

## ПРО КЕРОВАНІСТЬ І СТІЙКІСТЬ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТУ З ГІДРООБ'ЄМНИМ РУЛЬОВИМ КЕРУВАННЯМ

Ярошенко Павло Миколайович

кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0003-0112-0963  
email pashajarosh@i.ua

*В статті розглянуто питання керованості і стійкості руху колісного трактора з гідрооб'ємним рульовим керуванням типу ХТЗ-121 при проведенні транспортних робіт. Отримані результати досліджень представлені в графічній формі.*

**Ключові слова** – гідрооб'ємне рульове керування, транспортний агрегат, зусилля, витоки рідини, стійкість та керованість руху.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2019.3.9>

**Постановка проблеми.** Одним із засобів досягнення високих техніко-економічних показників рухомих сільськогосподарських агрегатів є підвищення їх робочих швидкостей. В зв'язку з підвищенням швидкості руху одним із найактуальніших є таке важливе питання, як керованість і стійкість руху сільськогосподарського агрегату. Сучасні енергонасичені трактори класу 30кН все більше використовуються для виконання різних транспортних робіт з причепами великої місткості на швидкостях до 30-40 км/год, обладнуються гідрооб'ємним рульовим керуванням. Характерною особливістю даного рульового керування є здійснення зворотного зв'язку між рульовими колесами і керованими колесами трактора не механічним, а гідравлічним шляхом. Це знижує вагу, дає переваги компоновального плану, дозволяє розміщувати пост керування машиною в будь-якому зручному місці, виключає необхідність використання механічних передач, які вимагають регулювань в процесі експлуатації. В більшості випадків зберігається можливість керування при неробочому двигуні.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Проведення транспортних робіт тракторами будь-якого класу тяги і будь-якого типу рушія, що мають гідрооб'ємне рульове керування, неминує веде до покращення не тільки керованості, а і стійкості їх руху в цілому

[2, 4]. Це обумовлено зміною силової дії на рульове керування трактора і зручністю розміщення самого керма в кабіні машини. Однак гідрооб'ємних рульових керуваннях є проблеми, пов'язані з внутрішніми витоками рідини, які не зразу можна визначити що в подальшому впливає на стійкість та керованість руху агрегатів. Проблемам рульових керувань приділяли багато уваги такі видатні вчені, як Чудakov Д.А. [1], Поспелов Ю.А. [2], Гуськов В.В. [3] та інші.

**Мета досліджень.** При дослідженні питань, пов'язаних із стійкістю руху транспортних агрегатів, виникає необхідність в точному визначенні параметрів його руху.

Основна мета даної роботи – оцінити стійкість руху транспортного агрегату при проведенні транспортних робіт по траєкторії руху його центру мас.

**Результати досліджень.** Керованість і стійкість руху – важливі критерії, які слід враховувати поряд з іншими показниками при встановленні оптимальної робочої або транспортної швидкості руху агрегатів.

Під стійкістю руху необхідно розуміти вміння агрегату зберігати заданий напрямок руху, зокрема прямолінійного. Якщо ж агрегат рухається прямолінійно і втрачає заданий на-

прямок руху, то відповідним відхиленням рульового керування механізатор може повернути його до попереднього режиму: але достатньо невеликої зовнішньої причини, щоб знову вивести агрегат із цього режиму руху. Це значить, що на нестійкому агрегаті механізатор повинен безперервно втручатися в керування.

Керованість – це властивість трактора підкорюватись діям водія по збереженню заданого напрямку руху або змінювати його в відповідності з дією на рульове керування. Таким чином, стійкість є засіб збереження заданого режиму руху, а керованість – змінювати напрямок руху в відповідності з вимогами експлуатації.

В цій статті наведені результати проведених нами експериментальних дослідів по оцінюванню керованості і стійкості руху трактора ХТЗ-121 з причепом 2 ПТС-6 при проведенні транспортних робіт. За основні оцінюючі показники були прийняті: 1) середній кут відхилення керованих коліс трактора кругом цапфи  $\alpha_{\text{ср}}$ , град.; 2) середнє зусилля, що прикладалося механізатором до рульового колеса  $P_{\text{ср}}$ , кг; 3) кількість відхилень рульового і  $K$  направляючих коліс  $K_1$  на визначеному відрізьку шляху (в нашому випадку 100 м).

Для записування кута відхилення на шкворень поворотної цапфи одного з передніх керованих коліс трактора встановлювали поворотний потенціометр. Для фіксації зусиль, що прикладались механізатором до рульового колеса, застосували тензOMETричне колесо, яке закріплювали за допомогою хомутів до кожуха рульового колеса. Записування сигналів проводилось через аналого-цифровий перетворювач (АЦП) переносним комп'ютером типу «ноутбук» марки «Тошиба-сателліт-3100». Досліди проводились влітку на дорозі, що вела до учбового поля Сумського національного аграрного університету.

На основі даних, опрацьованих комп'ютером по відповідній програмі, були побудовані графіки представлені на рис. 1. Аналіз графіків показує, що кількості ( $K_1K$ ) поворотів керуючих і рульових коліс із збільшенням швидкості руху агрегату спочатку ростуть (приблизно до швидкості 9,5-10 км/год.), а потім спадають.

Із графіків також видно, що кількість відхилень рульового колеса трохи більша, ніж кількість відхилень направляючих коліс при одній і тій же швидкості руху. Це можна пояснити наявністю деякого вільного ходу, тобто люфту системи; рульове колесо – гідроруль – гідроциліндр – цапфа керованого колеса.

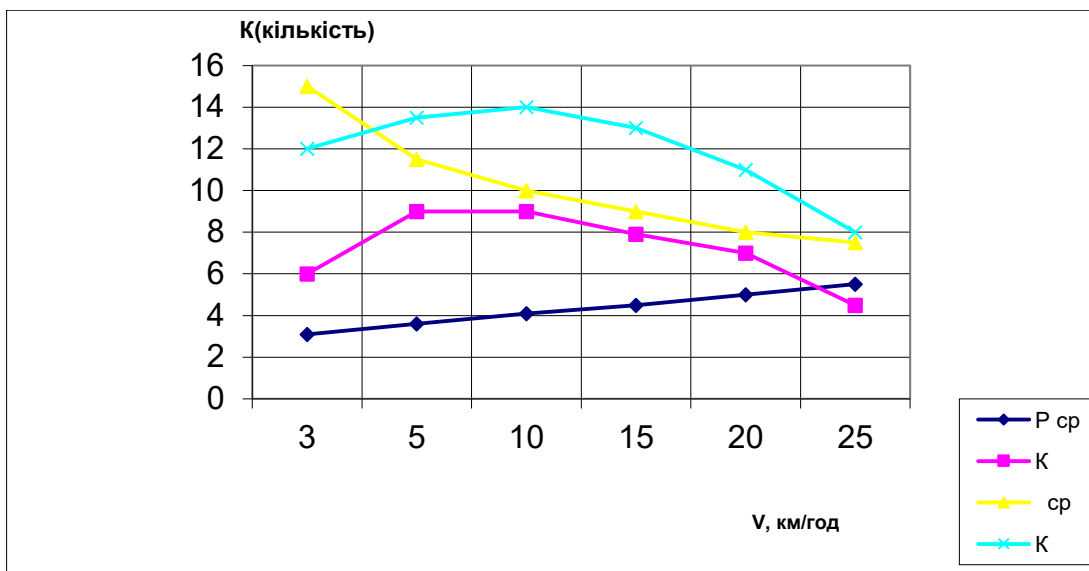


Рис. 1. Графіки зміни показників керування направляючих коліс в залежності від швидкості руху агрегату.

Зусилля  $P_{ср}$ , що прикладалось до рульового колеса по всіх діапазонах швидкостей, рівномірно зростає приблизно на 1 кг.

Для більш повної оцінки керування агрегату можна визначити силу, що витрачається трактористом на керування безпосередньо поворотом рульового колеса.

Силу можна визначити по формулі:

$$N = P_{ср} \cdot V_{ср}, \quad (1)$$

де  $V_{ср}$  – лінійна швидкість на ободі рульового колеса, м/сек.

$$V_{ср} = \omega \cdot r \quad (2)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість повороту рульового колеса, рад/сек.;

$r$  – радіус рульового колеса, м.

Зношення насоса об'єднаної гідравлічної системи

трактора практично не впливає на якість керування транспортним агрегатом. Різка погіршення якості водіння агрегату настає при коефіцієнті витоків  $k_b = 40\%$ , що відповідає коефіцієнту об'ємної подачі рідини гідравлічним насосом рівному  $Q = 0,6$ . Це пов'язано з тим, що пріоритетний клапан підтримує подачу робочої рідини до гідравлічного контуру рульового керування в межах 10 МПа, але при цьому інші споживачі (гідроциліндри підйому начіпних) відчують гостру нестачу тиску рідини і не виконують в повному обсязі своїх функцій. При номінальних оборотах двигуна реальна подача рідини гідравлічним насосом складає 85,6 л/хв., а тиск в об'єднаній гідросистемі трактора становить 18,4 МПа. Зниження об'ємної подачі рідини до 51,4 л/хв і тиску до 11 МПа не призведе до втрати керування агрегатом, але управління іншими складовими (підйомом причепа) буде неможливим. Збільшуватиметься також зусилля на рульовому колесі (рис. 2).

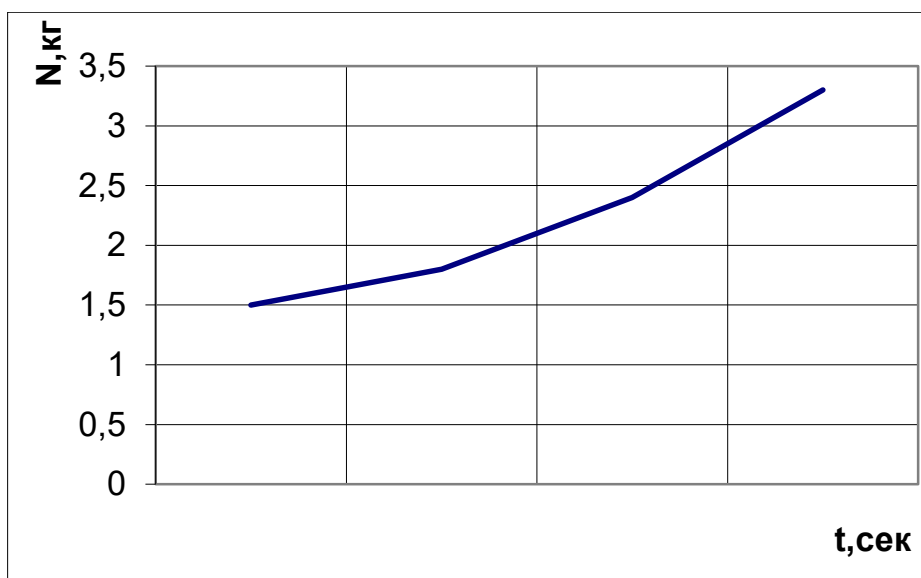


Рис. 2. Графік зміни зусилля на рульовому колесі від часу, необхідного для корекції напрямних коліс трактора.

Зношення складових гідрооб'ємного рульового керування призводить до поступового погіршення всіх параметрів руху агрегату, а при збільшенні витоків до 40 % різко зростає інтенсивність впливу механізатора на рульове колесо

(до 42 %).

Із рис. 3 видно, що витoki в середині контуру гідрооб'ємного рульового керування аналогічним чином впливають на стійкість руху транспортного агрегату.

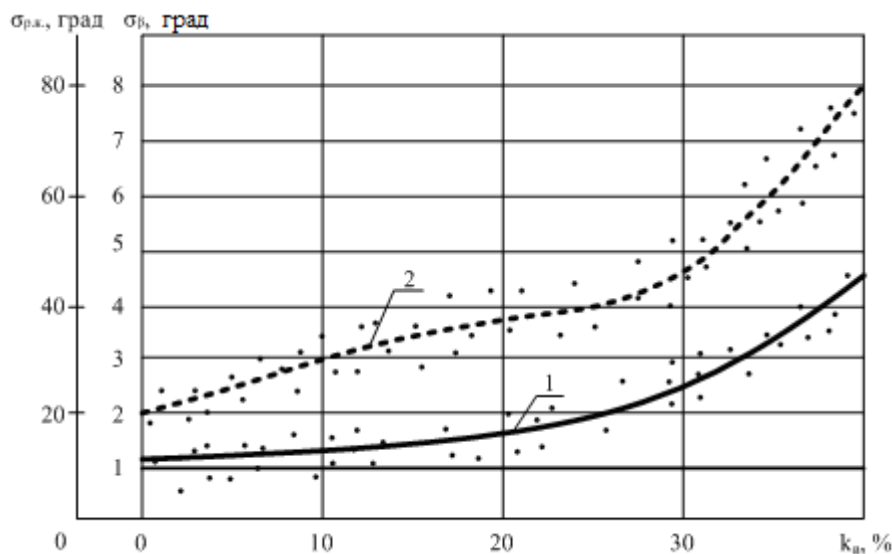


Рис. 3. Вплив витоків в середині контуру гідрооб'ємного рульового керування на кути відхилення агрегату від прямолінійної траєкторії:

1 -  $\sigma_{\beta}$  – середньоквадратичне відхилення остова трактора, град;

2 -  $\sigma_{р.к.}$  – середньоквадратичне відхилення кута повороту рульового колеса, град.

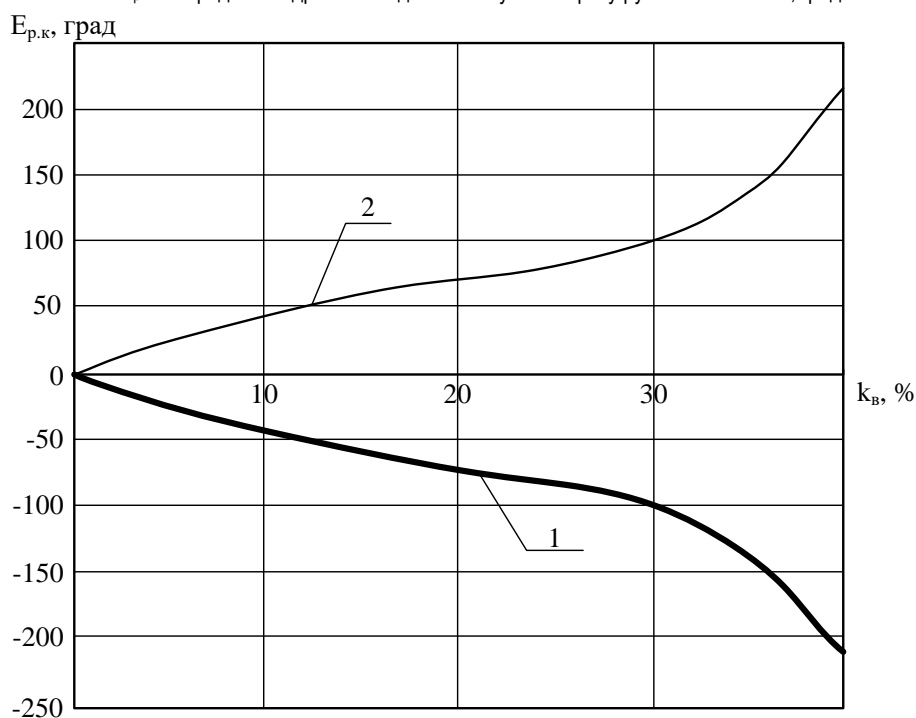


Рис. 4. Математичне очікування кута повороту рульового колеса в залежності від технічного стану гідроруля:

1 -  $E_{р.к.}$  вліво, град; 2 -  $E_{р.к.}$  вправо, град.

Вказане твердження про значну втрату стійкості руху агрегату підтверджується зміною математичного очікування в залежності від витоків в гідросистемі рульового керування (рис. 4).

Однак в системах гідрооб'ємного рульового керування тракторів класу 30 кН є ще один важливий елемент -

зворотній зв'язок, який відслідковує кут повороту керуючих коліс (або напіврами) згідно кута повороту рульового колеса. Цей зворотній зв'язок у тракторах типу Т-150 К, ХТЗ -17021 та їх модифікаціях здійснюється за рахунок тяги зворотного зв'язку яка з'єднує рульову сошку з поворотним важелем рами. У тракторах типу ХТЗ -120/121, ХТЗ -160/161 та їх модифікаціях

зворотній зв'язок в системі гідрооб'ємного рульового керування здійснюється за рахунок гідромотора, який вмонтовано в гідроруль. Основним вузлом гідромотора є планетарний редуктор з передаточним відношенням  $i_p = 12,887$ .

Головна задача систем зворотного зв'язку - заперти рідину в системі гідрооб'ємного рульового керування при здійсненні необхідного маневру трактором.

При виникненні аварійних ситуацій, коли необхідно буксирувати трактор, насос гідросистеми приводиться в рух від коліс. При цьому тиск рідини в системі гідрооб'ємного рульового керування нижчий на 60-70 % від номінального. Рульове керування трактора Т-150 К працює в таких умовах надійно, а гідроруль трактора ХТЗ-120/121 - часто відмовляє. Причиною відмови є планетарний редуктор, який має зубчасту пару з малим модулем. Коли при буксируванні трактора необхідно здійснити поворот, а тиск рідини в середині гідрооб'ємного рульового керування падає нижче 3 МПа, то зусилля на рульовому колесі може сягати до 600 Н. При такому зусиллі механізатор може зім'яти зубці малого модуля в планетарному редукторі, чим виведе з ладу гідроруль назавжди.

Особливо часто такі поломки відбуваються при буксируванні трактора марки ХТЗ -120/121 заднім ходом.

Для буксирування тракторів з такими системами гідрооб'ємного рульового керування необхідно використовувати два трактори одночасно. Один із них буде здійснювати буксирування, а іншого необхідно використовувати в якості насосної станції, яка буде подавати рідину в гідроруль з необхідним тиском і рухатись поряд.

#### Висновки:

1. По мірі збільшення швидкості руху агрегату частота відхилень його від прямолінійного руху спочатку росте, а потім зменшується.

2. Із збільшенням швидкості руху амплітуда відхилень траєкторії агрегату від прямолінійного руху спочатку зменшується, а потім росте, маючи мінімальне значення в інтервалі 9-11 км/год.

3. При збільшенні швидкості руху сила, що витрачається механізатором на керування агрегатом, виростає майже вдвічі.

#### Список використаної літератури.

1. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Колос», 1972. – 384с.
2. Поспелов Ю.А. Устойчивость трактора. – М.: «Машиностроение», 1966. – 248с.
3. Тракторы: Теория / Гуськов В.В. и др. Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: «Машиностроение», 1988. – 376с.: ил.
4. Руководство по эксплуатации тракторов ХТЗ-120, ХТЗ-121. – Харьков, 1994. – 257 с.: ил.

**Yaroshenko P.**, Sumy National Agrarian University, Ukraine

#### **About dirigibility and stability of motion a transport aggregate with hydrovolumetric steering management**

*In the article the question dirigibility and stability of motion the wheeled tractor is considered with the hydrovolumetric steering management of type of КТЗ-121 during realization of transport works.*

*In connection with the rev-up of motion one of most actual there is such important question, as dirigibility and firmness of motion of agricultural aggregate. The modern energysaturated tractors of class of 30кН are anymore used for implementation of different transport works with the trailers of large capacity on speeds to 30-40 km/h, equipped by a hydrovolumetric steering management. The characteristic feature of this steering management is realization of feed-back between steering to the wheels and by the guided wheels of tractor by a not mechanical, but hydraulic way. It reduces weight, gives advantages of layout plan, allows to place the post of management a machine in any comfortable place, eliminates a necessity the uses of mechanical transmissions, that require adjusting in the process of exploitation. In most cases management possibility is kept at a non-working engine.*

*In the real article the brought results over of the experimental experiments conducted by us on the evaluation of dirigibility and firmness of motion of tractor of ХТЗ-121 with a trailer 2 ПТС-6 during realization of transport works. For basic estimating indexes were accepted: 1) middle corner of rejection of the guided wheels of tractor by the turn of pin; 2) AV effort that was put by a mechanization expert to the steering wheel; 3) amount of rejections steering and K' of directing wheels of K<sub>1</sub> on the certain segment of way (in our case of 100 м).*

*The got results of researches are presented in a graphic form.*

**Keywords:** *hydrovolumetric steering management, transport aggregate, effort, losses of liquid, firmness and dirigibility of motion.*

Дата надходження до редакції: 25.06.2019