

Kateryna Vasytkovska, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mykola Kovalov**, PhD Agr. sci., **Ludmyla Molokost**, lecturer
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Technical and Technological Support of Drip Irrigation of Vegetable Crops

The article proposes a scheme of drip irrigation for growing vegetables in the backyard. In the conditions of change of climatic conditions, the question of lack of moisture sharply arises. For growing vegetables in areas of risky agriculture, irrigation is an important condition for obtaining high yields.

In order to increase the technological efficiency of growing vegetables at the department of general agriculture of the Central Ukrainian National Technical University developed a prototype of a drip irrigation system for vegetables. A series of studies was conducted to provide moisture to the site and preserve soil air exchange. With the use of conventional irrigation, possible negative consequences in the form of soil flooding, the root system of plants is not able to develop evenly and is deficient in oxygen. The calculation and the scheme of drip irrigation of tape type are offered. In the proposed design for drip irrigation of the area under vegetable crops used a container with water to provide a small constant water pressure in the strips. This made it possible to water as needed, as well as to use a solution tank to feed the plants, protect them from stress, improve development and increase yields. The use of drip splicing allowed the first fruits to appear a decade earlier and increase yields by 25-50%. The use of drip tape irrigation system on the experimental plots allowed to increase the quantity and quality of tomato harvest. Also, the use of drip irrigation allowed to maintain the optimal water-physical regime in the root layer of the soil, which created the conditions for a better harvest.

Thus, with the change of climatic situation, most of the Kirovohrad region was looking for in the zone of risky agriculture. Drip irrigation has an almost universal application, is effective in intensive technologies for growing crops and ornamental crops, as well as in garden areas, when the condition of the plant largely depends on the accuracy of maintaining the humidity and nutrition of plants.

changing climatic conditions, drip irrigation, vegetable crops, watering tape, soil

Одержано (Received) 29.10.2020

Прорецензовано (Reviewed) 05.11.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020

УДК 631.333:631.172

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.41-51>

А.С. Лімонт, доц., канд. техн. наук

Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна

e-mail: andrespartak@ukr.net

З.А. Лімонт, студ.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна

Вантажопідйомність і споживана потужність кузовних машин для внесення твердих органічних добрив

Мета дослідження полягала у з'ясуванні споживаної потужності кузовними машинами для внесення твердих органічних добрив виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу та компаніями «Strautmann» і «KUHН» залежно від вантажопідйомності машин та пошуку якісно-кількісних зв'язків питомої потужності машин і їх вантажопідйомності. В якості питомої потужності прийнято відношення споживаної потужності до вантажопідйомності аналізованих машин.

Залежно від вантажопідйомності машин споживана ними потужність з урахуванням заводів-виробників збільшується за прискорено зростаючими степеневими функціями і прямою з додатним кутовим коефіцієнтом. Питома потужність машин із збільшенням їх вантажопідйомності зменшується за гіперболічними кривими і прямою з від'ємним кутовим коефіцієнтом.

кузовні машини для внесення твердих органічних добрив, виробники машин, вантажопідйомність, споживана потужність, питома потужність, рівняння регресії

© А.С. Лімонт, З.А. Лімонт, 2020

А.С. Лимонт, доц., канд. техн. наук

Житомирський агротехнічний коледж, г. Житомир, Україна

З.А. Лимонт, студ.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, г. Дніпр, Україна

Грузоподъемность и потребляемая мощность кузовных машин для внесения твердых органических удобрений

Цель исследования состояла в определении потребляемой мощности кузовными машинами для внесения твердых органических удобрений производства предприятиями на территории бывшего Советского Союза, компаниями «Strautmann» и «KUH» в зависимости от грузоподъемности машин и поиске качественно-количественных связей удельной мощности машин и их грузоподъемности. В качестве удельной мощности принято отношение потребляемой мощности к грузоподъемности анализируемых машин.

В зависимости от грузоподъемности машин потребляемая ими мощность с учетом заводоизготовителей увеличивается по ускоренно-возрастающим степенным функциям и прямой с положительным угловым коэффициентом. Удельная мощность машин с увеличением их грузоподъемности уменьшается по гиперболическим кривым и прямой с отрицательным угловым коэффициентом.

кузовные машины для внесения твердых органических удобрений, изготовители машин, грузоподъемность, потребляемая мощность, удельная мощность, уравнения регрессии

Постановка проблеми. Удобрення ґрунту, як фактора урожайності і якості сільськогосподарських культур та якості виготовленої продукції в результаті переробки урожаю, здійснюють і твердими органічними добривами (ТОД), нанесенні яких поряд з іншими використовують кузовні машини [1, 2]. Проте в проблемі конструювання, виробництва та експлуатації таких машин поки що є ще ціла низка нез'ясованих питань. Про деякі з цих питань піде мова в представленій роботі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Машинно-тракторні агрегати (МТА) у складі з кузовними машинами для внесення ТОД відносять до тягово-приводних, в яких потужність тракторного двигуна витрачається на самопересування трактора і роботу машин. В основі розрахунків з комплектування МТА і обґрунтування режимів його використання лежить необхідна (споживана) потужність для роботи машин з внесення ТОД [3, 4]. Потужність для роботи машин включає потужність на привод робочих органів від вала відбору потужності (ВВП) трактора та тягу машин [5, 6]. Робочими органами машин з внесення ТОД є живильний (подавальний) транспортер (конвейер) і розкидальні барабани [7]. Передумови і елементи розрахунку потужності для привода подавального транспортера висвітлені в роботах [6, 7, 8], а для привода розкидальних барабанів в [5–7 і 9–12].

В літературних джерелах зустрічаємо інформацію про питому витрату потужності на привод робочих органів машин від ВВП трактора. Так, за даними [13] ця потужність коливається в межах 3,1–7,2 кВт на 1 м ширини захвату, а за даними [14] стосовно машини ПРТ-10 приймає значення від 4 до 6 кВт/м. За технічною характеристикою машин більшої їх кількості ширина внесення ТОД коливається в межах 6–8 м, але є машини, що мають більшу ширину внесення – 8–12 м (РТД-9) і 10–12 м (МТО-12) та з меншою шириною розподілу в межах 4–8 м (РОУ-6) і 5 м (РТО-4). Ширина розкидання добрив розкидачами фірми «Hesston» коливається в межах 2,7–3,2 м. При цьому габаритна ширина більшості розкидачів ТОД становить 2,5 м, а довжина горизонтально розміщених розкидальних барабанів деяких кузовних машин коливається в межах 1670–2100 мм і 2700 мм (РПН-4). Внутрішня ширина кузова окремих моделей машин компанії «Strautmann» становить, наприклад, 1800 мм та 1930 і 2200 мм. Вважаємо доцільнішим і методично коректнішим споживану $N_{од}$ і питому $N_{пп}$ потужність машин аналізувати залежно від їх вантажопідйомності q_n (т), оскільки остання у переважній більшості марок кузовних машин коливається в межах 2–24 і

доходить до 34 т, що значно перевищує мінливість робочої ширини розкидання добрив.

Постановка завдання. Таким чином, метою дослідження є поліпшення технологічного процесу внесення твердих органічних добрив кузовними машинами шляхом удосконалення методики проектування їх комплектування з урахуванням споживаної потужності. *Завдання дослідження:* 1) охарактеризувати розподіли вантажопідйомності машин для внесення твердих органічних добрив різних виробників; 2) зібрати і опрацювати інформацію про витрату потужності на привод робочих органів машин від ВВП трактора та роботу машин; 3) розрахувати питому потужність на привод робочих органів машин від ВВП трактора та роботу машин; 4) з'ясувати кореляційні зв'язки між споживаною і питомою потужністю на привод робочих органів від ВВП трактора та роботу машин як результативними ознаками і їх вантажопідйомністю як факторіальною; 5) дослідити кількісні зв'язки між результативними і факторіальною ознаками та відшукати модельні лінії регресії результативних ознак на факторіальну.

Об'єкти і методика дослідження. Об'єктами дослідження були кузовні машини для внесення ТОД виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу та компаній «Strautmann» і «KUNN». Інформацію про вантажопідйомність машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу вибирали з відповідних Каталогів сільськогосподарської техніки. Щодо машин виробництва компаніями «Strautmann» і «KUNN», то тут були використані проспекти відповідних розкидачів добрив [15] та Каталог техніки компанії «KUNN» [16]. Вантажопідйомність розкидачів добрив виробництва компаніями «Strautmann» і «KUNN» з'ясована з урахуванням інформації про допустиму загальну вагу машин та їх максимальне завантаження в кг.

Дані про витрату потужності на привод робочих органів від ВВП трактора кузовних машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу вибирали із джерел [10, 17, 18]. Наведену в технічних описах розкидачів добрив виробництва компаніями «Strautmann» і «KUNN» інформацію про мінімальну потужність для роботи відповідних машин розглядали як споживану машинами потужність при внесенні ТОД. Питому потужність визначали як частку від ділення споживаної потужності на вантажопідйомність машини.

Обробка зібраних і розрахованих даних здійснена на засадах кореляційно-регресійного аналізу та з використанням стандартних комп'ютерних програм. Пошук відповідних модельних рівнянь регресії результативних ознак на факторіальну здійснено за R^2 -коефіцієнтом шляхом вирівнювання «експериментальних» значень результативних ознак залежно від факторіальної за прямолінійними залежностями та гіперболами, степеневими, логарифмічними, експоненціальними і показниковими кривими.

Виклад основного матеріалу. Результати кореляційного аналізу досліджуваних зв'язків наведені в табл. 1. В цій же таблиці з використанням обчислених середніх квадратичних відхилень результативних ознак і визначених відповідних показників кореляційного зв'язку наведені значення помилок опрацьованих рівнянь регресії та коефіцієнти детермінації, що визначають і характеризують силу впливу факторіальної ознаки на досліджувані результативні.

Таблиця 1 – Показники кореляційного зв'язку між споживаною та питомою потужністю машин для внесення твердих органічних добрив різних виробників і вантажопідйомністю машин та помилки рівнянь регресії і коефіцієнти детермінації

Підприємства-виробники машин	Коефіцієнт кореляції r	Кореляційне відношення η	Помилка рівняння регресії S_y	Коефіцієнт детермінації k_d
Споживана потужність				
Що розміщені на теренах колишнього Радянського Союзу	0,560	0,877	7,76	0,770
Компанії «Strautmann»	0,963	0,961	8,21	0,927
Компанії «KUNH»	0,919	0,944	10,5	0,891
Питома потужність				
Що розміщені на теренах колишнього Радянського Союзу	-0,547	0,756	0,79	0,571
Компанії «Strautmann»	-0,530	0,542	0,60	0,281
Компанії «KUNH»	-0,564	0,725	0,89	0,526

Джерело: розроблено авторами

Додатні значення коефіцієнтів кореляції в досліджуваних парних статистичних зв'язках свідчать про підвищення споживаної потужності машинами із збільшенням їх вантажопідйомності, а від'ємні – є ознакою зниження питомої потужності машин в міру підвищення їх вантажопідйомності. Перевищення кореляційних відношень над коефіцієнтами кореляції в деяких парних зв'язках спонукає до з'ясування та уточнення характеру відповідних зв'язків. Це з'ясування і уточнення здійснені шляхом апроксимації кількісної зміни результативних ознак залежно від факторіальної відповідними рівняннями прямої і криволінійної регресії.

За R^2 -коефіцієнтом найкраще наближення зібраних статистичних і вирівняних значень $N_{од}$ (кВт) забезпечила апроксимація статистичних даних споживаної потужності на привод робочих органів від ВВП трактора машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу залежно від q_n (т) рівнянням прискорено зростаючої степеневі функції ($R^2=0,770$). У разі апроксимації досліджуваної зміни рівняннями експоненти і показникової кривої R^2 -коефіцієнт приймав значення 0,756. Якщо ж зміну $N_{од}$ залежно від q_n машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу подати рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом, то таку зміну оцінює R^2 -коефіцієнт, що дорівнює 0,709. За апроксимації зміни $N_{од}$ залежно від q_n рівнянням логарифмічної кривої $R^2=0,670$. Рівняння степеневі кривої має вигляд:

$$N_{од} = 5,573 q_n^{0,681} \quad (1)$$

$$\text{при } r = 0,560; \eta = 0,877; R^2 = 0,770; S_y = 7,76 \text{ і } k_d = 0,770 ,$$

а прямої –

$$N_{од} = 6,726 + 1,983 q_n . \quad (2)$$

З рівняння (2) прямої зміни $N_{од}$ залежно від q_n за значенням кутового коефіцієнта рівняння регресії впливає, що з підвищенням вантажопідйомності машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу на 1 т за її зміни від 2 до 24 т споживана потужність зростає майже на 2 кВт. На рис. 1 наведені кореляційне поле значень $N_{од}$ і q_n та модельна лінія (крива 1) степеневі регресії $N_{од}$ на q_n , що побудована за рівнянням (1).

З графіка модельної лінії регресії простежується, що із підвищенням вантажопідйомності машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу від 2 до 10 т потужність на привод робочих органів від ВВП трактора зростає майже прямолінійно, а з подальшим підвищенням вантажопідйомності від 10 до 15 т і далі до 24 т темп зростання $N_{од}$ збільшується більш прискорено з показником степеня при аргументі (вантажопідйомності), що більший від нуля, але менший від одиниці.

Апроксимація зібраних статистичних даних про споживану потужність машин для внесення ТОД компанії «Strautmann» залежно від вантажопідйомності машин рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом та зростаючими степеневою, логарифмічною, експоненціальною та показниковою кривими показала, що за R^2 -коефіцієнтом найкраще вирівнювання забезпечує рівняння прямої, за якого R^2 -коефіцієнт приймав значення 0,928. З криволінійних функцій допустимо апроксимувати зміну $N_{од}$ залежно від q_n рівнянням прискорено зростаючої степеневої функції, яка забезпечує значення R^2 -коефіцієнта, що дорівнює 0,924. При цьому показник степеня при незалежній змінній (вантажопідйомності машини), становив 0,961, а сталий коефіцієнт рівняння дорівнював 6,69 кВт. Рівняння прямолінійної зміни $N_{од}$ залежно від q_n має вигляд:

$$N_{од} = 8,48 + 5,228 q_n. \quad (3)$$

З рівняння (3) за значенням кутового коефіцієнта підвищення вантажопідйомності машин виробництва компанією «Strautmann» на 1 т при її зміні від 5,8 до 34 т викликає збільшення споживаної потужності майже на 5,25 кВт. Модельна лінія прямолінійної регресії $N_{од}$ на q_n наведена на рис. 1.

Вантажопідйомність досліджуваних машин для внесення ТОД виробництва компанією «KUNN» коливалася від 4,5 до 22,7 т, а споживана ними потужність змінювалася в межах 44–165 кВт. Вирівнювання зібраних статистичних даних про споживану потужність залежно від вантажопідйомності машин здійснено за прямою з додатним кутовим коефіцієнтом ($R^2=0,844$) та криволінійними залежностями – степеневою ($R^2=0,853$), експоненціальною і показниковою ($R^2=0,891$) та логарифмічною ($R^2=0,776$) і гіперболою ($R^2=0,690$). З аналізованих залежностей найкраще вирівнювання за R^2 -коефіцієнтом забезпечила апроксимація статистичних даних про споживану потужність рівнянням прискорено зростаючої експоненти вигляду:

$$N_{од} = 35,290 \exp(0,068 q_n) \quad (4)$$

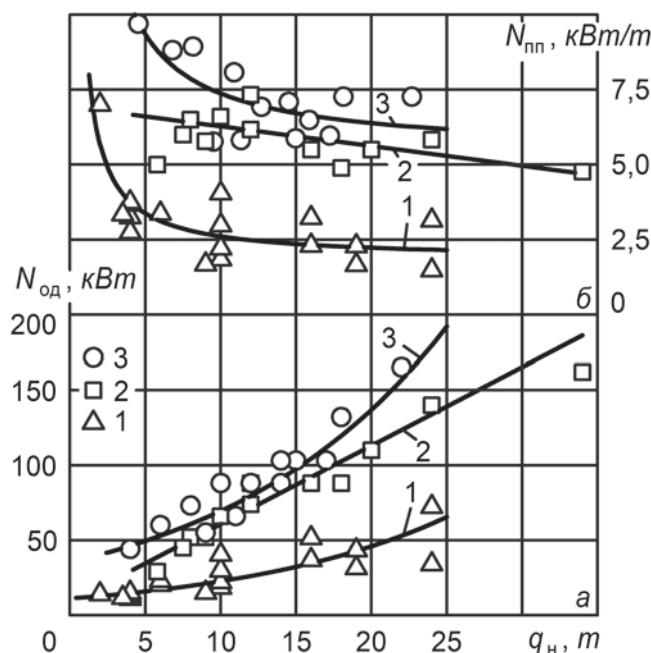
при $r = 0,919$; $\eta = 0,944$; $R^2 = 0,891$; $S_y = 10,5$ кВт і $k_d = 0,891$.

Графік прискорено зростаючої експоненти, що побудований за залежністю (4), наведений на рис. 1. З графічного подання рівняння (4) виразно простежується характер прискорено зростаючої зміни споживаної потужності машинами для внесення ТОД виробництва компанією «KUNN» з підвищенням їх вантажопідйомності. З підвищенням вантажопідйомності машин від 4,5 до 22,7 т (у 5 разів) споживана ними потужність зростає від 44 до 165 кВт (у 3,75 раза).

З рівняння прямолінійної зміни споживаної потужності залежно від вантажопідйомності машин, що має вигляд

$$N_{од} = 14,60 + 5,922 q_n, \quad (5)$$

за кутовим коефіцієнтом рівняння регресії підвищення вантажопідйомності машин виробництва компанією «KUNH» на 1 т призводить до збільшення споживаної потужності майже на 6 кВт.



1 – машини виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу; 2 – машини виробництва компанією «Strautmann»; 3 – машини виробництва компанією «KUNH»

Рисунок 1 – Зміна споживаної $N_{од}$ (а) і питомої $N_{пп}$ (б) потужності на привод робочих органів від ВВП трактора (1) та споживаної $N_{од}$ (а) і питомої $N_{пп}$ (б) потужності на роботу машин (2, 3) для внесення твердих органічних добрив залежно від вантажопідйомності q_n машин

Джерело: розроблено авторами

Питома потужність досліджуваних машин з внесення ТОД на привод робочих органів від ВВП трактора виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу коливалася в межах від 1,48 до 7,0 кВт/т. У разі вирівнювання цієї потужності залежно від вантажопідйомності машин за прямою з від'ємним кутовим коефіцієнтом R^2 -коефіцієнт дорівнював 0,281, за експонентою і показниковою кривою – 0,322, логарифмічною і степеневою функцією відповідно 0,410 і 0,411 та гіперболою – 0,571. З досліджуваних апроксимуючих залежностей найкраще наближення до статистичних даних про питому потужність забезпечило вирівнювання за спадною гіперболою вигляду:

$$N_{пп} = 1,847 + 7,633 / q_n \quad (6)$$

при $r = -0,547$; $\eta = 0,756$; $R^2 = 0,571$; $S_y = 0,79$ і $k_d = 0,571$.

Графік зміни питомої потужності машин для внесення ТОД виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу, що побудований за залежністю (6), наведений на рис. 1. З рисунка видно, що найбільш інтенсивно зменшується питома потужність при підвищенні вантажопідйомності машин від 2 до 10 т. З підвищенням вантажопідйомності від 10 до 15 т інтенсивність зменшення питомої потужності дещо уповільнюється, а з подальшим підвищенням вантажопідйомності від

15 до 20 т і далі значно уповільнюється, сягаючи відповідного асимптотичного значення. Таке значення питомої потужності дорівнює вільному члену рівняння гіперболи (6), що являє його асимптоту, яка становить близько 2,0 кВт/т.

З рівняння прямолінійної зміни питомої потужності аналізованих машин залежно від їх вантажопідйомності, що має вигляд

$$N_{\text{пп}} = 4,02 - 0,093 q_n, \quad (7)$$

за значенням кутового коефіцієнта рівняння регресії підвищення вантажопідйомності машин на 1 т супроводжується зниженням питомої потужності майже на 0,1 кВт/т.

Дослідження питомої потужності машин для внесення ТОД виробництва компанією «Strautmann» показали, що стосовно цих машин питома потужність коливалася в межах 4,63–7,33 кВт/т. Якщо апроксимувати зміну питомої потужності машин залежно від їх вантажопідйомності рівнянням прямої з від'ємним значенням кутового коефіцієнта, то за такої апроксимації R^2 -коефіцієнт дорівнює 0,281. Якщо ж досліджувану зміну апроксимувати рівнянням спадної гіперболи, то R^2 -коефіцієнт дорівнюватиме 0,222. За апроксимації зміни $N_{\text{пп}}$ залежно від q_n рівняннями прискорено спадних степеневі і логарифмічної функції R^2 -коефіцієнт, що оцінює вірогідність апроксимації, приймає значення відповідно 0,283 і 0,266. При цьому в площині рисунка криві гіперболи та степеневі і логарифмічної функцій зрушуються відповідно униз до координатної осі вантажопідйомності та ліворуч ближче до координатної осі питомої потужності. У разі вирівнювання статистичних даних про питому потужність машин виробництва підприємствами компанії «Strautmann» залежно від їх вантажопідйомності рівняннями спадних експоненти і показникової функції R^2 -коефіцієнт приймав найбільше значення і становив 0,294. У графічному поданні модельні лінії регресії за експоненціальною і показниковою функціями накладаються на прямолінійну зміну $N_{\text{пп}}$ залежно від q_n . Враховуючи викладене, вважаємо можливим зміну $N_{\text{пп}}$ залежно від q_n прогнозувати за рівнянням прямої з від'ємним значенням кутового коефіцієнта вигляду

$$N_{\text{пп}} = 6,94 - 0,066 q_n \quad (8)$$

$$\text{при } r = -0,530; \eta = 0,542; R^2 = 0,281; S_y = 0,60 \text{ і } k_d = 0,281.$$

Кореляційне поле значень $N_{\text{пп}}$ і q_n та модельна лінія прямолінійної регресії $N_{\text{пп}}$ на q_n машин для внесення ТОД виробництва компанією «Strautmann», що побудована за рівнянням (8), наведені на рис. 1. За значенням кутового коефіцієнта рівняння регресії (8) з підвищенням вантажопідйомності машин на 1 т їх питома потужність зменшується майже на 0,07 кВт/т.

Якщо ж зміну питомої потужності машин залежно від їх вантажопідйомності подати рівнянням логарифмічної функції та степеневі залежності і гіперболи вигляду $N_{\text{пп}} = 5,18 + 10,26/q_n$, то найбільш інтенсивно зменшується питома потужність при підвищенні вантажопідйомності машин до 10 т, а з подальшим підвищенням вантажопідйомності зниження питомої потужності значно уповільнюється, сягаючи відповідного граничного значення. Така питома потужність з рівняння гіперболи за його асимптотою становить 5,18 кВт/т. Наближена до цього асимптотичного значення питома потужність властива машинам, що мають вантажопідйомність, яка перевищує 15 т. Наприклад, за розрахунками питома потужність машини VS1605, що має вантажопідйомність 17 т, становить 5,17 кВт/т. До машин, що мають незначно відмінні q_n і $N_{\text{пп}}$, можна віднести і машини VS1603, MS1401, VS2003 та ін.

Аналізовані машини для внесення ТОД виробництва компанією «KUNN» мали питому потужність, що коливалася в межах 5,77–9,70 кВт/т. Середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення розподілу питомої потужності машин компанії «KUNN» дещо перевищували аналогічні статистичні показники, що властиві розподілу питомої потужності машин виробництва компанією «Strautmann».

Вирівнювання статистичних даних про питому потужність машин для внесення ТОД виробництва компанією «KUNN» залежно від їх вантажопідйомності за рівнянням прямої з від'ємним значенням кутового коефіцієнта забезпечило одержання R^2 -коефіцієнта, що дорівнював 0,287. В одержаному рівнянні вільний член дорівнював 9,14 кВт/т, а кутовий коефіцієнт при регресорі (вантажопідйомності машини) становив мінус 0,148 кВт/т². За значенням кутового коефіцієнта прямолінійної регресії питомої потужності на вантажопідйомність машин підвищення останньої на 1 т супроводжується зменшенням питомої потужності майже на 0,15 кВт/т.

Більш вирогідним є вирівнювання статистичних даних про питому потужність машин компанії «KUNN» залежно від їх вантажопідйомності рівнянням спадної степеневі функції, за якої R^2 -коефіцієнт дорівнював 0,377. Така апроксимація свідчила, що з підвищенням вантажопідйомності машин інтенсивність уповільнення зниження їх питомої потужності зменшується і питома потужність може сягати відповідного граничного значення.

Граничне зменшення питомої потужності досліджуваних машин можна відшукати за асимптотою рівняння гіперболи. Апроксимація статистичних даних про питому потужність машин компанії «KUNN» залежно від їх вантажопідйомності за рівнянням спадної гіперболи показала, що за такого вирівнювання одержано найбільше значення R^2 -коефіцієнта, який у цьому випадку дорівнював 0,526.

Рівняння гіперболічної зміни питомої потужності $N_{\text{пп}}$ (кВт/т) машин для внесення ТОД виробництва компанією «KUNN» залежно від їх вантажопідйомності q_n (т) має вигляд:

$$N_{\text{пп}} = 5,397 + 19,735 / q_n \quad (9)$$

$$\text{при } r = -0,564; \eta = 0,725; R^2 = 0,526; S_y = 0,89 \text{ кВт/т і } k_d = 0,526.$$

Кореляційне поле значень $N_{\text{пп}}$ і q_n аналізованих машин компанії «KUNN» та графік зміни $N_{\text{пп}}$ залежно від q_n , що побудований за рівнянням (9), наведені на рис. 1. Найбільш інтенсивно знижується питома потужність машин при підвищенні їх вантажопідйомності від 4,5 до 10 т, з подальшим підвищенням вантажопідйомності від 10 до 15 т темп зниження питомої потужності дещо уповільнюється, а підвищення вантажопідйомності машин понад 15 т супроводжується подальшим зниженням їх питомої потужності до асимптотичного значення, що становить близько 5,4 кВт/т.

Висновки. Між споживаною потужністю машин для внесення твердих органічних добрив різних виробників і їх вантажопідйомністю виявлений додатний кореляційний зв'язок з коефіцієнтами кореляції в межах 0,560–0,963 за кореляційних відношень, що змінювалися від 0,877 до 0,961. Між питомою потужністю машин і їх вантажопідйомністю відшуканий від'ємний кореляційний зв'язок з коефіцієнтами кореляції від мінус 0,530 до мінус 0,564 за кореляційних відношень, що коливалися від 0,542 до 0,756. За коефіцієнтами детермінації із сукупного впливу різних факторів, що причинно зумовлюють споживану і питому потужність машин для внесення твердих органічних добрив, на вантажопідйомність цих машин припадає відповідно 77–93 і 28–57% варіації з урахуванням підприємств-виробників машин.

Залежно від вантажопідйомності машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу зміна споживаної потужності на привод робочих органів від ВВП трактора описується рівнянням прискорено зростаючої степеневі функції. Зміна споживаної потужності для роботи машин виробництва компанією «Strautmann» залежно від вантажопідйомності машин описується рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом, а для роботи машин виробництва компанією «KUNN» – рівнянням прискорено зростаючої експоненти.

Зміна питомої потужності на привод робочих органів від ВВП трактора машин виробництва підприємствами на теренах колишнього Радянського Союзу залежно від вантажопідйомності машин описується рівнянням спадної гіперболи. Зміна питомої потужності на роботу машин виробництва компанією «Strautmann» залежно від вантажопідйомності машин описується рівнянням прямої з від'ємним значенням кутового коефіцієнта. Стосовно машин виробництва компанією «KUNN» така зміна описується рівнянням спадної гіперболи.

Помилки визначених рівнянь регресії споживаної потужності машин для внесення ТОД з урахуванням виробників цих машин приймали значення в межах 7,76–10,50 кВт, а помилки рівнянь питомої потужності коливалися від 0,60 до 0,89 кВт/т.

З'ясовані залежності можуть бути використані і при підготовці відповідних фахівців у вищих навчальних закладах.

Напрямок подальших досліджень на нашу думку варто спрямувати на пошук і з'ясування зв'язків між масою кузовних машин з внесенням ТОД та їх габаритними розмірами з одного боку і вантажопідйомністю машин з іншого.

Список літератури

1. Машини для внесения удобрений / В.И. Александров и др. *Справочник конструктора сельскохозяйственных машин*: в 4 т.; под ред. М.И. Клецкина. Т. 2. Москва: Машиностроение, 1967. С. 369–422.
2. Кругляков М.Л. Машини для внесения удобрений. Навозоразбрасыватели. *Справочник конструктора сельскохозяйственных машин*: в 2 т.; под ред. А.В. Красниченко. Т. 2. Москва: Машгиз, 1961. С. 255–259.
3. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / Ільченко В.Ю. та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. Київ: Урожай, 1993. 288 с.
4. Практикум із машиновикористання в рослинництві / Лімонт А.С. та ін.; за ред. І.І. Мельника. Київ: Кондор, 2004. 284 с.
5. Якубаускас В.И. Технологические основы механизированного внесения удобрений. Москва: Колос, 1973. 231 с.
6. Марченко Н.М., Личман Г.И., Шебалкин А.Е. Механизация внесения органических удобрений (Технологические основы проектирования процессов и рабочих органов). Москва: Агропромиздат, 1990. 207 с.
7. Машини и оборудование для производства и внесения органических удобрений: конструирование и расчет / Линник Н.К. и др.; под ред. Л.В. Погорелого. Киев: Техника, 1992. 103 с.
8. Павловский И.В. Основы проектирования машин для внесения удобрений в почву. Москва: Машиностроение, 1965. 214 с.
9. Озол Я.Г. Выбор оптимальных параметров навозоразбрасывателей. *Тракторы и сельхозмашины*. 1965. № 4. С. 20–22.
10. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка / Фере Н.Э., Бубнов В.З., Еленев А.В., Пильщиков Л.М. Москва: Колос, 1978. 256 с.
11. Переходько О.Я., Ярошук В.А. Обґрунтування раціональної ширини внесення твердих органічних добрив кузовними розкидачами. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Київ: Урожай, 1992. Вип. 75. С. 70–74.
12. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: машини для приготування і внесення добрив. Харків: Око, 2002. Т. 1. Ч. 3. 352 с.
13. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Элементы теории

- рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. Москва: Колос, 1980. 671 с.
14. Довідник сільського інженера / Гречкосій В.Д. та ін.; за ред. В.Д. Гречкосія. Київ: Урожай, 1991. 400 с.
 15. B. Strautmann & Söhne GmbH & Co. KG. Проспекти розкидачів добрив компанії. KUHN. Каталог техніки. 2018. 64 с.
 16. Справочник по скоростной сельскохозйственной технике / А.Я. Поляк и др. Москва: Колос, 1983. 287 с.
 17. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Ляхов А.П. и др.; под ред. Ю.В. Будько. Минск: Ураджай, 1991. 336 с.

References

1. Aleksandrov, V.I. et al. (1967). Fertilizer machines. *Agricultural Machinery Designer Handbook*: M.I. Kleckina (Ed.). (Vols 1 - 4; Vol. 2). Moskva: Mashinostroenie [in Russian].
2. Krugljakov, M.L. (1961). Fertilizing machines. Manure spreaders. *Agricultural Machinery Designer Handbook*. A.V. Krasnichenko (Ed.). (Vols. 1 - 2; Vol. 2). Moskva: Mashgiz [in Russian].
3. P'chenko, V.Yu. et al. (1993). *Operation of machine-tractor park in agricultural production*. V.Yu. P'chenka (Ed.). Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
4. Limont, A.S. et al. (2004). *Workshop on machine use in crop production*. I.I. Mel'nyka (Ed.). Kyiv: Kondor [in Ukrainian].
5. Jakubauskas, V.I. (1973). *Tehnologicheskie osnovy mehanizirovannogo vnesenija udobrenij [Technological bases of mechanized fertilizer application]*. Moskva: Kolos [in Russian].
6. Marchenko, N.M., Lichman, G.I. & Shebalkin, A.E. (1990). *Mehanizacija vnesenija organicheskikh udobrenij (Tehnologicheskie osnovy proektirovanija processov i rabochih organov) [Mechanization of organic fertilizer application (Technological bases of process and working bodies design)]*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
7. Linnik, N.K. et al. (1992). *Machines and equipment for the production and application of organic fertilizers: design and calculation*. L.V. Pogorelogo (Ed.). Kiev: Tjehnika [in Russian].
8. Pavlovskij, I.V. (1965). *Osnovy proektirovanija mashin dlja vnesenija udobrenij v pochvu [Fundamentals of designing machines for fertilizing the soil]*. Moskva: Mashinostroenie [in Russian].
9. Ozol, Ja.G. (1965). Vybor optimal'nyh parametrov navozorazbrasyvatelej{ Selection of optimal parameters of manure spreaders}. *Traktory i sel'hoz mashiny – Tractors and agricultural machinery*, 4, 20–22 [in Russian].
10. Fere, N.Je., Bubnov, V.Z., Elenev, A.V. & Pil'shnikov, L.M. (1978). *Posobie po jekspluatácii mashinno-traktornogo parka [Manual for the operation of the machine-tractor fleet]* Moskva: Kolos [in Russian].
11. Perehod'ko, O.Ya. & Yaroschuk, V.A. (1992). Obgruntuvannia ratsional'noi shyryny vnesennia tverdykh orhanichnykh dobryv kuzovnyimi rozkydachamy [Substantiation of the rational width of solid organic fertilizers application by body spreaders]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia sil's'kohospodarstva – Mechanization and electrification of agriculture*, Vol. 75, 70–74. [in Ukrainian].
12. Zaika, P.M. (2002). *Teoriia sil's'kohospodars'kykh mashyn: mashyny dlia pryhotuvannia i vnesennia dobryv [Theory of agricultural machines: machines for preparation and application of fertilizers]*. Kharkiv: Oko, Vol. 1, Part. 3, 352 [in Ukrainian].
13. Klenin, N.I.& Sakun, V.A. (1980). *Sel'skohozejstvennye i meliorativnye mashiny. Jelementy teorii rabochih processov, raschet regulirovochnyh parametrov i rezhimov raboty [Agricultural and reclamation machines. Elements of the theory of work processes, calculation of control parameters and operating modes]*. Moskva: Kolos [in Russian].
14. Hrechkosij, V.D. ed. al. (1991). *Handbook of rural engineer*. V.D. Hrechkosiia (Ed.). Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
15. B. Strautmann, Söhne GmbH & Co. KG. (2018). *Prospekty rozkydachiv dobryv kompanii [Brochures of the company's fertilizer spreaders]*. KUHN. Kataloh tekhniki [in Ukrainian].
16. Poljak, A.Ja. et al. (1983). *Spravochnik po skorostnoj sel'skohozejstvennoj tehnikе [High Speed Agricultural Machinery Handbook]*. Moskva: Kolos [in Russian].
17. Ljahov A.P. et al. (1991). *Operation of the machine and tractor fleet*. Ju.V. Bud'ko (Ed.). Minsk: Uradzhaj [in Russian].

Anatoliy Limont, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
 Zhytomyr Agrotechnical Colledge, Zhytomyr, Ukraine
Zlata Limont, student

Dnipro National University named after Oles Honchar, Dnipro, Ukraine

The Load-carrying Capacity and Power Consumption of Body Machines for Applying Solid Organic Fertilizers

The research is aimed at improving the technological process of applying solid organic fertilizers by means of body machines through determining power consumption and specific power for the drive of the working parts from the power take-off shaft of the tractor and, in general, for the operation of machines depending on their load-carrying capacity. The correlation of the power consumption with load-carrying capacity is taken as the specific power. The research covered body machines produced by the enterprises of the former Soviet Union and by “Strautmann” and “KUH” companies.

Between the consumption power of machines of different producers and with various load-carrying capacity one can observe the positive correlation link with the correlation coefficient ranging from 0.560 to 0.963 under the correlation ratio amounting from 0.877 to 0.961. Between the specific power of machines and their load-carrying capacity we have revealed the negative correlation link with determined correlation coefficients and correlation ratios.

Depending on the load-carrying capacity of machines produced at the enterprises of the former Soviet Union the change in the gear power of the working parts of the power take-off shaft from the tractor is described by the equation of the advanced incasing power function. The change in the consumption power for the operation of machines produced by “Strautmann” company depending on the loading-capacity of machines is described by the equation of the direct with positive angular coefficient; and for the operation of machines produced by “KUH” company – by the equation of the accelerated increasing exponent.

The change in the specific power on the gear of the working parts from the tractor power take-off shaft which is produced in the former Soviet Union depending on the load-carrying capacity of machines is described by the equation of the decreasing hyperbola. The change in the specific power in the work of machines produced by “Strautmann” company depending on the load-carrying capacity of machines is described by the equation of the direct with negative value of the angular coefficient.

As concerns the machines produced by “KUH” company this change is described by the equation of the decreasing hyperbola.

The research results can be used for designing and constructing body machines for spreading solid organic fertilizers, the calculation of the composition and complete equipment of the corresponding machine and tractor units, and the organization of their use in the technological processes of farm crop mechanized production.

body machines for applying solid organic fertilizers, machine producers, load-carrying capacity, consumption power, specific power, equation of regression

Одержано (Received) 11.12.2020

Прорецензовано (Reviewed) 16.12.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020