

ДОСЛІДЖЕННЯ МИЙНИХ АДАПТЕРІВ НАПІРНОЇ ДІЇ

К.т.н. І.І. Хилько¹, к.т.н.М.М. Гарост², к.т.н.Л.В. Разарьонов³

1. Білоруський державний аграрний технічний університет, м. Мінськ, Білорусь
2. Білоруський національний технічний університет, м. Мінськ, Білорусь
3. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

У статті дано оцінку енергоефективності сучасних високонапірних шлангових мийних машин. Запропоновано технічні рішення по робочому органу та змінним адаптерів, що підвищує технічний рівень і розширюють технологічні можливості машин. Завдяки використанню принципу «обертючих» струменів і явище гідролічної кавітації запропонована нова конструкція брендспойта з набором адаптерів, які розширюють технологічні можливості шлангових мийних машин.

В статті дана оцінка енергоефективності сучасних високонапірних шлангових мийних машин. Предложено технические решения по рабочему органу и сменным адаптерам, повышающим технический уровень и расширяющим технологические возможности машин. Благодаря использованию принципа «вращающихся» струй и явление гидравлической кавитации предложена новая конструкция брендспойта с набором адаптеров, которые расширяют технологические возможности шланговых моечных машин.

The article assesses the energy efficiency of modern high-pressure hose washers. Proposed technical solutions for the working body and interchangeable adapters that increase the technical level and expand the technological capabilities of machines. Due to the use of the principle of "rotating" jets and the phenomenon of hydraulic cavitation, a new design of a fire engine with a set of adapters has been proposed, which expand the technological capabilities of hose washers.

Ключові слова: мийна машина, адаптер, насадка, коливання.

Вступ

Мийка є важливим технологічним процесом в системі технічної експлуатації машин і устаткування, що робить великий вплив на якість, культуру і безпеку їх використання, обслуговування та ремонту. Як жоден інший технологічний процес вона є найбільш поширеною і з дуже великою сферою застосування. Однак до сих пір вона залишається далеко не досконалою і вимагає на свою реалізацію великих витрат води, енергії, праці і в тому числі великих витрат води, енергії, праці і в тому числі на очистку стічних вод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У Республіці Білорусь до недавнього часу ВАТ «Оршаагропромаш» і РУП «Волковыський завод ливарного устаткування» випускали мийні машини ОМ - 5361 і ММ - 140, ММ - 2П, ММ - 6П відповідно. Зараз їх виробництво, не витримавши конкуренцію згорнуто, а стратегічно важливий сегмент ринку обладнання для миття відданий іноземним виробникам (див. табл. 1).

Більш успішною стала фірма «Limens» м.Мінськ, яка налагодила виробництво обладнання для миття на

базі комплектуючих ведучих фірм, представивши на ринку досить широкий спектр мийних машин. В таких умовах важливо оцінити технічний рівень обладнання, що купується, та намітити шляхи підвищення конкурентоспроможності вітчизняного.

Актуальність. Актуальним є завдання на технічне рішення, щодо створення робочого органу з змінними адаптерами. Оцінка енергоефективності шлангових напірних машин на основі визначення ККД установки.

Мета і задачі роботи. ККД мийної установки може бути представлено у вигляді співвідношення корисної і витраченої потужності

$$\eta_{\text{м.уст}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{потр}}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{пол}}$ - корисна потужність, яка визначається як добуток сили струменя на її швидкість, тобто фактори ефективності струменя

$$N_{\text{пол}} = 10^{-3} F \cdot v, \text{ кВт}, \quad (2)$$

де F - сила струменя, Н; v - швидкість струменя, м/с; $N_{\text{потр}}$ - споживна потужність насоса, яка визначається добутком крутного моменту на частоту обертання електродвигуна [1], що приводить насос в обертання

$$N_{\text{потр}} = \frac{N_2}{\eta} = \frac{M \cdot n}{9550}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

де η - ККД насоса (загальний або повний), а значення крутного моменту (Н.м) і частоти обертання електродвигуна (хв^{-1}) визначають експериментально при установці електродвигуна на стенді в балансірному виконанні.

Таким чином, ККД мийної установки може бути представлений в остаточному вигляді

$$\eta_{\text{н}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{потр}}} = \frac{10^{-3} \cdot 9550 F \cdot v}{M \cdot n} = 9,55 \frac{F \cdot v}{M \cdot n}. \quad (4)$$

У зв'язку з відсутністю в каталогах виробників мийних машин даних по силі і швидкості струменя [1, 2], крутного моменту і частоті обертання привідного електродвигуна [3, 4], робимо такі припущення:

- замість корисної потужності (2) приймаємо ефективну потужність насоса

$$N_{\text{пол}} \approx N_{\text{эф.н}} = \frac{p_n \cdot Q_n}{60}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

де p_n – тиск, що розвивається насосом, який знижується в сопловому апараті через гідравлічні втрати, МПа; Q_n - подача насоса, яка повністю зберігається постійною на виході соплового апарату виходячи з рівняння нерозривності рідини л/хв; а замість споживаної потужності $N_{\text{потр}}$ (3) приймаємо встановлену потужність насосної установки, тобто паспортну потужність електродвигуна.

$$N_{\text{потр}} \approx N_{\text{уст.эдв}} \quad (6)$$

В результаті вжитих припущень обчислюємо приблизне значення ККД мийної установки

$$\eta_{\approx \text{м.уст}} = \frac{N_{\text{эф.н}}}{N_{\text{уст.эдв}}}, \quad (7)$$

тобто за даними каталогів виробників мийних установок.

Відзначимо на важливість оптимального вибору встановленої потужності, так як при виборі електродвигуна з заниженою встановленою потужністю є ризик його «перекидання» і подальшого виходу з ладу, при підвищеній встановленій потужності зростають капітальні витрати на його придбання і втрати в мережі.

Результати розрахунків наведені в табл. 1, які показують, що повний ККД мийних установок коливається в широких діапазонах

$$\eta_{\approx \text{м.уст}} = 0,53 \dots 0,83\%.$$

На нашу думку такий низький ККД можна пояснити високим форсуванням гідравлічних установок по тиску і частоті обертання (1400...2800 хв⁻¹), а також недосконалістю конструкцій використовуваних робочих органів (насадків).

Для розрахунку оптимальних параметрів насадків скористаємося формулою витрати води через дросель при турбулентному режимі течії

$$Q_{\text{др}} = 60 \text{ м} \cdot S_{\text{др}} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \text{л/хв}, \quad (8)$$

$$= 60 \frac{1}{\sqrt{\xi}} S_{\text{др}} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

де $S_{\text{др}}$ - площа дроселя, мм²; $\Delta p = p_1 - p_2$ - перепад тисків на дроселі між входом і виходом, МПа; ρ - щільність рідини, кг/м³; m - коефіцієнт витрати, який пов'язаний з коефіцієнтом місцевого опору співвідношенням

$$m = \frac{1}{\sqrt{\xi}}. \quad (9)$$

Значення ξ для різних опорів типу раптове розширення-звуження потоку, конічні перехідники та поворот потоку визначаються експериментальним шляхом і приведені в відповідних довідниках по гідравлічним опорам.

Таблиця 1

Технічна характеристика імпортованих мийних машин

Технічні параметри	Марки мийних машин				
	HD715	HD1000SL	HD1040B	HD9/204M	HD1050B
1	2	3	4	5	6
Подача води, л/год	240-700	150-840	200-850	460-900	400-930
Тиск, бар	10-160	10-130	10-210	40-200	40-230
$N_{\text{уст.эдв}}$, кВт	4	5,6	8,0	7,0	9,75
$N_{\text{эф.н}}$, кВт	3,04	2,99	4,95	5,0	5,29
КПД $\eta_{\approx \text{м.уст}}$, %	76	53,3	61	71,4	54,2

Продовження таблиці 1

Технічні параметри	Марки мийних машин				
	HDS551Ew	HDS698CEw	HDC798C	HDS801E	HDS1000DE
1	7	8	9	10	11
Подача води, л/ч	550	300-650	350-750	300-700	450-900
Тиск, бар	140	30-160	30-180	30-150	40-200
$N_{\text{уст.эдв}}$, кВт	3,2	4,5	5,6	5,6	7,4
$N_{\text{эф.н}}$, кВт	2,12	2,88	3,6	3,0	5,0
КПД $\eta_{\approx \text{м.уст}}$, %	66,2	64,0	64,2	53,5	67,5

Продовження таблиці 1

Технічні параметри	Марки мийних машин				
	HDS1195SEw	HDS2000S	DS2640T4	DS3180	DSPL2880T
1	12	13	14	15	16
Подача води, л/ч	600-1200	800-1850	390-780	630-1300	650-1300
Тиск, бар	30-180	30-180	30-180	40-220	30-170
$N_{уст.эдв}$, кВт	8,2	13,4	5,3	9,5	8
$N_{эф.н}$, кВт	5,94	9,18	3,88	7,92	5,78
КПД $\eta_{\approx м.уст}$, %	72,4	68,5	73,2	83,3	72,2

Продовження таблиці 1

Технічні параметри	Марки мийних машин				
	G1500T	Elite1910M	Elite2840T	DPL3060T	X5DS3670T
1	17	18	19	20	21
Подача воды, л/ч	500	300-600	390-780	475-960	890-1000
Давление, бар	150	30-130	30-190	30-215	30-250
$N_{уст.эдв}$, кВт	2,7	3,0	5,3	7,0	9,5
$N_{эф.н}$, кВт	2,07	2,08	4,1	5,7	6,92
КПД $\eta_{\approx м.уст}$, %	76,6	69,3	77,3	81,4	72,0

Перепад тисків на опорі і швидкості струменя

$$\Delta p = \frac{c \cdot Q_{др}^2}{2 \cdot (60 \cdot m \cdot S_{др})^2}, \text{ МПа.}$$

$$v = 21,2 \frac{Q}{d^2}, \text{ м/с,} \quad (10)$$

де Q – витрата, л/хв; d – діаметр трубопроводу, мм.

За даними джерел [2, 3] насадок представляють собою пристрій, що перетворює потенційну енергію тиску рідини в кінетичну енергію струменя. Чим вище ККД такого процесу, тим більше кінетична енергія струменя яка витрачається на виконання роботи по відділенню і видалення забруднень з поверхонь машин.

З наявних даних [3] випливає, що для конічно сходящих насадків m може змінюватися в межах 0,82 ... 0,946, а для коноідальних від 0,96 ... 0,98. У той же час в розрахунках для малов'язких рідин як вода та ін. приймається середнє значення $\mu = 0,62$. Тим самим визнається можливість необґрунтовано високих втрат енергії при перетворенні енергії тиску рідини в кінетичну енергію струменя води.

Нами був виготовлений брендспойт, оснащений східними насадками, що формує компактну з великою дальністю викиду струменя. Такі параметри струменя підтвердили можливість підвищення енергонасиченості струменя, але в той же час стало ясно, що такий струмінь, як інструмент очищення поверхні машини не завжди придатна для роботи на пості мийки.

У зв'язку з цим було поставлено завдання зберегти

високий запас кінетичної енергії в струмені і надати їй легко трансформовану форму придатну для мийки поверхонь з різним ступенем забрудненості. Основна ідея збереження кінетичної енергії струменя пояснюється наступним математичним виразом [4]:

$$E_k = \frac{mV^2}{2} + I \frac{\omega^2}{2}, \quad (11)$$

де: m - маса рухаючого потоку рідини в струмені, кг; V – швидкість руху частинок води уздовж осі струменя, м/с; I – момент інерції обертального потоку рідини в струмені, кг·м²; ω – кутова швидкість обертання струменя, рад/с.

З даного математичного виразу випливає, що збереження запасу кінетичної енергії в струмені можливо при накладенні обертального руху, що в свою чергу дозволяє регулювати кут її розпилення.

Дана ідея була матеріалізована в конструкції брендспойта, на яку отримано патент [5]. Дослідний зразок такого брендспойта з конічно сходящою насадкою діаметром менше 1,8 мм дозволив отримувати струмінь з діапазоном кута розпилення від мінімального (рис. 1) до максимального, представленого на рис. 2. Регулювання кута розпилення плавне і забезпечується рукояткою управління з малим кутом повороту. Така технологічна можливість брендспойта дозволяє проводити ефективну мийку великогабаритної сільськогосподарської, будівельної та дорожньої техніки з високим ступенем забрудненості поверхонь.



Рис. 1. Форма струменя з мінімальним кутом розпилення ($d_n=1,8\text{мм}$, $p\geq 12\text{МПа}$)



Рис. 2. Форма струменя з максимальним кутом розпилення ($d_n=1,8\text{мм}$, $p\geq 12\text{МПа}$)

Загальний вигляд дослідного зразка брендспойта і адаптерів до нього представлений на рис. 3.

На другому етапі досліджень була висунута ідея створення адаптера - турбофрези з регульованою частотою обертання насадки - дзиги. Будучи досить ефективним інструментом для видалення твердих забруднень компактим струменем високого тиску вона мала серйозний недолік, який полягав на нашу думку у відсутності можливості регулювання частоти обертання насадки - дзиги при постійно високому тиску. У відомих пристроях це можна було робити лише регулюванням тиску у насадки або зміною витрати води. Така система регулювання має серйозний недолік, що виявляється в різкій зміні параметрів технологічного процесу. Цей недолік усунуто в запропонованій новій конструкції турбофрези, де регулювання частоти обертання насадки - дзиги відбувається при початковому заданому тиску і витраті води. Її конструкція захищена патентом на винахід [6].

Зазначений адаптер рекомендується використовувати для видалення твердих забруднень з підлоги, стін, даху та інших поверхонь виробничих об'єктів.

В якості ще одного адаптера запропонована конструкція багатоструменевої насадки, що забезпечує режим гідродинамічної кавітації в потоці викидання соплами води. Область застосування такої насадки це мийка та дезінфекція машин і устаткування в дорожньому будівництві, тваринництві та птахівництві, а також сільськогосподарського обладнання.

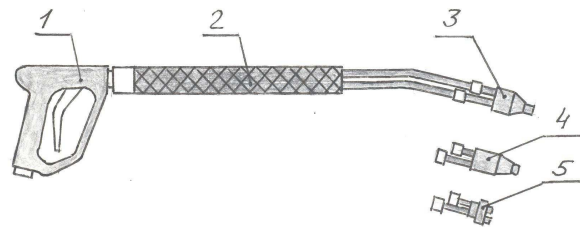


Рис. 3. Загальний вигляд брендспойта і змінних адаптерів до нього:

1 Рукоятка з запірним клапаном; 2 - Стовбур; 3 Насадка для формування обертів струменя з можливістю регулювання кута розпилення (патент (ВУ) №16761 «Брендспойт» УО «БГАТУ» 2010.08.05); 4 - Турбофреза з регульованою частотою обертання дзиги - насадки (патент (ВУ) №17517 «Гідрофреза» УО «БГАТУ» 2011.04.14); 5 - Багатоструменева насадка із виходом рідини в режимі гідродинамічної кавітації.

На основі викладеного можна вважати про ефективність його застосування при підготовці поверхонь машин до забарвлення, а також дегазації і дезактивації спеціальної техніки.

Проведені виробничі випробування брендспойта з конічно сходящим соплом підтвердили в цілому правильність прийнятих технічних рішень. Відзначено помітне зниження концентрації дрібнодисперсного водяного пилу в зоні роботи мийки. Відомо [7], що висока концентрація водяного пилу є вкрай шкідливим виробничим фактором. Було внесено пропозицію щодо зменшення маси інструменту. Конструкція брендспойта дорацьована, а його маса понижена до 2,4 кг.

Сучасні високонапірні шлангові мийні установки характеризуються низьким рівнем енергоефективності та їх ККД коливається в межах від 53,3 до 83,3%. Запропоновано якісно нова конструкція робочого органу (брендспойта) з набором адаптерів, які не тільки підвищують енергоефективність, а й розширюють технологічні можливості шлангових мийних машин. Це стало можливим завдяки використанню принципу «обертових» струменів і явища гідродинамічної кавітації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гидравлика и гидропневмопривод: [учеб. по специальности "Автомобиле - и тракторостроение"] / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин, А. А. Шейпак. - 3-е изд., стер. - Москва. Ч. 2 : Гидравлические машины и гидропневмопривод. - 2005. - 351 с.
2. Гидравлика и гидравлические машины: учебное пособие / В. Ф. Медведев. - Минск: Вышэйшая школа, 1998. - 310 с.
3. Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы: [Учебник для машиностроит. специальностей вузов] / Под ред. Т. М. Башты. - М.: Машиностроение, 1970. - 504 с.
4. Костко О.К. Универсальный справочник по физике: [учебное пособие] О.К. Костко. - М.: Лист. 2003. - 480 с.
5. Патент на изобретение №16761 «Брендспойт» УО «БГАТУ», республика Беларусь, 2010.08.05.
6. Патент на изобретение №17517 «Гидрофреза», республика Беларусь, УО «БГАТУ» 2011.08.05.
7. Латышенко М.В., Шемякин А.В., Шемякина Е.Ю., Тараканова Н.М. Устройство для безопасной очистки техники. // Грузовик, 2010, №10, с. 16-17.