

УДК 631.674.5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ТА АГРОТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ СУЧАСНИХ ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН

Ю.І. Гринь, докт. техн. наук, проф., О.П. Музика, канд. техн. наук,
А.О. Антонюк, аспірант
ІВПіМ НААН

Наведено техніко-економічні та агротехнічні параметри модифікацій багатоопорних дощувальних машин вітчизняного і зарубіжного виробництва, які використовують різні енергоресурси. Запропоновано шляхи удосконалення систем приводу і розподілення штучного дощу, які впливають на енергоефективність і екологічну безпеку зрошення багатоопорних дощувальних машин.

Ключові слова: дощувальна машина, енергоджерела, питомі витрати електроенергії, питомі витрати пального, питома вартість, екологічна безпека.

Проблема. Для забезпечення продовольчої безпеки держави необхідно використовувати зрошення на площі щонайменше 1,5 млн. га, а для нарощування експортного потенціалу зернових і технічних культур та розвитку тваринництва близько 3 млн.га. При вирощуванні зернових, технічних і кормових культур найбільш ефективний спосіб зрошення дощуванням високопродуктивними багатоопорними дощувальними машинами (ДМ) фронтальної і кругової дії.

Модифікації сучасних багатоопорних дощувальних машин, які виготовляються різними зарубіжними фірмами і постачаються в Україну, залежно від домовленої комплектації, працюють при заборі води із трубопровідної мережі або відкритих каналів та виготовляються із уніфікованих збірних одиниць і відрізняються окремими параметрами енергосилових вузлів приводних візків і системами розподілення штучного дощу.

У 2012 році на ПАТ «Завод «Фрегат» розпочато вітчизняне виробництво багатоопорних дощувальних машин, основні експлуатаційні параметри яких відповідають аналогічним параметрам кращих зарубіжних машин цього типу.

Мета досліджень. Аналіз техніко-економічних і агротехнічних параметрів та напрямів удосконалення сучасних дощувальних машин.

© Ю.І. Гринь, О.П. Музика, А.О. Антонюк.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

Методика проведення досліджень полягає у порівняльному аналізі і опрацюванні результатів виробничих досліджень енергетичних і агротехнічних параметрів закордонних і вітчизняних багатоопорних дощувальних машин і розрахунків питомих витрат і вартості електроенергії та дизельного пального.

Результати досліджень. Наразі перспективність різних способів і засобів зрошення обумовлюється, у першу чергу, екологічною безпекою зрошення і ефективністю використання електроенергії, дизельного пального і води для зрошення, дефіцит і вартість яких постійно зростають. Нами проведено розрахунок питомих витрат електроенергії і дизельного пального на зрошення для різних типів багатоопорних дощувальних машин зарубіжного виробництва, вітчизняної ДМФЕ «Фрегат» та низьконапірної модифікації дощувальної машини «Фрегат» ДМУ-Б_{нм} 463, які нині широко використовуються в Україні та Росії.

Розрахунок питомих витрат енергії q_e при зрошенні дощувальною машиною визначали за формулами:

$$q_e = N / Q, \text{ кВт год/м}^3$$

де Q – витрата води дощувальною машиною, м³/год; N – потужність, яка споживається дощувальною машиною на зрошення, кВт;

Потужність N визначали за відомою формулою:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / 1000,$$

де ρ – густина води, кг/м³; Q – витрата води дощувальної машини, м³/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – робочий тиск на вході дощувальної машини, м.

Необхідно зазначити, що для проведення порівняльного аналізу енергетичних параметрів закордонних і вітчизняних багатоопорних дощувальних машин геодезичний напір та втрати тиску від насосної станції до дощувальних машин, які працюють із закритої зрошувальної мережі або відкритих каналів, нами не враховувались. Таке обмеження було прийнято, зважаючи на те, щоб умови використання дощувальних машин були однакові. Водночас, у розрахунках енергетичних параметрів для конкретних природно-господарських умов зрошувальної системи, місця розміщення ділянок зрошення і розташування дощувальних машин геодезичний напір та відповідні втрати тиску в мережі необхідно враховувати.

Питоми витрати електроенергії на одиницю площі q_s визначалися за формулою

$$q_s = N \cdot t / F, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{га},$$

де F – площа зрошення за t годин при поливній нормі $600 \text{ м}^3/\text{га}$.

Питомі витрати дизельного пального визначалися за формулою

$$q_{\text{п}} = q / \omega, \text{ л} / \text{га},$$

де q – середньозважена величина витрати пального за одну годину, л/год; ω – площа зрошення (га) дощувальною машиною за одну годину при поливній нормі $600 \text{ м}^3/\text{га}$.

Основні техніко - експлуатаційні параметри різних типів дощувальних машин, наведено в табл. 1 [1], а результати наших розрахунків техніко-економічних параметрів - в табл. 2. Аналіз цих параметрів показує, що найбільші питомі витрати дизельного пального мають дощувальні машини типу TL, пересування яких здійснює дизельний двигун з гідравлічним насосом, що подає спеціальну гідравлічну рідину до гідромоторів приводу коліс візків. Такий привод має питомі витрати дизельного пального в межах $20,3\text{-}44,3 \text{ л}/1000 \text{ м}^3$ або $13\text{-}26,6 \text{ л}/\text{га}$, але машини типу TL мають найменші питомі витрати електроенергії $57,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}/1000 \text{ м}^3$ або $34,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{га}$. Дощувальні машини з електропроводом візків мають найменші питомі витрати дизельного пального в межах $4,67\text{-}6,07 \text{ л}/1000 \text{ м}^3$ або $2,8\text{-}3,64 \text{ л}/\text{га}$ та витрати електроенергії в межах $81,8\text{-}95,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}/1000 \text{ м}^3$ або $49,0\text{-}57,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{га}$.

Аналіз результатів розрахунків свідчить, що машини, в яких для переміщення при роботі використовується дизельний двигун з електрогенератором або гідравлічним насосом, мають менші витрати електричної енергії завдяки тому, що для їхньої роботи необхідний більш низький робочий тиск води на вході в машину, але якщо враховувати витрати і вартість дизельного пального, то найбільшу частку питомої вартості енергоресурсів складає використання дизельного пального.

Отже, найбільшу питому вартість енергоресурсів мають дощувальні машини типу TL, які забирають воду із трубопровідної мережі або відкритого каналу відповідно $255,2 \text{ грн}/\text{га}$ і $266 \text{ грн}/\text{га}$, а найменшу – $75,6 \text{ грн}/\text{га}$ мають низьконапірні модифікації машини «Фрегат» ДМУ-Б_{нм}, які для пересування під час роботи використовують не дизельне пальне, а енергію води, що подається на полив.

Отже, для підвищення енергоефективності багатоопорних дощувальних машин, зокрема, машин кругової дії, доцільна розробка і застосування замість дизельного двигуна гідротурбінного приводу електрогенератора або гідравлічного насоса для подавання відповід-

но електричної напруги до електродвигунів і гідравлічної рідини до гідромоторів візків дощувальної машини. Гідротурбінний привод повинен працювати від енергії зрошувальної води і мати повнопрохідну турбіну, яка встановлюється на вхідному трубопроводі дощувальної машини, по якому подається вода на зрошення [2].

Таблиця 1. Основні техніко - експлуатаційні параметри дощувальних машин зарубіжного та вітчизняного виробництва

Тип машини і приводу візків	Витрата води ДМ, Q , л/с	Тиск води на вході в ДМ, P , МПа	Середньозважена величина витрати палива за одну годину, q , л/год	Довжина ДМ, L , м	Продуктивність ДМ, $П$, га/год при поливній нормі $m = 600$ м ³ /га
Забір води із трубопроводної мережі					
Zimmatic 434М (США) кругова, дизель-генератор, електродвигуни візків	77,3	0,3	1,69	434	0,464
Zimmatic 354М (США) фронтальна, дизель-генератор, електродвигуни візків	81,4	0,3	1,37	354	0,49
Centerliner 168CLS (Австрія) фронтально-кругова, дизель-генератор, електродвигуни візків	64	0,35	1,08	340	0,384
«Фрегат» ДМФЕ фронтально-кругова, дизель-генератор, електродвигуни візків	75	0,35	1,6	454	0,45
T-L 243 M 0SL фронтальна, дизель-насос, гідромотори приводу коліс візків	30	0,21	2,2	243	0,168
T-L 295 M фронтальна, дизель-насос, гідромотори приводу коліс візків	30	0,21	3,6	298	0,168

Продовження таблиці 1

«Фрегат» ДМУ-Б 463 кругова, високонапірна, гідроциліндри, тиск води	72	0,56	-	-	0,44
«Фрегат» ДМУ-Б _{пм} 463 кругова, низьконапірна, гідроциліндри, тиск води	72	0,38	-	480	0,432
Забір води із відкритого каналу					
Zimmatic 800M (США) фронтальна, дизель-генератор, електродвигуни візків	186	-	21,2	805	1,12
Pierce - 800M фронтальна, дизель-генератор, електродвигуни візків	173	-	20,9	818	1,04
Кубань – Л фронтальна, дизель-генератор, електродвигуни візків	200	-	31,8	797	1,2
T-L 400M UltraLinear, фронтальна, дизель-насос, гідромотори	89	-	14,2	398	0,53
Quadrostar QS 100 фронтальна, дизель-генератор, електродвигуни візків	71,3	-	9,2	128	0,43

Основними агротехнічними параметрами дощувальних машин, що впливають на екологічну безпеку зрошення, є наступне: рівномірність поливу, інтенсивність та середній діаметр крапель дощу, питома потужність дощу, які для сучасних зарубіжних і вітчизняних багатоопорних дощувальних машин наведено в табл. 3.

Рівномірність штучного дощу на сучасних дощувальних машинах забезпечується використанням короткоструминних розбризкувачів з регуляторами тиску (модель типу «I-Wob») зарубіжного виробництва, які завдяки обертово-коливальним рухам, забезпечують розсіювання крапель дощу постійного розміру з високою рівномірністю на більшу площу, і тому їх інтенсивність дощу менша. Дослідженнями визначено, що при використанні розбризкувачів I-Wob коефіцієнт ефективного поливу становить 0,87 - 0,91, а середній діаметр

крапель штучного дощу при робочому тиску 0,07- 0,14 МПа не перевищує 1 мм. Але для їх надійної роботи необхідно використання фільтрів для запобігання засмічення і погіршення витратних характеристик.

Таблиця 2. Техніко-економічні параметри дощувальних машин зарубіжного та вітчизняного виробництва

Тип ДМ	Питомі витрати				Питома вартість енергоресурсів	
	електро-енергії ДМ, кВт·год / 1000 м ³	дизельного пального ДМ, л / 1000 м ³	електро-енергії ДМ, кВт·год / га	дизельного пального ДМ, л/га	грн. / 1000 м ³	грн. / 1 га
			m = 600 м ³ /га			
Забір води із трубопровідної мережі						
Zimmatic 434М (США)	81,8	6,07	49,0	3,64	158,8	95,2
Zimmatic 354М (США)	81,07	4,67	49,0	2,8	144,1	86,8
Centerliner 168CLS (Австрія)	95,2	4,68	57,1	2,81	161,1	96,6
T-L 2430SL	57,1	20,3	34,3	13,1	271,5	172,2
T-L 295SL	57,1	33,3	34,3	21,4	401,5	255,2
«Фрегат» ДМФЕ фронтальна	95,2	5,92	57,1	3,55	173,4	104
«Фрегат» ДМУ-Б 463 кругова, високонапірна	152,4	-	91,4		182,9	109,7
«Фрегат» ДМУ-Б _н 463 кругова, низьконапірна	103,4	-	63,0		124,1	75,6

Продовження таблиці 2

Забір води із відкритого каналу						
Zimmatic 800M (США)	-	31,7	-	18,9	317	189
Pierce - 800M	-	33,6	-	20,1	336	201
Кубань - Л	-	44,1	-	26,5	441	265
T-L 400M Ultralinear	-	44,3	-	26,6	443	266
Quadrostar QS 100	-	35,8	-	21,5	358	215

* Вартість електроенергії – 1,2 грн/кВ год; дизельного пального – 10 грн/л

Як видно із таблиці 3, типи дощувальних машин, які використовують дизельний двигун для переміщення, мають невелику мінімальну норму поливу – відповідно від 50 м³/га до 100 м³/га, що разом з високою якістю штучного дощу і рівномірністю його розподілу по довжині водопровідного трубопроводу машини дає змогу проводити зрошення на ґрунтах з низькою водопроникністю без поверхневого стоку і водної ерозії. Водночас, ці типи машин мають високу інтенсивність дощу (0,81 - 1,1 мм/хв), тому при їхньому застосуванні для забезпечення екологічної надійності зрошення необхідно для призначення оптимальної поливної норми обов'язково враховувати тип та стан поверхні ґрунту поля. При виборі модифікацій дощувальних машин кругової дії необхідно враховувати можливість руйнування структури ґрунту від удару крапель штучного дощу та появи поверхневого стоку на ділянках поля під кінцевими прогонами водопровідного трубопроводу, де інтенсивність штучного дощу збільшується у 1,6-2,0 раза порівняно із середньою інтенсивністю по довжині машини. Необхідно також враховувати питому потужність крапель дощу, значення якої найменше для вітчизняної машини «Фрегат» ДМФЕ (0,035-0,043 Вт/м²), а найбільше – для машини Zimmatic 800M (0,18-0,28 Вт/м²) [3].

Підвищення екологічної безпеки зрошення можна досягнути використанням дощувальних насадок з меншою інтенсивністю і крупністю крапель дощу. Але при цьому тиск на вході дощувальної машини потрібно збільшувати, що призведе до зниження її енергоефективності. Тому параметри штучного дощу потрібно оптимізувати із врахуванням конкретних ґрунтово - рельєфних умов зрошувальної ділянки, виду сільськогосподарських культур і фази їх розвитку.

Таблиця 3. Агротехнічні параметри сучасних багатоопорних дощувальних машин

Тип машини	Середня інтенсивність дощу, i , мм/хв	Коефіцієнт ефективного поливу, $K_{\text{эф}}$	Середній діаметр крапель дощу, d , мм	Мінімальна норма поливу, $m_{\text{нп}}$, м ³ /га	Питома потужність дощу, яку утворює ДМ, Вт/м ²	
					висота падіння крапель дощу, $h = 1$ м	висота падіння крапель дощу, $h = 3$ м,
Забір води із трубопровідної мережі						
Zimmatic 434М (США) кругова	1,1	0,91	0,69	60	0,052	0,065
Zimmatic 354М (США) фронтальна	1,1	0,77-0,84	0,69	100	0,052	0,065
Centerliner 168CLS (Австрія) фронтально-кругова	1,1	0,72	1,2	60	0,1	0,196
T-L 243 М OSL фронтальна	0,81	0,88	1,2	50	0,08	0,12
T-L 295 М фронтальна	0,81	0,88	1,2	50	0,08	0,12
«Фрегат» ДМФЕ фронтально-кругова	0,83	0,85	0,65	70	0,035	0,043
«Фрегат» ДМУ-Б 463 кругова, високонапірна	0,3	0,72	1,2	180	0,028	0,046
«Фрегат» ДМУ-Б _{нм} кругова, низьконапірна	0,61	0,73-0,78	0,8	260	0,036	0,052
Забір води із відкритого каналу						
Zimmatic 800М (США)	1,7	0,82-0,85	1,3	100	0,18	0,28
Pierce - 800М	1,5	0,89	1,3	100	0,16	0,25
T-L 400М UltraLinear	1,8	0,89	1,2	100	0,19	0,27
Quadrostar QS 100	2,8	0,77	0,7	50	0,13	0,18
Кубань - Л	1,3	0,75	1,0	100	0,11	0,16

Одним із ефективних способів зменшення інтенсивності дощу є розміщення дощувальних насадок секторної дії на відкрilках довжиною 2-3 м, що дасть можливість зробити перерву дощування 5-10 хв при проході і відповідно збільшити достокову поливну норму. Водночас при цьому конструкція водопровідного трубопроводу машини буде більш складною.

Висновки. 1. Для підвищення енергетичної ефективності дощувальних машин кругової дії доцільно розроблення і застосування удосконалення приводів пересування дощувальних машин, які працюють від енергії зрошувальної води, що подають електрифіковані насосні станції.

2. Підвищення екологічної безпеки зрошення можна досягти застосуванням дощувальних насадок кругової дії типу «I-Wob» з очисними фільтрами, а також удосконалених вузлів водорозподілення з використанням дощувальних насадок секторної дії, розміщених на відкрilках.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Машини і обладнання для зрошування: посібник* / [Колектив авторів]; за ред. В.І. Кравчука, В.А. Сташука; М-во аграр. політики та прод-ва України; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 112 с.
2. *Гринь Ю, Музика О., Антонюк* Енергоефективність використання сучасних широкозахватних дощувальних машин // Міжвід. темат. наук. зб. Глеваха. – 2011. – Вип. 95. – С. 427-434.
3. *Гринь Ю, Музика О., Мігальов А., Сидоренко В., Торбенко В.* Техніко-експлуатаційна та агротехнічна характеристика нової вітчизняної дощувальної машини «Фрегат» ДМФЕ // Техніка і технології АПК, № 1(28). -Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2012. - С.20-24.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СОВРЕМЕННЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Приведены технико - экономические и агротехнические параметры модификаций многоопорных дождевальных машин отечественного и зарубежного производства, для обеспечения работы которых используются различные энергоресурсы. Предложены пути совершенствования систем привода и распределения дождя, которые влияют на энергоэффективность и экологическую безопасность орошения многоопорных дождевальных машин.

Ключевые слова: *дождевальная машина, энергоресурсы, удельный расход электроэнергии, удельный расход топлива, удельная стоимость, экологическая безопасность, агротехнические параметры.*

TECHNICAL-ECONOMIC AND AGRONOMIC PARAMETERS OF MODERN SPRINKLING MACHINES

It is given the technical-economic and agronomic parameters of the modifications of multitower sprinkling machines of domestic and foreign manufactures, which use different energy resources. It is suggested the ways of improvement of drive and rain distribution systems of the machines, which effect on energy efficiency and environmental safety of irrigation when using the sprinkling machines of this type.

Key words: *sprinkling machine, power-supplyers, specific energy consumption, specific fuel consumption, cost factor, environmental safety, agronomic parameters*

УДК 631.356.02

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ЕЛЕМЕНТА КОПРНО-РОТОРНОГО ВІДОКРЕМЛЮВАЧА ГИЧКИ З ГОЛОВКОЮ КОРЕНЕПЛОДУ

А.М. Борис, канд. техн. наук
ННЦ "ІМЕСГ"

На підставі побудованої математичної моделі руху очисного елемента нового відокремлювача гички по головці коренеплоду цукрових буряків та розв'язку отриманих виразів на ПЕОМ одержані аналітичні залежності зусиль у вказаній точці контакту. Побудовані графічні залежності зміни складових нормальної реакції в точці контакту робочого елемента з головкою коренеплоду. Значення складових нормальної реакції були використані у подальшому для силового аналізу вказаної взаємодії.

Ключові слова: *математична модель, гичка, коренеплід, головка коренеплоду, робочий елемент, точка контакту, силова взаємодія.*

Проблема. Цукрові буряки у світі є стратегічною культурою, оскільки цукор, жом та зелена маса гички є корисними продуктами для людей та тварин. Ключовим питанням під час вирощування цу-