

УДК 633.521:631.373:629.3.013

© А.С. Лімонт, к.т.н.

Житомирський агротехнічний коледж

З.А. Лімонт

Технічний ліцей при Дніпропетровському національному  
університеті залізничного транспорту

## **ПИТОМА ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ І МАСА ТРАКТОРНИХ ПРИЧЕПІВ ЯК ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЛЬОНОТРЕСТИ**

*Досліджені розподіли номінальної і питомої вантажопідйомності тракторних причепів. Вивчена і проаналізована маса цих транспортних засобів. Висвітлено статистичний зв'язок питомої вантажопідйомності і маси тракторних причепів.*

### **ЛЬОНОТРЕСТА, ТРАНСПОРТУВАННЯ, ТРАКТОРНІ ПРИЧЕПИ, ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ, МАСА, КОРЕЛЯЦІЯ, РЕГРЕСІЯ**

**Постановка проблеми.** За рулонної технології збирання льонотрести [1] на перевезенні рулонів з поля до місць зберігання льоносировини чи пунктів її первинної переробки крім інших транспортних засобів використовують і тракторно-транспортні агрегати (ТТА) у складі тракторів різного класу та тракторних причепів відповідної вантажопідйомності чи тракторні поїзди. Проте в проблемі транспортного забезпечення збирання рошенцевої льонотрести поки що залишилася ще нез'ясованою низка питань. Про деякі з них і йтиметься в цьому повідомленні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із найважливіших параметрів тракторних причепів, що визначає їх споживчі властивості, є вантажопідйомність. З'ясуванню вантажопідйомності транспортних засобів на перевезенні сільськогосподарських вантажів присвячені праці акад. М.Е. Мацепуро [2] та проф. Ф.С. Завалішина [3], Н.К. Діденка [4] і А.Д. Семковича [5]. Орієнтуючись на існуючі конструкції тракторних причепів в праці [6] відшукані кореляційно-регресійні моделі парних взаємозв'язків між їхньою масою  $m_{\text{пр}}$ , довжиною  $l_{\text{п}}$  і шириною  $b_{\text{п}}$  платформи та її висотою  $h_{\text{п}}$  по основних бортах з одного боку і номінальною вантажопідйомністю  $q_{\text{н}}$  причепів з другого, а також зворотні зв'язки між вказаними параметрами. Доведено, що зміна  $m_{\text{пр}}$  і  $l_{\text{п}}$  залежно від  $q_{\text{н}}$  та  $q_{\text{н}}$  від  $m_{\text{пр}}$  і  $l_{\text{п}}$

описується рівняннями прямих з додатними кутовими коефіцієнтами, зміна  $h_n$  від  $q_n$  – рівнянням зростаючої степеневі функції,  $q_n$  від  $b_n$  – рівнянням зростаючої експоненціальної функції, а  $b_n$  від  $q_n$  і  $q_n$  від  $h_n$  – рівняннями сповільнено зростаючих гіпербол. В праці [7] показано, що зміна  $l_n$  залежно від  $m_{np}$  і навпаки  $m_{np}$  від  $l_n$  описується рівняннями прямих з додатними кутовими коефіцієнтами,  $b_n$  від  $m_{np}$  і  $m_{np}$  від  $b_n$  – рівняннями відповідно сповільнено зростаючої гіперболи і зростаючої експоненти, а зміна  $h_n$  від  $m_{np}$  і  $m_{np}$  від  $h_n$  описуються відповідно рівняннями сповільнено і прискорено зростаючих степеневих функцій. Одержані модельні рівняння регресії можуть бути використані при розрахунках з комплектування ТТА та проектуванні організації вантажоперевезень взагалі і зокрема транспортування льонотрести.

Дослідження енергомосткості ТТА на перевезенні льонотрести залежно від вантажопідйомності причепів показало [8], що найбільш інтенсивно зменшується енергомосткість ТТА з підвищенням вантажопідйомності від 2 до 4 т, а з подальшим підвищенням вантажопідйомності до 10 т і більше енергомосткість ТТА зменшується менш сповільнено. Використання на перевезенні трести великотоннажних причепів, що перевищують  $q_n = 10$  т, має бути обмеженим.

Крім з'ясованих кількісних залежностей між наведеними масовими і розмірними параметрами тракторних причепів варто мати відомості щодо оцінювання їх вантажопідйомності з урахуванням маси транспортних засобів. Для цього визначено питому вантажопідйомність як відношення її номінального значення до маси причепа.

**Мета дослідження** полягала у з'ясуванні питомої вантажопідйомності тракторних причепів як передумови щодо їх проектування і розрахунку основних параметрів. Завдання дослідження: 1) сформувати статистичні вибірки вантажопідйомності і маси тракторних причепів виробництва підприємствами в межах колишнього СРСР і підприємствами поза межами колишнього СРСР та розрахувати їх питому вантажопідйомність; 2) проаналізувати питому вантажопідйомність тракторних причепів; 3) оцінити зв'язок питомої вантажопідйомності і маси тракторних причепів та виявити кількісну зміну питомої вантажопідйомності тракторних причепів залежно від їх маси.

Об'єкт дослідження – технологічний процес транспортування льонотрести з оцінюванням масових параметрів тракторних причепів. В якості масових параметрів причепів

прийнятті їх номінальна і питома вантажопідйомність та маса досліджуваних транспортних засобів. Методика пошуку вихідних даних щодо визначення масових параметрів тракторних причепів та методика опрацювання зібраних статистичних даних наведені в попередніх публікаціях одного з авторів цього повідомлення.

**Результати дослідження.** Досліджувані причепа були розділені на дві групи (статистичні вибірки), в першу з яких входили причепа виробництва підприємствами колишнього СРСР, а в другу – підприємствами поза його межами. Перша вибірка включала 15 марок причепів, а друга – 21. Розподіли номінальної вантажопідйомності причепів першої і другої груп характеризувалися розмахом варіювання відповідно 2–13 і 5–24 т, а їхні середні арифметичні значення і середні квадратичні відхилення дорівнювали в тій же послідовності 6,0 і 3,3 та 13,2 і 6,0 т. Розмах варіювання маси причепів першої і другої груп становив відповідно 0,7 – 6,34 і 1,2 – 7,1 т за середніх арифметичних значень і середніх квадратичних відхилень 2,8 і 3,6 та 2,1 і 1,6 т.

Питома вантажопідйомність причепів першої групи коливалася в межах 1,85 – 2,83, а другої від 3,38 до 5,50. Середнє арифметичне значення та середнє квадратичне відхилення розподілу питомої вантажопідйомності причепів першої групи дорівнювали відповідно 2,27 та 0,30, а причепів другої – 4,29 та 0,58. Порівняння середніх арифметичних значень питомої вантажопідйомності двох груп вибірок причепів здійснили з використанням  $t$ -критерію Стьюдента [9]. Виявилось, що розрахований  $t$ -критерій з урахуванням помилок середніх арифметичних значень питомої вантажопідйомності відповідних вибірок дорівнював  $t_p = 13,48$ . Табличний  $t$ -критерій за числа степенів вільності  $\nu = 30$  на рівні значущості  $\alpha = 0,05$  становив  $t_T = 2,08$ . Оскільки  $t_p = 13,48 > t_T = 2,08$  при  $\nu = 30$  і  $\alpha = 0,05$ , то середні арифметичні значення питомої вантажопідйомності 2,27 і 4,29 значущо відмінні на рівні ймовірності 0,95.

Проаналізуємо досліджувані сукупності за їх мінливістю з використанням визначених середніх квадратичних відхилень відповідних розподілів за  $F$ -критерієм Фішера [9], що являє відношення більшої дисперсії до меншої. За розрахунками спостережуваний (розрахунковий)  $F$ -критерій становив  $F_p = 3,7$ , а табличне значення  $F$ -критерію при числі степенів вільності чисельника  $\nu_1 = 20$  і знаменника  $\nu_2 = 14$  на рівні ймовірності  $P = 0,95$  дорівнює  $F_T = 2,4$  [9]. Оскільки  $F_p = 3,7 > F_T = 2,4$  при  $\nu_1 = 20$  і  $\nu_2 = 14$  на  $P = 0,95$ , то дисперсії досліджуваних сукупностей питомої вантажопідйомності причепів відрізняються значущо і

відмінні з ймовірністю, що перевищує  $P = 0,95$ . Отже, порівнювані дві сукупності питомої вантажопідйомності тракторних причепів виробництва підприємствами колишнього СРСР і що знаходяться за його межами відрізняються одна від іншої не тільки середніми арифметичними значеннями, але і середніми квадратичними відхиленнями.

Між питомою вантажопідйомністю тракторних причепів першої та другої груп і їхньою масою виявлений від'ємний кореляційний зв'язок з коефіцієнтами кореляції  $r$  відповідно мінус 0,701 і мінус 0,434 за кореляційних відношень  $\eta$  результативної ознаки по факторіальній в попередній послідовності 0,725 і 0,434. За розрахованими показниками кореляційного зв'язку із збільшенням маси тракторних причепів їхня питома вантажопідйомність зменшується. Для з'ясування характеру цього зменшення здійснили перевірку прямолінійності за  $t$ -критерієм Стьюдента [10]. Перевірка показала, що при визначених коефіцієнтах кореляції і розмірах статистичних вибірок спостережувані (розрахункові) значення  $t$ -критеріїв стосовно причепів першої і другої груп становили відповідно 3,54 і 2,10 тоді як табличні  $t$ -критерії для вказаних груп причепів за таблицями квантилів  $t$ -розподілу [10] становили в тій же послідовності 2,16 і 2,09. Оскільки для досліджуваних розподілів витримується умова  $t_p > t_\alpha$ , то лінійні моделі регресії питомої вантажопідйомності обох груп причепів на їхню масу узгоджуються з експериментальними даними. З використанням стандартних комп'ютерних програм здійснено вирівнювання експериментальних значень питомої вантажопідйомності причепів залежно від їх маси рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами, рівняннями спадних степеневих, логарифмічних і експоненціальних функцій та гіперболічних залежностей. За  $R^2$ -коефіцієнтами найкраще наближення експериментальних значень питомої вантажопідйомності до вирівняних забезпечила їх апроксимація рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами. На рисунку наведені кореляційні поля «питома вантажопідйомність  $\lambda_q$  тракторних причепів – маса  $m_{пр}$  тракторних причепів» виробництва різними підприємствами та модельні лінії прямолінійної регресії  $\lambda_q$  на  $m_{пр}$ .

Модельні лінії прямолінійної регресії, що наведені на рисунку, побудовані за такими рівняннями, які кількісно списують зміну  $\lambda_q$  від  $m_{пр}$  для причепів виробництва підприємствами:

– колишнього СРСР:

$$\lambda_q = 2,63 - 0,133 m_{np} \quad (1)$$

при  $r = -0,701$ ;  $\eta = 0,725$ ;  $R^2 = 0,492$ ;  $\lambda_{пв} = 0,10$ ;  $S_y = 0,22$  і  $k_d = 0,492$ ;

– за межами колишнього СРСР:

$$\lambda_q = 4,78 - 0,153 m_{np} \quad (2)$$

при  $r = -0,434$ ;  $\eta = 0,434$ ;  $R^2 = 0,188$ ;  $\lambda_{пв} = 0,12$ ;  $S_y = 0,53$  і  $k_d = 0,188$ ,

де  $\lambda_{пв}$  – показник оцінювання вирівнювання експериментальних значень результативної ознаки, що являє відношення основної помилки вирівнювання до середнього значення результативної ознаки;

$S_y$  – помилка рівнянь (1) і (2) прямолінійної залежності, яку визначали за значеннями коефіцієнтів кореляції між  $\lambda_q$  і  $m_{np}$  та середніми квадратичними відхиленнями відповідних розподілів  $\lambda_q$ ;  $k_d$  – коефіцієнт детермінації, що визначає силу впливу маси причепів  $m_{np}$  на їхню питому вантажопідйомність  $\lambda_q$ .

Показник оцінювання вирівнювання  $\lambda_{пв}$  експериментальних значень  $\lambda_q$  першого розподілу причепів залежно від  $m_{np}$  рівнянням прямої за розрахунками не перевищував 0,10, що характеризує задовільне вирівнювання. Дещо більшим було значення показника  $\lambda_{пв}$ , який дорівнював 0,12 і характеризував вирівнювання експериментальних значень  $\lambda_q$  стосовно другого розподілу причепів.

Середні арифметичні значення питомої вантажопідйомності причепів першої і другої груп перевищують помилки відповідних рівнянь регресії відповідно у 10,3 і 8,1 раза. За значеннями коефіцієнтів детермінації маса причепів першої і другої груп відповідно майже на 50 і близько на 20% причинно зумовлює варіацію вантажопідйомності досліджуваних транспортних засобів.

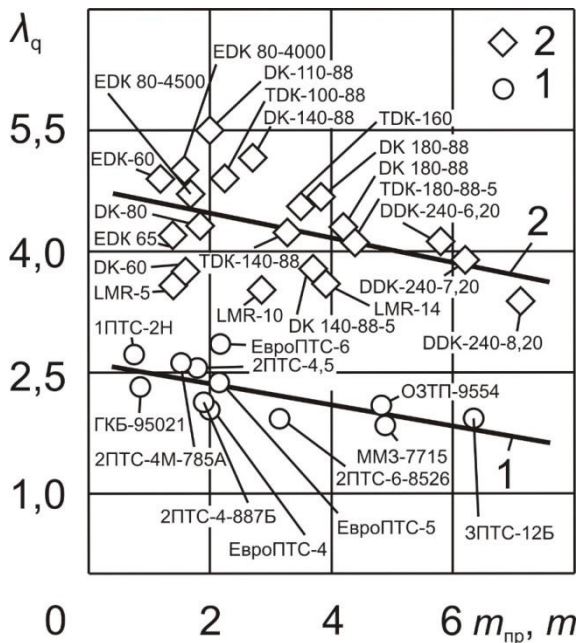


Рис. – Зміна питомої вантажопідйомності  $\lambda_q$  тракторних причепів залежно від їх маси  $m_{пр}$ : 1 – причепи виробництва підприємствами колишнього СРСР; 2 – причепи виробництва підприємствами поза межами колишнього СРСР.

**Висновки.** За вільними членами опрацьованих рівнянь регресії опосередковано можна вважати, що усереднено причепи зарубіжного виробництва у порівнянні з «вітчизняними» мають в 1,82 раза більшу питому вантажопідйомність. За значеннями кутових коефіцієнтів рівнянь і за їх графічним поданням можна зробити і такий висновок, що інтенсивність зменшення питомої вантажопідйомності залежно від маси причепів майже однакова для транспортних засобів, що їх виготовляють різні виробники. Це слід враховувати при проектуванні та виробництві тракторних причепів з метою зменшення їхньої матеріало- і металомісткості, що сприятиме екологоспрямованому їх використанню на перевезенні вантажів і в тому числі льонотрести.

### Література

1. Дідух В.Ф. Збирання та первинна переробка льону-

довгунця: монографія / Дідух В.Ф., Дударев І.М., Кірчук Р.В. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2008. – 215 с.

2. Маценуро М.Е. К вопросу разработки подвижного состава сельскохозяйственного транспорта / М.Е. Маценуро // Вопросы земледельческой механики. – Минск: Гос. изд-во БССР (Редакция с.-х. литературы), 1959. – Т.1. – С. 230 – 283.

3. Завалишин Ф.С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Завалишин Ф.С. – М.: Колос, 1973. – 319 с.

4. Диденко Н.К. Обоснование грузоподъемности транспортных средств / Н.К. Диденко // Математические методы прогнозирования сельскохозяйственного производства: прогнозирование развития материально-технической базы. – К.: УкрНИИНТИ, 1970. – Вып. 3. – С. 31 – 33.

5. Семкович А.Д. Об определении оптимальной грузоподъемности транспортных средств для снабжения удобрителей жидкими удобрениями / А.Д. Семкович // Оптимальное проектирование сельскохозяйственных производственных процессов: науч. труды; под ред. В.А. Желиговского. – М.: Колос, 1971. – С. 162 – 178.

6. Лімонт А.С. Вантажопідйомність і розміри кузовів тракторних причепів / А.С. Лімонт // Вісн. Харків. нац. техн. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: механізація с.-г. виробництва. – Х., 2012. – Вип. 124, Т.1. – С. 110 – 120.

7. Лимонт А.С. Прогнозирование массово-размерных параметров тракторных процесов // А.С. Лимонт // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 21–23 ноября 2018 г.) / Мин-во сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, Белорусский гос. аграр. техн. ун-т / ред. кол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 396 – 399.

8. Лімонт А.С. Енергомісткість технічних засобів готування і збирання рошенцевої льонотрести / А.С. Лімонт // Вісн. Дніпропетр. держ. аграр.-економ. ун-ту. – Дніпропетровськ, 2016. – № 2 (40). – С. 44 – 46.

9. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учеб. пособ. / Дмитриев Е.А. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1972. – 292 с.

10. Герасимович А.И. Математическая статистика: [учеб. пособ. для инж.-техн. и эконом. спец. вузов] / Герасимович А.И. – Минск: Вышэйш. шк., 1983. – 279 с.