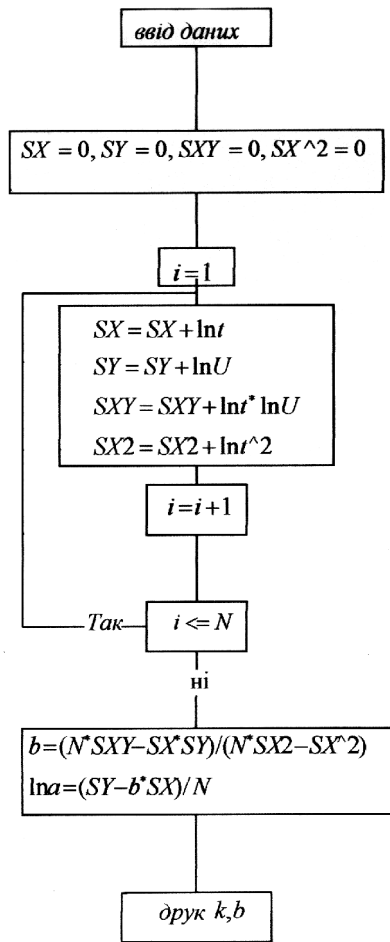


Рис. 2 Крапковий графік залежності $\ln U = f(\ln t)$.



Значення параметрів $\ln a$, b лінійної функції перебувають із системи виду 1. Блок-схема розрахунку параметрів лінійної регресії наведена на рис. 3. [2].

У блок-схемі використовуються наступні позначення:

$$SX = \sum_{i=1}^n \ln t, SY = \sum_{i=1}^n \ln U,$$

$$SXY = \sum_{i=1}^n \ln t \cdot \ln U, SX^2 = \sum_{i=1}^n \ln t^2.$$

Наведена блок-схема дозволяє розрахувати лише значення параметрів лінійної регресії, але не дає величини середньої квадратичної помилки.

Рис.3 Блок-схема розрахунку параметрів лінійної регресії

Проробивши необхідні обчислення, одержуємо для керованих коліс:

$$a = 2886048, b = -2,82, L = 0,986.$$

Тобто. лінійне рівняння, що наближає, запишеться у вигляді

$$U = 2886048t^{-2,82}.$$

Для рішення задачі наближення функції методом найменших квадратів сформулюємо основні кроки алгоритму [1, 2].

1. Введення вихідних даних.
2. Вибір виду рівняння регресії.
3. Перетворення даних до лінійного типу залежності.
4. Одержання параметрів рівняння регресії.
5. Зворотне перетворення даних і обчислення суми квадратів відхилень обчислених значень функції від заданих.
6. Вивід результатів.

Повернемося до формули (4) та переводимо її у вигляд.

$$U = \left(\frac{t}{\sqrt[b]{a}} \right)^b \tag{11}$$

Як було встановлено доцентом Петровим Л.М. формула (11) при розрахунках набуває вигляду.

$$U = \left(\frac{t}{t_{\min}} \right)^b \quad (12)$$

де t_{\min} – буде представляти мінімальну довжину плями контакту, яка може існувати умов кочення колісного рушія та створення корисної роботи на гаку трактора.

Висновки: Одержана полу емпірична залежність потужності на гаку від довжини плями контакту.

Отримані математичні формули для обчислення коефіцієнтів опору по створенню плями контакту та коефіцієнти корегування плями контакту.

Встановлена залежність формування текучого значення плями контакту від відношення характеристик плями контакту: проміжного та мінімального значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Б.М. Щиголев, “Математическая обработка наблюдений”.
2. Б.П. Демидович и И.А.Марон. Основы вычислительной математики, М., Наука, 1970
3. Болтинский В. Н. и др. Тракторы и автомобили. – М.: Колос, 1970, 392 с. – 367 с.
4. Большая советская энциклопедия. Том 13. – 1955, с. 466
5. Большая советская энциклопедия. Том 47. – 1955, с. 494
6. Виравов Р. В. О реализации касательной силы в зоне контакта упругих тел при качении. – «Известия вузов» 1967, №2, с.78-84.
7. Гуревич А. М. и Сорокин Е. М. Тракторы и автомобили. – М.: Колос, 1971. -496с.
8. Турчак Л. И. Основы численных методов – М.: Наука 1987 -320 с.

ТЕОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА ГРАВИТАЦИОННОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА КОЛЕСНЫЕ ДВИЖИТЕЛИ ТРАКТОРА

Л. Г. Петров, С. Ю. Вдовиченко.

Ключевые слова: энергетический модуль, дополнительный мост, колесные движители, касательная сила тяги, пятно контакта.

Резюме

Разработанная теория применения способа гравитационного перераспределения нагрузки на колесные движители трактора с дополнительным третьим мостом, когда в момент резкого изменения величины касательной силы тяги на одном из колесных движителей изменяют величину угла согласования, выравнивая нагрузку между колесами.

**THEORY OF APPLICATION OF METHOD OF GRAVITATION
REDISTRIBUTION OF LOADING ON THE WHEELED MOVERS
TRACTORS**

L.N. Petrov, S.U. Vdovichenko.

Keywords: power module, additional bridge, wheeled movers, tangent tractate force, spot of contact.

Summary

Developed theory of application of method of gravitation redistribution of loading on the wheeled movers tractors with the additional third bridge, when in the moment of sharp change of size of tangent tractate force on to one of wheeled movers change size of corner of concordance, aligning loading between wheels.