

## ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРНИХ ПРИЧЕПІВ У ЛОГІСТИЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Ярошенко Павло Миколайович

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-3815-1579

pashajarosh@i.ua

Арендаренко Володимир Миколайович

кандидат технічних наук, доцент

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

ORCID: 0000-0003-0701-7983

Volodymyr.arendarenko@pdau.edu.ua

*У статті розглянуті питання використання тракторних транспортних засобів в логістиці аграрних підприємств. Визначені граничні відстані використання тракторів з причепами та напівпричепами в порівнянні з автомобілями, що донедавна масово використовувалися в сільському господарстві. Знайдено аналітичний вираз по визначенню тягового опору тракторного потягу. З'ясовано можливі витрати палива деякими тракторними агрегатами. Визначені правила та принципи формування тракторних транспортних агрегатів при перевезенні вантажів різних класів. Обґрунтовані рекомендації по використанню спеціалізованих причепів при транспортуванні різних типів вантажів.*

*Сучасний тракторний транспортний агрегат являє собою високоєфективний транспортний засіб, який може транспортувати вантажі не тільки в середині господарства на невеликі відстані до 3...5 км. Трактор з причепом чи напівпричепом в сучасних умовах може ефективно перевозити вантажі на відстані вдвічі більші від заявлених вище. Це твердження ґрунтується на результатах досліджень українських науковців. Сучасний тракторний причіп чи напівпричіп, виготовлений із високоякісної сталі, має гальмівну, гідравлічну і електричну системи. Може обладнуватися системами як автономного завантаження так і розвантаження. Зазвичай має прямокутну форму кузова з відкритим, закритим або напіввідкритим верхом. Може перевозити як силкі, так і монолітні вантажі, транспортувати як деревину, так і живих тварин. На ходу підбирати прямокутні або круглі тюки соломи чи сіна, вантажити їх на свою платформу і доставляти до місця зберігання. При цьому тракторні причепи і напівпричепи зберегли в своїй основі просту і надійну конструкцію. Можливість завантаження з різних боків або зверху та можливість розвантаження на три сторони не виходячи з кабіни трактора.*

*В логістиці сільськогосподарських підприємств тракторні транспортні агрегати мали обмежене використання. Однак із збільшенням вантажопідйомності причіпної техніки, вдосконаленням способів з'єднання з трактором вони стали завойовувати все більшу популярність серед аграріїв. Все частіше тракторні потяги використовують при масових перевезеннях різних вантажів. Все більше на них розраховують при збиранні зернових і технічних культур. Все частіше такі транспортні агрегати включаються в логістику перевезень вантажів з невеликою питомою щільністю.*

**Ключові слова:** тракторний транспортний агрегат, автомобілі-самоскиди, номінальна вантажопідйомність, гранична відстань, причепи та напівпричепи, питомий опір.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.3.11>

**Вступ.** Сьогодні наше буття неможливо уявити без автомобілів. Вони стали частиною нашого життя, а для багатьох – засобом заробітку та отримання прибутку. Але в сільському господарстві, крім вантажних автомобілів, широке застосування знайшли тракторні транспортні агрегати, які за своїми властивостями до здійснення перевезень сільськогосподарської продукції можуть навіть перевищувати можливості вантажних автомобілів.

Важливість виконання транспортних операцій в аграрному виробництві обумовлюється тим, що в структурі вартості вантажів частка на їх перевезення може сягати до 30 % (Verhun, 2006). З огляду на цей факт управління транспортними процесами потребує нових підходів для зменшення ваги транспортних витрат в собівартості продукції і взагалі зменшення часу на перевезення вантажів.

Економічними проблемами транспортування вантажів опікувались Вергун М. Г. (Verhun, 2009), Котелянець В. І. (Kotelyanets, 1999) та ін. Ефективність використання транспортних засобів в своїх роботах розглядали Герелиця Р. О. (Herelytsya, 2008) та Фришев С. Г. (Fryshev et al., 2007). Логістика транспортних засобів сільськогосподарських підприємств розглядалась у працях вітчизняних науковців Бузовського Є. А. (Buzovsky & Vasylenko, 1989), Бурлая О. І. (Burlay et al., 1993), Величко О. П. (Velychko, 2015) та ін. Проблематику використання тракторних транспортних агрегатів у своїх роботах розглядали Гуторов О. І. (Hutorov & Prozorova, 2011), Нечипоренко К. В. (Nechyporenko, 2013), Спаський Г. В. (Spaskyy, 2018) та Фришев С. Г. (Fryshev et al., 2010). Однак, підкреслюючи вагомість теоретичних та практичних досліджень вище названих авторів, варто зазначити відсутність комплексних підходів до

транспортно-логістичних проблем в питанні використання тракторно-транспортних агрегатів для транспортування сільськогосподарських вантажів.

**Матеріали і методи досліджень.** Головним елементом логістики будь-якого сільськогосподарського підприємства є потоки вантажів. А головним завданням транспортної логістики аграрного господарства є переміщення і своєчасна доставка вантажів до місць споживання або зберігання.

В структурі перевезень підприємства вантажі переміщуються як в середині господарства так і за його межі. При цьому використовується, в основному, автомобільний транспорт. Зважаючи на профільність господарства, його зосередженість і площу земельних угідь в ряді випадків для переміщення вантажів доцільно скористатися тракторними транспортними агрегатами.

Метою даної публікації є теоретичне і методичне обґрунтування використання тракторних транспортних агрегатів на внутрішньогосподарських (місцевих) перевезеннях сільськогосподарських вантажів.

Для досягнення поставлених задач були зібрані фактичні матеріали по транспортуванню вантажів господарствами різних форм власності в Сумській області. Досліджена логістична діяльність ряду підприємств по використанню різних типів транспортних засобів. Було з'ясовано вплив забезпеченості транспортними засобами на зростання продуктивності підприємства та збільшення можливостей використання різних логістичних схем при транспортуванні вантажів.

**Результати.** Взагалі то, на нашу думку, можливості та обсяги використання тракторних транспортних агрегатів слід розширювати. Як відомо із різних джерел (Ichenko et al., 1993), умовою максимального виробітку транспортного агрегату, що складається із трактора і причепа, є гранична відстань перевезень при якій використання одного транспортного засобу (вантажного автомобіля чи автомобіля-самоскида) становиться доцільнішим в порівнянні з іншим. Граничну відстань використання трактора з причепом порівняно вантажним автомобілем визначають за формулою (Herelytsya, 2008):

$$L_m = \frac{q_n^m \gamma^m t_{n-p}^a - q_n^a \gamma^a t_{n-p}^m}{\beta v^m - \beta v^a} \quad (1)$$

де  $q_n$  – номінальна вантажопідйомність тракторного або автомобільного транспортного агрегату, т;

$\gamma$  – коефіцієнти використання вантажопідйомності причепа або автомобіля;  $t_{n-p}$  – час на навантаження чи розвантаження причепа або автомобіля, год;  $\beta$  – коефіцієнт використання пробігу;  $v$  – швидкість руху трактора з причепом або вантажного автомобіля відповідно, км/год.

Згідно цієї залежності визначимо величини граничних відстаней перевезень, до яких ефективнішим буде використання тракторів з причепами в порівнянні з автомобілями-самоскидами, які масово використовувались донедавна в аграрних підприємствах. При проведенні розрахунків приймемо наступні умови: транспортуються вантажі 1-го класу (коефіцієнт використання вантажності 0,99); категорія доріг – 2-ї групи (сільські дороги з твердим покриттям та ґрунтові поліпшені); навантажування вантажів здійснюється фронтальним навантажувачом марки ПС-0,5 продуктивністю 60 т/год, змонтований на базі трактора МТЗ-80/82. Після проведення відповідних розрахунків створимо таблицю про доцільність використання тих чи інших транспортних засобів, найбільше поширених в сільськогосподарських підприємствах донедавна.

Який же висновок можна зробити із представленої таблиці 1. Висновок тільки такий – під час перевезень сільськогосподарських вантажів на відстані більші, ніж вказані в таблиці доцільно використовувати автомобілі, а коли відстані будуть меншими, то тракторні потяги. До речі, стверджувати що в будь-якому господарстві, наприклад Сумщини, будуть однакові результати по отриманих відстанях – неможливо. Все буде залежати від умов і можливостей підприємства, обсягів перевезень. Зазвичай на користь тракторів з причепами свідчать краща прохідність, нижча собівартість та більша вантажопідйомність агрегату. Не зайвим буває і більший кліренс, менший тиск рушіїв на ґрунти та краща провізність, особливо довгомірних вантажів.

Основним напрямком розвитку причепів є створення потужних і містких тракторних потягів. Тобто, в основі використання причепа лежить прагнення до максимального використання тягових можливостей трактора. Це і призвело, як стверджують деякі дослідники (Melnyk et al., 2000), до винаходу напівпричепів, а потім і напівнавісних причепів. А в даний час, деякі підприємства використовують і так звані змінні кузови (рис. 1), використовуючи при цьому рами причепів та напівпричепів в якості бази, додавши туди гідравлічний гак (система «мультиліфт»).

Таблиця 1

**Граничні відстані використання найбільш поширених автомобільних і тракторних транспортних засобів в аграрному виробництві**

Марка транспортного засобу		Автомобілі-самоскиди				
		ГАЗ-53Б	САЗ-3503	ГАЗ-3307	ЗіЛ-ММЗ-554М	КамАЗ-55102
Трактори з причепами та напівпричепами	МТЗ-80 + 2ПТС-4	0,95	1,62	4,87	0,54	0,13
	МТЗ-1025 + 2ПТС-6	3,47	6,0	35,0	1,12	0,87
	Т-150К + 1ПТС-9	4,31	4,0	12,7	2,53	1,28
	К-701 + 3ПТС-12	5,44	6,45	30,1	6,21	4,33



Рис. 1. Напівпричіп «мультиліфт» із гаковим захватом

Однак, основним показником при агрегуванні трактора з сільсько-господарською машиною (а тракторний причіп чи напівпричіп і є саме нею) є тяговий опір. Відповідно, під сумарним тяговим опором будь-якої машини розуміють ту силу опору, що виникає під час роботи та переміщення на полі. Тобто, з боку трактора чи іншої енергетичної машини необхідно докласти таке зусилля, яке може як переміщувати знаряддя по полю, так і приводити його в дію. При цьому ще необхідно зважати на допоміжні пристрої типу зчіпки, які теж потребують енергії для переміщення.

Стосовно тракторних причепів та напівпричепів, то тут значно менше необхідно зусиль необхідно для приведення їх в дію. В основному – це сили опору на перекочування та вага причепа чи напівпричепа разом з вантажем, що є в його кузові.

Сумарний тяговий опір транспортного агрегату  $R_a$  вираховують, виходячи із кількості машин в агрегаті:

$$R_a = B \cdot k_{ар} \cdot n_m, \quad (2)$$

де  $B$  – ширина захвату агрегату, м;

$k_{ар}$  – величина питомого опору агрегату, кН/м;

$n_m$  – кількість машин в агрегаті, шт.

Відповідно, робочими машинами тракторного транспортного агрегату будемо вважати причепи (або напівпричепи) з відповідним тяговим опором:

$$R_m = m_{вн} g \left( \frac{v_n}{\varepsilon_g} + 1 \right) \cdot \psi_n, \quad (3)$$

де  $m_{вн}$  – маса вантажу, що перевозиться, кг;

$v_n = m_n / m_{вн}$  – відношення маси причепа до його вантажності;

$\varepsilon_g = m_{вн} / m_{вн}$  – коефіцієнт використання вантажності;

$\psi_n = f_n \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha$  – коефіцієнт питомого опору причепа, Н/кг;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с.

Оскільки опір повітря в тракторному транспортному агрегаті є незначним і ним можна знехтувати, то в формулі (3) він не враховується. Тоді тяговий опір всього

тракторного транспортного агрегату, з урахуванням можливої кількості причепів  $n_{пр}$  визначиться із виразу:

$$R_a = m_b \cdot k_{ар}, \quad (4)$$

де  $m_b = n_{пр} \cdot m_{вн}$  – маса вантажу, що перевозиться в кузові причепа (або причепів, якщо їх декілька), кг;

$k_{ар} = g(v_n / \varepsilon_g + 1) \psi_n$  – питомий опір тракторного транспортного агрегату, Н/кг.

На основі формул (2), (3) і (4) можна скласти узагальнений вираз для визначення тягового опору тракторних транспортних агрегатів:

$$R_{a,зар} = B_{зар} \cdot k_{ар,зар} \quad (5)$$

В цьому виразі під  $B_{зар}$  необхідно розуміти для польових агрегатів загальну ширину, а в для тракторних транспортних агрегатів – масу вантажу  $m_b$ , що транспортується в кузові (чи кузовах) причепів. Відповідно  $k_{ар,зар} = k_{ар}$  і  $k_{ар,зар} = k_{ар}$  на основі формул (2) і (4). Значення відповідних параметрів, що входять до  $k_{ар}$  і  $k_{ар}$ , можна визначити на основі довідкових даних.

Значною проблемою при використанні тракторних транспортних агрегатів є витрати палива. Скоріше навіть не витрати палива, а незнання даних витрат. Тому доволі часто можна почути від керівників аграрних підприємств, що такі витрати доволі значні, і використання тракторів нерациональне на відстанях більших 5 км через значні витрати палива.

В свій час полтавські науковці розробили спосіб реєстрації експлуатаційних параметрів МТА (Sposib ..., 2018). Одним із основних параметрів, що контролюється даним способом є витрати палива. Датчик витрати палива підключений до електронного блоку та ідентифікатора режимів. Завдяки цьому в режимі реального часу фіксуються витрати палива на різних режимах роботи сільськогосподарських агрегатів, в тому числі під час холостих переїздів, технологічних зупинок, а також рухів заднім ходом. Вмонтований в систему GPS-трекер дуже точно показує місцезнаходження тракторного агрегату.

Згідно їхніх досліджень, витрата палива тракторами типу Т-40М та їх модифікаціями з напівпричепом 1ПТС-2

при транспортуванні вантажів IV класу (тобто в напівпричепі вантажу буде менше 1 т) по дорогах II-ї групи складає 4,3 кг/год. Ті ж трактори з причепами 2ПТС-4, при тих же умовах перевозять вантажів у 2 рази більше, витрачаючи при цьому 4,9 кг/год. Таким чином, незважаючи на зростання продуктивності транспортування в 2 рази, витрати палива зросли лише на 12 % за рейс.

Інший цікавий випадок. Витрати палива тракторами типу Т-150К з причепом 3ПТС-12 при перевезеннях вантажів IV-го класу (тобто в причепі в сукупності вантажу менше 6 т) по дорогах II-ї групи складає 20,2 кг/год. Той же трактор, але вже у зчепі із причепа 3ПТС-12 і напівпричепи 1ПТС-9, в тих же умовах перевозить вантажів на 75 % більше, витрачаючи при цьому 20,6 кг/год. Тобто, витрата палива зросла лише на 8 % за рейс. Ці дослідження лише підкреслюють незнання і недовіру сучасних керівників до використання тракторних транспортних агрегатів до відстанях, більших від рекомендованих у різних виданнях.

Тепер щодо правил та принципів формування причіпного складу тракторних потягів. Візьмемо, наприклад, класичний варіант тракторного потягу у складі трактора МТЗ-82 (повна маса близько 4 т) і причепа 2ПТС-6 (повна маса 9 т). Цей потяг використовується на всіх типах доріг. Повна маса причепа в два рази більша від маси трактора і є граничною при перевезеннях вантажів II і I класів. Але при перевезеннях вантажів III і IV класів зчепом із двох причепів 2ПТС-4 (споряджена маса 1,8 т) не перевищується повна вага зчіпки у 9 т. Це також дозволяє користуватися всіма видами доріг. До речі, при перевезеннях вантажів III-го і IV-го класів можна використати зчеп із напівпричепи ППТС-5 (споряджена маса 1,83 т) і 2ПТС-4 (споряджена маса 1,8 т), який не перевищує повну масу в 10 т. Такий тракторний потяг може використовуватися на всіх видах доріг, так як напівпричіп ППТС-5 довантажує задню вісь трактора, підвищуючи при цьому його тягові властивості.

Можна привести ще один класичний приклад тракторного потягу у складі трактора К-701 (повна маса 15 т)

і зчепу у складі напівпричепи 1ПТС-9 (повна маса 14,5 т) і причепа 3ПТС-12 (повна маса 18 т). Повна маса такого зчепу складає 32,5 т. В той же час потяг у складі трактора К-701 (повна маса 15 т) у зчепі із двовісним ОЗТП-8573 (1ПТС-9 повна маса 14,5 т) і тривісним ОЗТП-8572-19 (повна маса 19 т) причепами має повну масу в 33,5 т. Керувати такими тракторними потягами буде дуже складно і небезпечно навіть після того як вони зрушать з місця.

Таким чином, повна вага тракторного зчепу, який використовується на всіх видах доріг, може бути у два рази більшою від власної ваги трактора. При цьому необхідно обов'язково використовувати гальмівні системи причепів. Більш того, повна вага зчепу, що використовується на дорогах I-ї групи, може бути в 2,5-3 рази більшою від власної ваги трактора. Можливий і інший варіант – при перевезеннях вантажів III-го і IV-го класів повна вага такого зчепу зменшиться, що в свою чергу дозволить використовувати його на всіх типах доріг.

Як відомо із різних наукових і періодичних джерел оптимальне співвідношення кількості тракторів і сільськогосподарських машин 1:3 (Ilchenko et al., 1993). Тобто, на одну гривню вартості тракторів необхідно мати три гривні вартості сільськогосподарських машин. Що стосується тракторних причепів, то як стверджують практики, найкращий варіант – це мати три причепа до двох тракторів (Traktory ..., 1991). Це не обов'язково причепа з універсальною самоскидною бортовою платформою. Це також і спеціалізовані причепа, до яких відносяться розкидачі для різних видів добрив, роздавачі кормів, причепа-цистерни для транспортування рідин, бочки-асенізатори, худобовози, причепа для транспортування паків або рулонів сіна чи соломи (рис. 2).

Використання спеціалізованих причепів відрізняється від використання універсальних насамперед меншими затратами при виконанні робіт. Такі причепа не використовуються щоденно, а тільки для виконання конкретної роботи. Хоча спеціалізація і ускладнює конструкцію агрегату, однак їх використання допомагає механізувати і прискорити відповідний технологічний процес.



Рис. 2. Причіп-тюковіз самонавантажувальний ПТ-24



**Обговорення.** Під час використання в господарстві причепів та напівпричепів слід чітко уявити, що їх доцільно купувати у одного, бажано відомого, виробника при однаковій конструкції універсальної вантажної платформи, гідравліки, коліс, гуми. Це значно скоротить номенклатуру запасних частин та комплектуючих при ремонті.

Якщо в господарстві використовуються автомобілі-самоскиди марки ГАЗ-53Б, ГАЗ-САЗ-4509 з причепами ГКБ-8536, або автомобілі самоскиди ЗИЛ-4331 з причепами ГКБ-8530, то ці причепа можна також агрегувати з універсально-просапними тракторами типу МТЗ-80/82. Це значно скоротить номенклатуру запасних частин і витратних матеріалів при ремонті. Крім того, за необхідності гуму із цих вантажівок і причепів можна встановлювати на передні колеса тракторів марки МТЗ-82.

Подекуди в аграрних підприємствах використовують автомобілі-самоскиди типу КамАЗ-55102, або навіть автомобілі-самоскиди УРАЛ-5557 з причепами типу ГКБ-8551. Такі самоскидні причепа доцільно також агрегувати з тракторами типу МТЗ-1221. Це також в свою чергу значно скоротить номенклатуру запасних частин і комплектуючих при технічному обслуговуванні і ремонті.

Звичайно, такі поради можна як виконувати, так і не робити цього, але збільшення ефективності та тривалості використання причіпного складу автомобільного парку збільшить можливості тракторного парку, зменшить його простої і вартість транспортних робіт.

Під час підготовки матеріалів для цієї публікації з'ясувався ще оди цікавий факт по визначенню потреби

в тракторних причепах. Як відомо із різних літературних джерел (Fryshev et al., 2010), річну потребу в причепах для тракторів визначають діленням обсягів перевезень в тонах, які припадають на даний вид транспорту, на річну продуктивність причепів із розрахунку на тону їх вантажності. Відповідно до конкретних умов господарства, рівень приведеної продуктивності знаходиться в межах 380...420 т (Melnyk et al., 2000). Згідно рекомендацій наукових установ, що працювали ще в колишньому СРСР, на 1000 га сільськогосподарських угідь лісостепової зони України потреба в тракторних причепах становила 11,4 одиниць (Melnyk et al., 2000) без уточнення марок і вантажності. В той же час потребу в гужовому транспорті визначали виходячи з того, що за календарний рік кінь з повозкою зможе перевезти відповідно 390...420 т (Melnyk et al., 2000) різноманітних вантажів.

**Висновки.** Логістика транспорту аграрних підприємств базується на використанні різних типів транспортних засобів, так як доводиться переміщати різні типи вантажів із різним фізико-механічним складом. Близько 70 % вантажів транспортується автомобілями. Великі обсяги перевезень приходяться на вантажі 3-го і 4-го класів. Це в свою чергу потребує переобладнання кузовів автомобілів, щоб підвищити ефективність їх використання. Щоб збільшити показники функціонування транспорту, доцільно більш активніше залучати тракторні транспортні агрегати в логістику перевезень вантажів з малою питомою щільністю. В подальшому це призведе до вдосконалення логістики аграрних підприємств і перерозподілу потоків вантажів в середині господарства.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Burlay O. I., Verhun M. H., & Kotelyanets V. I. (1993). Orhanizatsiya perevezennya vantazhiv u silskomu hospodarstvi [Organization of cargo transportation in agriculture]. Zhytomyr, 162 p. (in Ukrainian).
2. Buzovskyy Ye. A., & Vasylenko V. H. (1989). Vysokoefektyvne vykorystannya transportu APK [Highly efficient use of agricultural machinery transport]. Kyiv, 144 p. (in Ukrainian).
3. Ekspluatatsiya mashynno-traktornoho parku v aharnomu vyrobnytstvi / [V. Yu. Ilchenko, P. I. Karasov, A. S. Limont ta in.]; za red. V. Yu. Ilchenka. (1993). [Operation of the machine and tractor fleet in agricultural production]. Kyiv, Urozhay. 288 p. (in Ukrainian).
4. Fryshev S. H. Melnyk I. I., & Bondar S. M.: za red. prof. S. H. Frysheva. (2007). Zahalnyy kurs transportu: navch. posibnyk [General course of transport: education. manual]. Nizhyn. 62 p. (in Ukrainian).
5. Fryshev S. H., Dokunikhin V. Z., & Kozupytysya S. I. (2010). Transportnyy protses v APK: Posibnyk dlya samostiynoy roboty studentiv [Transport process in the agricultural sector: A guide for students' independent work]. Kyiv. 460 p. (in Ukrainian).
6. Herelytsya R. O. (2008). Ekolohichnyy faktor v transportniy lohistytsi APK [Ecological factor in transport logistics of the agricultural sector]. Aktualni problemy suchasnoyi nauky: materialy 5-oyi Vseukr. internet-konf. Kyiv. pp. 11-14. (in Ukrainian).
7. Herelytsya R. O. (2008). Osoblyvosti transportnoyi lohistyky pidpryyemstv APK [Peculiarities of transport logistics of agro-industrial complex enterprises]. Formuvannya stratehiyi rozvytku rehionalnoho APK: materialy 4-oyi mizhfakultetskoyi nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh. Zhytomyr. pp.187-189. (in Ukrainian).
8. Hutorov O. I., & Prozorova N. V. (2011). Transportna lohistyka v silskohospodarskykh pidpryyemstvakh [Transport logistics in agricultural enterprises]. Formuvannya rynkovoyi ekonomiky: zb. nauk. pr. u 2 ch. Kyiv, KNEU. pp. 139-148. (in Ukrainian).
9. Kotelyanets V. I. (1999). Transportnyy faktor v APK [Transport factor in the agricultural sector]. Kyiv. 28 p. (in Ukrainian).
10. Melnyk I. I., Babiy V. P., & Marchenko V. V. (2000). Optymizatsiya upravlinnya mashynno-traktornym parkom [Optimization of the management of the machine and tractor park]. Kyiv, NAU. 38 p. (in Ukrainian).
11. Nechyporenko K. V. (2013). Problemy rozvytku transportnoyi lohistyky silskohospodarskykh tovarovyrobnykiv [Problems of development of transport logistics of agricultural commodity producers]. Ekonomichni nauky. Seriya «Oblik i finansy». Zbirnyk naukovykh prats. Lutsk. pp. 40-46. (in Ukrainian).
12. Potapova N. A. (2010). Systemni kharakterystyky lohistyky APK [System characteristics of the logistics of agricultural industry]. Visnyk NU «Lvivska politehnika». Lviv. № 690. pp. 694-702. (in Ukrainian).

13. Spaskyy H. V. (2018). Rozvytok transportnoyi lohistyky na pidpryyemstvakh silskoho hospodarstva zakhidnykh rehioniv Ukrainy [Development of transport logistics at the agricultural enterprises of the western regions of Ukraine]. *Ekonomika APK*. № 11. pp. 65-74. (in Ukrainian).
14. Sposib reyestratsiyi ekspluatatsiynykh parametriv roboty mashynno-traktornykh ahrehativ [Method of registration of operational parameters of machine-tractor units]: pat. 129047 Ukrainina: G01D21/00. № u 2018 01450; zayavl. 14.02.2018; opubl. 25.10.2018, Byul. № 20. 6 p. (in Ukrainian).
15. Traktory dlya silskoho hospodarstva. Sytuatsiya na rynku Ukrainy ta ohlyad firm – produtsentiv traktornoj tekhniky v sviiti. (Tematychnyy dodatok). (1991). [Tractors for agriculture. The situation on the market of Ukraine and an overview of companies producing tractor equipment in the world. (Thematic application)]. *Propozytsiya*. № 11, pp. 70-80. (in Ukrainian).
16. Velychko O. P. (2015). Lohistyka v systemi menedzhmentu pidpryyemstv aharnoho sektoru ekonomiky: Monohrafiya [Logistics in the management system of enterprises in the agrarian sector of the economy: Monograph]. Dnipropetrovsk. 525 p. (in Ukrainian).
17. Verhun M. H. (2006). Problemy rozvytku silskoho transportu [Problems of the development of rural transport]. *Ekonomika APK*. №10, pp. 18-24. (in Ukrainian).
18. Verhun M. H. (2009). Transportnyy protses v APK: navch. posibnyk [Transport process in the agricultural industry: training. manual]. Zhytomyr, 192 p. (in Ukrainian).

**Yaroshenko P. M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Arendarenko V. M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

### **Use of tractor trailers in the logistics of agricultural enterprises**

*The article deals with the issue of the use of tractor vehicles in the logistics of agricultural enterprises. The limit distances for the use of tractors with trailers and semi-trailers in comparison with cars, which until recently were widely used in agriculture, were determined. An analytical expression for determining the traction resistance of a tractor train was found. The possible fuel consumption of some tractor units has been clarified. The rules and principles of the formation of tractor transport units for the transportation of goods of various classes are defined. Grounded recommendations for the use of specialized trailers for the transportation of various types of cargo.*

*A modern tractor transport unit is a highly efficient vehicle that can transport goods not only in the middle of the farm, but over short distances of up to 3...5 km. A tractor with a trailer or semi-trailer in modern conditions can effectively transport goods at distances twice as long as those stated above. This statement is based on the results of research by Ukrainian scientists. A modern tractor-trailer or semi-trailer, made of high-quality steel, has braking, hydraulic and electrical systems. It can be equipped with both autonomous loading and unloading systems. It usually has a rectangular body shape with an open, closed or semi-open top. It can transport both loose and monolithic cargoes, transport both wood and live animals. On the go, pick up rectangular or round bales of straw or hay, load them onto your platform and deliver them to the storage location. At the same time, tractor-trailers and semi-trailers have basically kept a simple and reliable design. The possibility of loading from different sides or from above and the possibility of unloading on three sides without leaving the tractor cab.*

*In the logistics of agricultural enterprises, tractor transport units had limited use. However, with the increase in the carrying capacity of trailed machinery and the improvement of methods of connection with the tractor, they began to gain more and more popularity among farmers. Tractor trains are increasingly used for mass transportation of various cargoes. They are increasingly being relied upon when harvesting grain and industrial crops. Increasingly, such transport units are included in the logistics of transporting goods with a small specific density.*

**Key words:** tractor transport unit, tipper cars, nominal load capacity, maximum distance, trailers and semi-trailers, specific resistance.