

ЕНЕРГЕТИЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОТУРБІННОГО ПРИВОДА ДЛЯ ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН КРУГОВОЇ ДІЇ

Ю.І. Гринь д.т.н., проф., А.Г. Вельбік; А.В. Антонюк

Інститут водних проблем і меліорації НААНУ

Обґрунтовано нові принципи схеми використання енергії потоку та тиску зрошувальної води для привода дощувальних машин кругової дії, які забезпечують технічну надійність та екологічну безпеку зрошення. Визначено енергетичну і економічну ефективність застосування гідротурбінного привода для дощувальних машин замість дизельного двигуна.

Ключові слова: дощувальна машина кругової дії, гідротурбінний привод, дизельний двигун, потужність, витрата енергії, економічні показники, енергоефективність

Актуальність питання. Аналіз енергоресурсів, які використовуються при роботі сучасних багатоопорних дощувальних машин, показав, що для зрошення та пересування у процесі поливання споживається дизельне паливо і електроенергія.

Дощувальні машини, які для поливу використовують воду з свердловини, мають потужний дизельний агрегат (100-200 кВт), який приводить у дію насосний агрегат і електрогенератор (див. схему на рис. 1 а). Насосний агрегат подає воду із свердловини у трубопровід дощувальної машини з встановленими на ньому дощувальними насадками, через які вода рівномірно розподіляється по зрошуваній ділянці. Електрогенератор подає напругу на електромотори самохідних візків дощувальної машини, внаслідок чого машина пересувається із заданою швидкістю під час поливу.

Якщо дощувальна машина знаходиться не далеко від електрифікованої насосної станції або лінії електропередач, то для пересування дощувальної машини під час роботи може застосовуватися варіант подавання електроенергії до електромоторів візків підземним електричним кабелем від трансформатора (рис. 1 б). Але така схема подавання електроенергії вимагає значних капітальних витрат і не довговічна.

Існує варіант пересування дощувальної машини за допомогою гідромоторів візків, до яких спеціальна гідравлічна рідина подається гідравлічним насосом, що приводиться у дію дизельним двигуном (рис. 1 в).

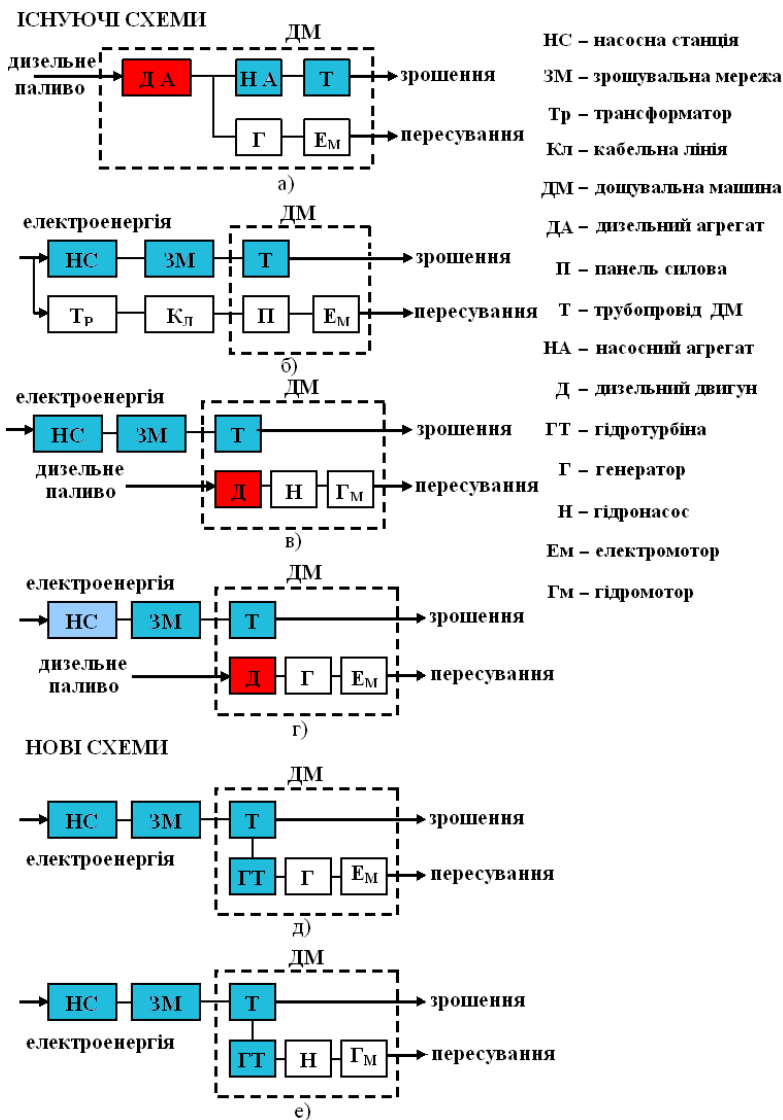


Рис. 1. Принципові схеми використання енергії на дощувальних машинах

На рис. 1 г наведено схему використання енергії дощувальною машиною, що пересувається у процесі зрошення за допомогою електромоторів самохідних візків, живлення яких забезпечує електрогенератор невеликої потужності (до 20 кВт), який приводиться у дію дизельним дви-

гуном, а вода до машин подається від стаціонарної електрифікованої насосної станції.

Використання різних видів енергоресурсів призводить до зниження надійності і екологічної безпеки дощувальних машин, ускладнює розрахунок та контроль за використанням електроенергії та дизельного палива.

Для роботи однієї дощувальної машини з дизельним двигуном протягом поливного сезону потрібно у середньому три тони дизельного палива, вартість якого значна і щорічно зростає, що призводить до зменшення ефективності зрошення. Тому доцільно замість дизельного палива використовувати альтернативні джерела енергії, зокрема, енергію руху і тиску зрошувальної води, яка здатна забезпечити роботу гідротурбінного привода.

Мета досліджень – визначити енергетичну і економічну ефективність застосування гідротурбінного привода для пересування багатоопорних дощувальних машин кругової дії у процесі зрошення порівняно з дизельним двигуном.

Методика проведення досліджень полягає у порівняльному аналізі енергетичних параметрів та економічних показників багатоопорних дощувальних машин кругової дії, на яких використовується дизельний двигун та гідротурбінний привод.

Результати досліджень. Нами запропоновано принципові схеми використання для пересування дощувальних машин при поливі енергії руху і тиску зрошувальної води, яка подається електрифікованою насосною станцією для зрошення. У цьому випадку використовується гідротурбіна, яка приводить у дію електрогенератор або гідравлічний насос [1, 2]. У першому випадку пересування здійснюється електродвигунами самохідних візків, у другому випадку – гідромоторами візків (рис. 1 д та рис. 1 е).

Гідротурбінний привод доцільно використовувати на сучасних вітчизняних багатоопорних дощувальних машинах, конструктивно-технологічні параметри яких наведено у табл. 1.

При використанні гідротурбіни, яка приводиться у дію енергією руху і тиску води у трубопроводі зрошувальної мережі, немає потреби у використанні дизельного двигуна. Але при цьому виникають додаткові втрати тиску води на вході у трубопровід дощувальної машини, де встановлено гідротурбіну. Тому на насосній станції, яка подає воду до зрошувальної мережі, необхідно створити додатковий робочий тиск за тих же витрат води. Як свідчать попередні розрахунки, цей додатковий тиск не повинен перевищувати 10-15 м, що досягається використанням повнопрохідної турбіни, гідравлічні і механічні характеристики якої мають узгоджуватися з аналогічними характеристиками гідравлічного насоса або електрогенератора дощувальної машини.

Таблиця 1 – Параметри модифікацій дощувальних машин кругової дії ДМФ-К-А без кінцевого дощувального апарата

| Модифікація | Довжина, м | Кількість прольотів, шт. | Витрата, л/с | Тиск на вході в машину, МПа | Площа поливу на позиції, га | Витрати енергії на зрошення при заданому тиску на вході, кВт·год/1000 м ³ | Потужність генератора або гідравлічного насоса *, кВт |
|-------------|------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| ДМФ-К-А3 | 203,6 | 3 | 36 | 0,19 | 14,1 | 51,7 | 4,5 [1,65] |
| ДМФ-К-А4 | 263,5 | 4 | 46 | 0,21 | 23,2 | 57,1 | 6,0 [2,20] |
| ДМФ-К-А5 | 323,4 | 5 | 57 | 0,24 | 34,5 | 65,3 | 7,5 [2,75] |
| ДМФ-К-А6 | 383,3 | 6 | 67 | 0,29 | 48,1 | 78,9 | 9,0 [3,30] |
| ДМФ-К-А7 | 443,2 | 7 | 77 | 0,35 | 64,0 | 95,2 | 10,5 [3,85] |
| ДМФ-К-А8 | 503,1 | 8 | 88 | 0,43 | 82,1 | 117,0 | 12,0 [4,40] |
| ДМФ-К-А9 | 563,0 | 9 | 90 | 0,48 | 102,4 | 130,5 | 13,5 [4,95] |
| ДМФ-К-А10 | 622,9 | 10 | 90 | 0,51 | 125,0 | 138,7 | 15,0 [5,50] |

* - у дужках наведено фактичну потужність, яка використовується на переміщення машини

Потужність насосного агрегата, необхідну для створення робочого тиску на дощувальній машині, визначено за формулою:

$$N = 9,81 Q (H_{nc} + H_o) \eta_n, \text{ кВт} \quad (1)$$

де Q – витрата води через насосний агрегат, м³/с; H_{nc} – тиск на насосній станції, необхідний для поливу дощувальною машиною, м; H_o - додатковий тиск, який повинен створити насосний агрегат для роботи гідротурбінного приводу, м; η_n – коефіцієнт корисної дії насосного агрегата.

Величина H_{nc} враховує місцеві втрати тиску, втрати тиску по довжині в трубопроводах зрошувальної мережі, а також необхідний робочий тиск на вході дощувальної машини.

Витрати електроенергії розраховано за формулою:

$$E = (N_o + N_n) \cdot t, \text{ кВт·год} \quad (2)$$

де N_o , N_n – потужність, яка необхідна відповідно на пересування машини та для поливання, кВт; t – тривалість роботи насосного агрегата на полив, год.

Розрахунок витрат електроенергії на пересування дощувальної машини з гідротурбінним приводом виконано за умов: гідротурбіна повнопрохідна; витрата води, що проходить через гідротурбіну, дорівнює витраті дощувальної машини; додатковий тиск для приводу гідротурбіни

прийнято $H_0 = 10$ м.

Результати розрахунку корисної потужності для поливу і пересування основних модифікацій електрифікованої дощувальної машини кругової дії довжиною до 503,1 м з гідротурбінним приводом наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Потужність, яка забезпечується енергією зрошувальної води для поливу і пересування модифікацій дощувальної машини кругової дії

| Довжина модифікацій дощувальної машини, м | Витрата води, л/с | Робочий тиск на вході в машину, МПа | Тиск на насосній станції, м | | Корисна потужність, кВт | |
|---|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------|
| | | | з дизельним двигуном | з турбінним приводом | на полив | на пересування |
| 203,6 | 36 | 0,19 | 0,34 | 0,44 | 8,3 | 2,4 |
| 263,5 | 46 | 0,21 | 0,36 | 0,46 | 11,2 | 3,1 |
| 323,4 | 57 | 0,24 | 0,39 | 0,49 | 15,1 | 3,8 |
| 383,4 | 67 | 0,29 | 0,44 | 0,54 | 20,0 | 4,5 |
| 443,2 | 77 | 0,35 | 0,50 | 0,60 | 26,2 | 5,2 |
| 503,1 | 88 | 0,43 | 0,58 | 0,68 | 34,7 | 5,9 |

Визначено витрати енергії при роботі дощувальних машин кругової дії при використанні гідротурбінного привода з електрогенератором (турбо-генератором) та дизельного двигуна з електрогенератором (дизель-генератором). Для цього розглянуто полив відповідних площ модифікаціями дощувальної машини зрошувальною нормою $1000\text{ м}^3/\text{га}$.

Результати розрахунку витрат енергії насосною станцією на подання води для зрошення дощувальною машиною з турбо-генератором і дизель-генератором наведено у табл. 3.

Як бачимо з табл. 3, машина з турбо-генератором має більші витрати електроенергії насосною станцією, але у цьому випадку для поливу та пересування дощувальної машини використовується тільки електрична енергія. Для дощувальної машини з дизель-генератором витрата електроенергії на полив насосною станцією має менші значення, але для пересування дощувальної машини при зрошенні додатково витрачається дизельне паливо.

Наші розрахунки показали, що при роботі дощувальних машин з дизельним агрегатом, довжина яких становить 203,6-323,4 м, на пересування витрачається щонайменше 1,0-1,2 л дизельного палива за 1 годину, а машин довжиною 383,4-503,1 м – 1,5-2,4 л/год. За зрошувальної норми $1000\text{ м}^3/\text{га}$ машина довжиною 503,1 м витрачає при поливанні 8994 кВт електроенергії та 388,8 л дизельного палива. Така ж модифікація дощувальної машини з турбогенератором витрачає на поливання і пересування тільки електричну енергію – 10523,3 кВт·год.

Таблиця 3. Витрати енергії на зрошення дощувальними машинами з турбо- та дизель-генератором (за зрошувальної норми 1000 м³/га)

| Довжина модифікацій дощувальної машини, м | Витрата води, м ³ /год | Площа зрошення, га | Час зрошення t, год. | Машина з турбо-генератором | | Машина з дизель-генератором | |
|---|-----------------------------------|--------------------|----------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | загальні витрати на полив і пересування, кВт·год. | в тому числі пересування, кВт·год | на полив, (електро-енергія), кВт·год | на пересування (дизельне паливо), л |
| 203,6 | 129,6 | 14,1 | 108,8 | 1164,2 | 261,1 | 903 | 108,8 |
| 263,5 | 165,6 | 23,2 | 140,1 | 2003,4 | 434,3 | 1569,1 | 140,1 |
| 323,4 | 205,2 | 34,5 | 168,1 | 3177,1 | 638,8 | 2538,3 | 168,1 |
| 383,4 | 241,2 | 48,1 | 199,4 | 4885,3 | 897,3 | 3988 | 299 |
| 443,2 | 277,2 | 64,0 | 230,8 | 7247,1 | 1200,2 | 6046,9 | 346,2 |
| 503,1 | 316,8 | 82,1 | 259,2 | 10523,3 | 1529 | 8994 | 388,8 |

Результати розрахунку вартості загальних витрат на енергію при зрошенні різними модифікаціями дощувальної машини кругової дії з використанням турбо-генератора та дизель-генератора наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Економічні показники модифікацій дощувальної машини з турбо- та дизель-генератором (за зрошувальної норми 1000 м³/га)

| Довжина модифікацій дощувальної машини, м | Загальні витрати на полив та пересування машини з турбогенератором, грн.* | Машина з дизель-генератором | | Різниця витрат [ст. 2-3-4], грн. | Зниження витрат, % |
|---|---|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| | | витрати на полив, грн.* | витрати на пересування, грн.** | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 203,6 | 1164,2 | 903 | 1088 | 826,8 | 42 |
| 263,5 | 2003,4 | 1569 | 1400 | 956,6 | 42 |
| 323,4 | 3177,1 | 2538,3 | 1681 | 1042,2 | 25 |
| 383,4 | 4885,3 | 3988 | 2990 | 2092,7 | 30 |
| 443,2 | 7247,1 | 6047 | 3462 | 2262,0 | 24 |
| 503,1 | 10523,3 | 8994 | 3888 | 2359,0 | 18 |

* - Вартість електричної енергії за 1 кВт год – 1 грн.

** - Вартість дизельного палива за 1 л – 10 грн.

Проведені економічні розрахунки свідчать, що мінімальна річна економія витрат на кожну дощувальну машину за поливний сезон за зрошувальної норми 3000 м³/га залежно від модифікації становитиме 2480-7077 грн (при вартості електроенергії 1,0 грн за 1 кВт·год та дизельного палива – 10 грн за 1 літр).

Висновки. Застосування дощувальних машин, що пересуваються під час роботи за рахунок енергії руху і тиску зрошувальної води, дозволить підвищити ефективність та надійність роботи дощувальних машин, спростити облік та контролювання витрат енергії на зрошення.

В Україні потреба у сучасних багатоопорних дощувальних машинах кругової дії становить майже 10 тис. шт., і застосування на них гідротурбінного привода дасть можливість знизити витрати на зрошення на 47-70 млн. грн та забезпечити економію майже 30 тис. тон дизельного палива на рік.

Список використаних джерел

1. Патент України на корисну модель № 37341. Дощувальна машина / Ю.І. Гринь, О.А. Рева. – Опубл. в Бюл. – 2008. – № 22.
2. Патент України на корисну модель № 44475. Багатоопорна дощувальна машина / Ю.І. Гринь, О.А. Рева, В.В. Бабіцький. – Опубл. в Бюл. – 2009. – № 19.

Аннотация

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОТУРБИННОГО ПРИВОДА ДЛЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

Ю.И. Гринь, А.Г. Вельбик, А.В. Антонюк

Обоснованы новые принципиальные схемы использования энергии потока и давления оросительной воды для привода дождевальных машин кругового действия, которые обеспечивают техническую надежность и экологическую безопасность орошения. Определены энергетическая и экономическая эффективность применения гидротурбинного привода для дождевальных машин вместо дизельного двигателя.

Abstract

ENERGY AND ECONOMIC EFFECTIVENESS APPLICATION OF HYDRAULIC TURBINE DRIVE FOR CENTER PIVOT IRRIGATION MACHINES

Y.I. Gryn, A.G.Velbik, A.V. Antonuk

It was proposed new basic circuits using the energy of flow and pressure of irrigation water for the drive of center pivot irrigation machines, which provide technical reliability and environmental of irrigation. It was determined energy and economic effectiveness application of hydraulic turbine drive for irrigation machines instead of a diesel engine.