

USE-TECHNOLOGICAL RESEARCHES OF A COMPLEX OF UNITS FOR PROCESSING GROUND AND CROP WINTER RAPE

Is investigated in economic conditions having watered of agriculture of a southern-steppe zone of Ukraine the newest complexes MTU for processing ground and crop winter rape with parameters of productivity of units ensuring duly and qualitative performance of technological operations.

Key words: *having watered agriculture, complexes MTU, processing ground, crop, rapes, technological operations.*

УДК 631.37

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПОРІВНЯЛЬНИХ ТЯГОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРА НА РІЗНИХ ШИНАХ

І.В. Баєв, канд. техн. наук
Південний НДЦ ННЦ «ІМЕСГ»

Розроблена методика порівняльних тягових випробувань трактора на різних шинах. Подаються всі розрахункові формули для побудови тягових характеристик.

Ключові слова: *трактор, борт, шина, крюкове зусилля, буксування, тягова характеристика.*

Проблема. Проведення тягових випробувань – надто трудомістка робота, особливо в разі отримання тягових характеристик на різних шинах. Зазвичай при тягових випробуваннях на лівий і правий борти встановлюються однакові комплекти шин як по типорозміру, так і по кількості. Якщо ж на лівий і правий борти встановлювати різні комплекти шин, то можна отримати за одне випробування одночасно дві тягові характеристики, причому їх порівняльні значення будуть значно точніші, оскільки умови їх зняття будуть повністю збігатися, а трудомісткість випробувань буде вдвічі меншою. Але така методика потребує наукового обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Методика тягових випробувань тракторів регламентується ГОСТ 7057-81 «Тракторы сель-

скохозийственные. Методы испытания» [1]. Головні показники, що визначаються при тягових випробуваннях, це тягове (крюкове) зусилля $P_{кр}$, буксування рушіїв δ , питома витрата пального двигуна G і робоча швидкість руху V_p . Всі інші показники розраховуються. Згідно з цією методикою визначається буксування кожного рушія окремо. В такому разі, якщо рушії будуть різні, то і буксування буде різним – відповідним до цих рушіїв.

Постановка завдання. Насамперед визначимо можливі варіанти використання типорозміру шин. У разі різних за зовнішнім діаметром шин на його бортах встановлення здвоєних шин неможливо, оскільки трактор буде мати боковий нахил в бік шин меншого діаметра. Тому при встановленні здвоєних шин, всі шини на тракторі мають бути одного діаметра.

Результати досліджень. Розглянемо варіант з різними за зовнішнім діаметром шинами на бортах трактора. Нехай на лівому борту шини мають зовнішній діаметр $D_{вл}$, а на правому – $D_{ун}$ (рис. 1). Тоді, виходячи з рівності обертаючих моментів на півосях мостів трактора, між тяговими зусиллями на лівому P_l і на правому P_n бортах трактора встановиться така залежність:

$$P_l \cdot D_{вл} = P_n \cdot D_{ун}. \quad (1)$$

В такому разі, щоб запобігти повертаючому моменту, дишло причіпного пристрою з динамометром, в напрямку якого діє тяговий опір R_m , має бути приєднано до причіпної планки з ексцентриситетом e_R , який визначиться з урахуванням півколій e_n і e_l як

$$e_R = (P_n \cdot e_l - P_l \cdot e_n) / R_m, \quad (2)$$

$$R_m = P_n + P_l, \quad (3)$$

або, виключивши з формули (2), сили

$$e_R = (D_{вл} \cdot e_n - D_{ун} \cdot e_l) / (D_{вл} + D_{ун}). \quad (4)$$

Розглянемо варіант зі здвоєними шинами діаметром $D_{ш}$ і шириною $B_{ш}$. Нехай на лівому борту шини будуть не здвоєними, а на правому борту – здвоєними (рис. 2). Тоді з формули (4) отримаємо наступну залежність:

$$e_R = (e_n - e_l) / 2 = B_{ш} / 4. \quad (5)$$

Нарешті розглянемо варіант зі здвоєними тільки задніми шинами, тобто на лівому борту шини будуть не здвоєними, а на правому борту – здвоєні тільки задні шини (рис. 3).

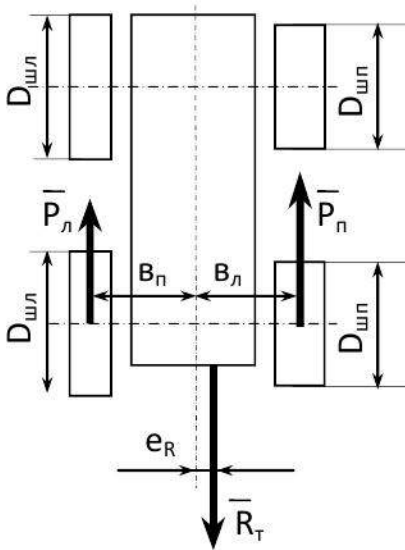


Рис. 1. Схема дії сил при тягових випробуваннях трактора з шинами різного діаметра

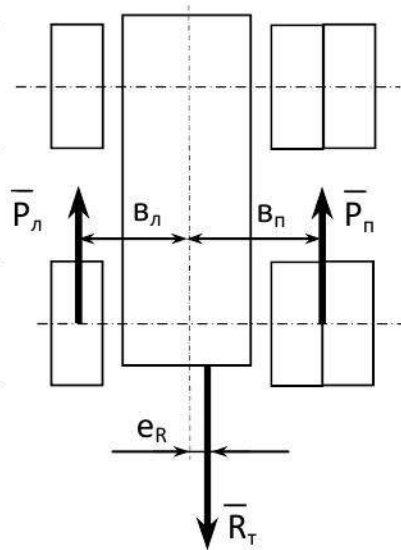


Рис. 2. Схема дії сил при тягових випробуваннях трактора зі здвосними шинами

Нехай трактор має подовжню базу L , експлуатаційну вагу на чотирьох шинах G_{me} з подовжною відстанню від задньої осі трактора L_o і вагу додаткової шини G_{du} . Нехай точка причепа на тракторі C_m розташована на подовжній відстані від його задньої осі і на висоті h_m , причіпна тяга разом з динамометричним елементом має довжину L_{np} , і висота точки причепа на причепі C_{np} становить h_{np} .

На підставі схеми дії сил на трактор запишемо рівняння дії сил в горизонтальній і подовжно-вертикальній площинах і моментів сил відносно точок II і 3 в подовжно-вертикальній площині і відносно точки O – в горизонтальній площині.

$$\Sigma P_z = R_m - P_n - P_s = 0; \tag{6}$$

$$\Sigma P_a = N_n + N_s + R_g - G_{me} - G_{du} = 0; \tag{7}$$

$$\Sigma M(P_{a_n}) = (N_s - G_{du}) \cdot L + R_g(L + L_c) - G_{me}(L - L_o) - R_m \cdot h_m = 0; \tag{8}$$

$$\Sigma M(P_{a_s}) = G_{me} \cdot L_o + R_g \cdot L_c - N_n \cdot L - R_m \cdot h_m = 0; \tag{9}$$

$$\Sigma M(P_{c_o}) = (P_m - P_{ln}) \cdot \delta_k + P_{n3} \cdot \delta_{n3} - P_{l3} \cdot \delta_k - R_m \cdot e_R = 0$$

або, враховуючи, що за однакових шин з шириною $B_{ш}$ тягові зусилля на кожній осі по обох бортах однакові, тобто $P_{nn} = P_{ln}$ і $P_{nз} = P_{лз}$, а $e_{nз} = e_k + B_{ш}/2$

$$\sum M(P)_o = P_з \cdot B_{ш} / 4 - R_m \cdot e_R = 0. \quad (10)$$

Враховуючи, що при увімкненні переднього приводу між ним і заднім приводом встановлюється жорсткий кінематичний зв'язок сумарне буксування передніх коліс (в разі однакових фактичних радіусів кочення) буде дорівнювати сумарному буксуванню задніх коліс. В такому разі можна вважати, що тягові зусилля від передніх і задніх коліс будуть пропорційні силам нормального тиску на ці колеса, тобто

$$P_n / N_n = P_з / N_з. \quad (11)$$

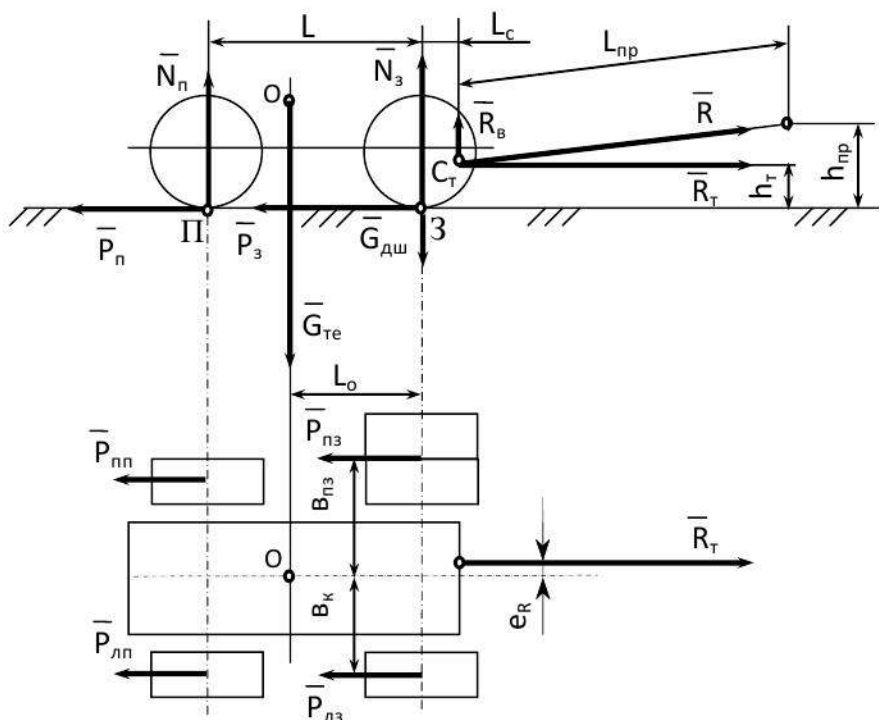


Рис. 3. Схема дії сил при тягових випробуваннях трактора з двома ведучими мостами і зі здвоєними шинами на задній правій півосі

Тяговий опір R_T і вертикальна реакція R_b пов'язані з загальною ре-

акцією причепа на трактор R , яка вимірюється при тягових випробуваннях, залежностями:

$$R_m = R \sqrt{1 - \left(\frac{h_{np} - h_m}{L_{np}} \right)^2}; \quad (12)$$

$$R_a = R(h_{np} - h_m)/L_{np}. \quad (13)$$

На підставі рівнянь (6)...(13) формула для визначення величини бокового зміщення причепа e_R набуде вигляду

$$e_R = \frac{B_w}{4} \left(1 - \frac{G_{me} \cdot L_0 + R \left\{ L_c (h_{np} - h_m) / L_{np} - h_m \sqrt{1 - [(h_{np} - h_m) / L_{np}]^2} \right\}}{L [G_{me} + G_{du} - R(h_{np} - h_m) / L_{np}]} \right). \quad (14)$$

З формули (14) видно, що бокове зміщення причепа залежить від сили R , що змінюється при тягових випробуваннях. Підставивши у формулу (14) значення незмінюваних величин (наприклад, для трактора ХТЗ-120): $B_w = 0,67$ м; $G_{me} = 65$ кН; $G_{du} = 2,45$ кН; $L = 2,8$ м; $L_0 = 1,5$ м; $L_c = 0,5$ м; $L_{np} = 3,5$ м; $h_m = 0,5$ м; $h_{np} = 0,8$ м, отримаємо вираз

$$e_R = 0,135 \left(1 - \frac{9750 - 0,455 R}{18620 - 0,24 R} \right). \quad (15)$$

Значення e_R у виразі (15) при зміні сили R від 0 до 40 кН змінюється від 6 до 7,5 см. Тому, на наш погляд, при тягових випробуваннях цього варіанта встановлення шин доцільно встановити постійне зміщення $e_R = 7$ см.

Значення e_R (наприклад, для трактора ХТЗ-120) при $D_{un} = 1,65$ м; $D_{un} = 1,54$ м; $e_l = 0,95$ м; $e_n = 0,9$ м за виразом (4) $e_R = 2$ см і за виразом (5) $e_R = 13,5$ см.

В разі незбігу фактичних радіусів передніх і задніх коліс (наприклад, з-за різниць у тиску повітря в шинах і в тиску шин на ґрунт) при вмиканні переднього ведучого моста їх буксування буде різнитися, причому, якщо ця різниця перевершить загальне буксування, викликане крюковим зусиллям, дотичні сили P на відстаючому мості змінять напрямок на протилежний і між мостами виникне паразитна потужність. Перерозподіл дотичних сил між мостами призведе до зміни величини e_R , причому, якщо будуть відставати передні колеса, то e_R буде збільшуватися (але не більше за 13,5 см), а якщо будуть відставати задні колеса – e_R буде зменшуватися.

Відповідно до ГОСТ 7057-81 [1] робоча швидкість трактора на заліковій ділянці визначається по її довжині $S_3 = 60$ м і часу її проходження t_3 за формулою, м/с

$$V_p = S_3 / t_3, \quad (16)$$

а середнє буксування за формулою, %

$$\delta_{cp} = \frac{V_{mcp} - V_p}{V_{mcp}} 100, \quad (17)$$

де V_{mcp} – середня теоретична швидкість трактора, м/с

$$V_{mcp} = \frac{V_{mnn} + V_{mln} + V_{mnz} + V_{mlz}}{4}, \quad (18)$$

де V_{mnn} , V_{mln} , V_{mnz} , V_{mlz} – окружні швидкості відповідно правого переднього, лівого переднього, правого заднього і лівого заднього коліс трактора, або

$$V_{mnn} = \frac{\pi \cdot D_{un} \cdot n_{nn}}{t_3} = \frac{2 \pi \cdot r_{kn}}{t_3}; \quad V_{mnz} = \frac{\pi \cdot D_{un} \cdot n_{nz}}{t_3} = \frac{2 \pi \cdot r_{kn}}{t_3}; \quad (19a)$$

$$V_{mln} = \frac{\pi \cdot D_{ul} \cdot n_{ln}}{t_3} = \frac{2 \pi \cdot r_{kl}}{t_3}; \quad V_{mlz} = \frac{\pi \cdot D_{ul} \cdot n_{lz}}{t_3} = \frac{2 \pi \cdot r_{kl}}{t_3}. \quad (19b)$$

де n_{nn} , n_{ln} , n_{nz} , n_{lz} – кількість обертів за час t_3 відповідно правого переднього, лівого переднього, правого заднього і лівого заднього коліс трактора; r_{kn} , r_{kl} – розрахункові радіуси коліс відповідно на правому і лівому бортах трактора [2], м

$$r_{kn} = r_{on} + k_{ш} \cdot h_{un}; \quad r_{kl} = r_{ol} + k_{ш} \cdot h_{ul}, \quad (20)$$

де r_{on} , r_{ol} – радіус ободу колеса відповідно на правому і на лівому бортах трактора, м; h_{un} , h_{ul} – висота шини відповідно на правому і лівому бортах трактора, м; $k_{ш}$ – коефіцієнт усадки шини (приймається однаковий для усіх шин, якщо в них тиск повітря однаковий).

Буксування коліс трактора визначиться аналогічно формулі (16), %

$$\delta_{nn} = \frac{V_{mnn} - V_p}{V_{mnn}} 100; \quad \delta_{nz} = \frac{V_{mnz} - V_p}{V_{mnz}} 100; \quad (21a)$$

$$\delta_{ln} = \frac{V_{mln} - V_p}{V_{mln}} 100; \quad \delta_{lz} = \frac{V_{mlz} - V_p}{V_{mlz}} 100. \quad (21b)$$

Теоретична швидкість бортів трактора визначиться на підставі формули (19а, б)

$$V_{mn} = \frac{r_{кн}(n_{nn} + n_{nz})}{t_3} \pi; \quad V_{ml} = \frac{r_{кл}(n_{ln} + n_{lz})}{t_3} \pi. \quad (22)$$

Аналогічно на підставі формули (21а, б) визначиться розрахункове буксування бортів трактора

$$\delta_n = 0,5(\delta_{nn} + \delta_{nz}); \quad \delta_a = 0,5(\delta_{ln} + \delta_{lz}). \quad (23)$$

Розрахункова робоча швидкість бортів трактора визначиться за формулами

$$V_{pn} = V_{mn} \left(1 - \frac{\delta_n}{100}\right); \quad V_{pl} = V_{ml} \left(1 - \frac{\delta_a}{100}\right). \quad (24)$$

Значення буксування і робочої швидкості, отримані за формулами (23) і (24), використовуються при побудові тягових характеристик трактора для ходової частини по відповідних бортах. В разі шин з однаковим діаметром крюкове зусилля на бортах дорівнює середньому тяговому зусиллю $P_{крп} = P_{крл} = P_{крсп} = R_m$, розрахованому по формулі (12). В разі шин з різними діаметрами крюкові зусилля на бортах визначаються на підставі формул (1) і (3) і мають вирази

$$P_{крп} = 2R_m \cdot D_{шл} / (D_{шп} + D_{шл}); \quad P_{крл} = 2R_m \cdot D_{шп} / (D_{шп} + D_{шл}). \quad (25)$$

Годинна витрата пального G_n однакова для тягових характеристик обох бортів [1], кг/год

$$G_n = 3,6 \Delta Q_{nz} \cdot \rho_n / t_3, \quad (26)$$

де ΔQ_{nz} – об'єм пального, витраченого за дослід, мл; ρ_n – щільність пального при досліді [3], кг/л

$$\rho_n = \rho_{n(20)} + \gamma_\rho (20 - T_n), \quad (27)$$

де $\rho_{n(20)}$ – щільність пального при температурі 20 °С, $\rho_{n(20)} = 0,83$ кг/л; γ_ρ – середня температурна поправка щільності дизельного пального [3], $\gamma_\rho = 0,000725$ кг/(л·град.); T_n – температура пального в мірному пристрої при досліді, °С.

Тягова потужність розраховується за формулами, кВт

$$N_{крп} = P_{крп} \cdot V_{pn}; \quad N_{крл} = P_{крл} \cdot V_{pl}. \quad (28)$$

Питома витрата пального розраховується за формулами, г/кВт·год

$$g_{nn} = 1000 G_n / N_{крп}; \quad g_{nl} = 1000 G_n / N_{крл}; \quad (29)$$

Ефективна потужність двигуна трактора [2], кВт

$$N_e = N_{крп} + N_{дн} + N_{fn} + N_{мвн} = N_{крл} + N_{дл} + N_{fl} + N_{мвл} \quad (30)$$

де $N_{\delta n}, N_{\delta l}, N_{fn}, N_{fl}, N_{mnl}, N_{mll}$ – потужність, що витрачається відповідно на буксування рушіїв і на самопересування трактора та на механічні втрати в трансмісії і ходовій частині у варіанті правого і лівого бортів для j -ої передачі трактора; кВт

$$N_{\delta n} = P_{крп} (V_{mn} - V_{pn}); \quad N_{\delta l} = P_{крл} (V_{ml} - V_{pl}); \quad (31)$$

$$N_{fn} = (G_{me} + n_{ош} \cdot G_{ош}) V_{pn} \cdot f_m; \quad N_{fl} = G_{me} \cdot V_{pl} \cdot f_m; \quad (32)$$

$$N_{mnl} = (N_{крп} + N_{\delta n} + N_{fn})/\eta_{mj} + |N_{крп} + N_{\delta n} + N_{fn} - N_{крл} - N_{\delta l} - N_{fl}|/\eta_o; \quad (33a)$$

$$N_{mll} = (N_{крл} + N_{\delta l} + N_{fl})/\eta_{mj} + |N_{крп} + N_{\delta n} + N_{fn} - N_{крл} - N_{\delta l} - N_{fl}|/\eta_o, \quad (33b)$$

де $n_{ош}$ – кількість додаткових шин, встановлених на правому борті; f_m – коефіцієнт опору самопересуванню трактора [2]; η_{mj} – ККД трансмісії і ходової частини на j -ій передачі трактора [2]; η_o – ККД диференціала трактора [2]

$$\eta_{mj} = \eta_{ц}^{\alpha_j} \cdot \eta_{к}^{\beta_j} \cdot \eta_{ш}; \quad (34a)$$

$$\eta_o = \eta_{ц}^4, \quad (34b)$$

де $\eta_{ц}, \eta_{к}$ – ККД відповідно циліндричної і конічної пар передач; α_j, β_j – кількість відповідно циліндричних і конічних передач у трансмісії трактора на j -ій передачі.

Умовний тяговий ККД трактора для ходової системи правого і лівого бортів

$$\eta_{мун} = N_{крп} / N_e; \quad \eta_{мул} = N_{крл} / N_e. \quad (35)$$

Викладена методика була використана при тягових випробуваннях трактора ХТЗ-120 з шинами 16,9R38 і з шинами 23,1R26 в одиночному і у здвоєному варіантах [4].

Висновки. Використавши представлені розрахункові формули, можна побудувати тягові характеристики трактора і визначити його експлуатаційні показники на різних шинах. Завдяки запропонованій методиці порівняльних тягових випробувань трактора з різними за типом і кількістю шинами на правому і лівому бортах вдвічі скорочується як потреба в шинах, так і обсяг робіт, а також підвищується точність і достовірність порівняльної оцінки тягових властивостей і впливу на ґрунт ходової системи (шин) трактора.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *ГОСТ 7057-81* Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 24 с.
2. *Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка.* / Под ред.

- Н.Э. Фере. Изд. 2-е. - М.: Колос, 1978.- 256 с.
3. Кузнецов А.В., Кульчев М.А. Практикум по топливу и смазочным материалам. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
 4. Звіт про науково-дослідну роботу: Розробити комбіновані та високопродуктивні агрегати на базі орно-просапних тракторів ХТЗ-120/160 (проект 40.01-114) (заключний). – Якимівка, 2008. – 81 с.
-

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРАКТОРА НА РАЗНЫХ ШИНАХ

Разработана методика сравнительных тяговых испытаний трактора на разных шинах. Представлены все расчетные формулы для построения тяговых характеристик.

Ключевые слова: трактор, борт, шина, крюковое усилие, буксование, тяговая характеристика.

SUBSTANTIATION OF METHODOLOGY OF COMPARATIVE TESTS OF TRACTOR ON DIFFERENT TIRES

Methodology of comparative pull tests of tractor is worked out on different tires. All calculation formulas are submitted for the construction of pull characteristics.

Key words: tractor, side, tire, hook effort, skidding, hauling description.

УДК 631.3.05

СТІЙКІСТЬ РУХУ ШИРОКОЗАХВАТНОГО МАШИННО- ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ В СИСТЕМІ КЕРОВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Р.В. Мельник, канд. техн. наук
ННЦ «ІМЕСГ»

Приведено методику та результати визначення курсової стійкості широкозахватного машинно-тракторного агрегату (ШМТА) у польових умовах.

Ключові слова: курсова стійкість, машинно-тракторний агрегат, навігаційні прилади, автоводіння.

Проблема. В останні роки глобальні супутникові навігаційні системи (ГНСС-GNSS) все більше застосовують в агротехнологіях для

© Р.В. Мельник.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.