

Как видно из рис. 3, характеристика изменения вертикальной реакции на левом и правом башмаках приобрела симметричный вид и не превышает 35 кгс во всем диапазоне копирования. Данная величина обеспечивает устойчивое выполнение технологического процесса.

### **Выводы**

1. Применение широкозахватных адаптеров с использованием системы поперечного копирования рельефа почвы невозможно без применения МПУ.

2. МПУ должен обеспечивать допустимую величину нагрузки на башмаки во всем диапазоне копирования, не превышающую величину нагрузки на башмак от механизма продольного копирования, и иметь симметричную характеристику.

3. Наиболее простым и удобным способом для формирования функциональной математической модели МПУ является рассмотренный в статье векторный способ описания рычажных механизмов. Он позволяет доступно и наглядно аналитически описывать кинематику проектируемых рычажных механизмов и осуществлять анализ их работы. Применение данного способа по сравнению с существующими аналитическими методами позволяет в короткие сроки и с высоким качеством создавать оптимальные и конкурентоспособные системы рычажных механизмов, что подтверждается многолетним опытом его использования в НТЦК ОАО «Гомсельмаш».

### **Список использованных источников**

1. Конявский А. Д. Оптимизация параметров механизма поперечного уравнивания травяной жатки КНК-4500 / А. Д. Конявский, Д. В. Джасов // Сборник тезисов докладов второй международной научно-технической конференции, НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2018. – С. 106–107.

2. Котов, А. В. Применение векторного анализа при проектировании рычажных механизмов / А. В. Котов, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2007. – С. 32–37.

3. Джасов, Д. В. Оптимизация параметров механизма подъема капота косилки с применением газовых пружин / Д. В. Джасов, Д. Н. Иванов, А. С. Шантыко // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – №2(42). – С. 65–73.

4. Джасов, Д. В. Оптимизация параметров предохранительного элемента механизма поворота силосопровода кормоуборочного комбайна / Д. В. Джасов, А. Д. Конявский, А. С. Шантыко, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол. : П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 219–224.

УДК 656.1.065.7.

Поступила в редакцию 17.10.2019  
Received 17.10.2019

**И. И. Хилько, Л. Г. Сапун**

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВЫСОКОНАПОРНЫХ МОЕЧНЫХ УСТАНОВОК**

Дана оценка энергоэффективности современных высоконапорных моечных установок, предложены новые технические решения по рабочим органам и сменным адаптерам, повышающим технический уровень и расширяющим их технологические возможности.

*Ключевые слова:* технологические возможности, эксплуатация МТП, конструкции брендспойта, производственные испытания, система технической эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования, мойка.

## IMPROVEMENT OF WORKING BODIES OF HIGH-PRESSURE WASHING UNITS

The article evaluates the energy-efficiency of modern rod washing machines of high pressure. The author develops the technical solutions to the working component and removable adapter that raise the technical level and broaden technical opportunities of these machines.

*Keywords:* energy-efficiency, washing machines of high pressure, develops the technical solutions, component and removable adapter, machines.

### Введение

Мойка является важным технологическим процессом в системе технической эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования, оказывающим большое влияние на качество, культуру и безопасность их обслуживания и ремонта. Как ни один другой технологический процесс она является наиболее распространенным, с очень обширной областью применения в сельскохозяйственном производстве, начиная от технической эксплуатации МТП и заканчивая мойкой и дезинфекцией помещений, машин и оборудования в животноводстве и птицеводстве. Однако до сих пор мойка остается далеко не совершенным процессом, требующим на свою реализацию больших расходов воды, энергии, труда и очень часто не обеспечивающим требуемую степень чистоты поверхностей. Поэтому основной целью данной работы является снижение расхода энергии и труда на проведение мойки машин и оборудования при повышении степени чистоты их поверхностей.

### Основная часть

Нами были проведены расчеты полного коэффициента полезного действия моечных установок (далее КПД) по методике представленной в источнике [1].

$$\eta_n = \frac{N_n}{N}, \quad (1)$$

где  $N_n$  – полезная мощность насосной установки, кВт;  
 $N$  – установленная мощность электропривода, кВт.

В свою очередь полезную мощность рассчитывали по формуле:

$$N_n = P_i \cdot Q_n, \quad (2)$$

где  $P_i$  – давление развиваемое насосом, МПа;

$Q_n$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с.

Воспользовавшись формулами 1, 2 и паспортными данными импортных моечных установок, представленных на рынке Республики Беларусь были рассчитаны их полные КПД.

Из них следует, что полный КПД моечных установок колеблется в широких пределах от 53,5% (HDS801E) до 83,3% (DS3180), что значительно ниже общепринятых 85...92% [1]. По нашему мнению такой низкий КПД объясняется высокой форсированностью по давлению и частоте возвратно-поступательного движения плунжеров гидравлических насосов (1400...2800 мин<sup>-1</sup>), а также несовершенством конструкций используемых рабочих органов (насадков).

По имеющимся данным [2, 3] насадок моечной установки представляет собой устройство, преобразующее потенциальную энергию давления в кинетическую энергию струи. Чем выше КПД такого процесса, тем больше запас кинетической энергии в струе, которая расходуется на выполнение работы по отделению и удалению загрязнений с поверхностей машин, тем интенсивнее процесс мойки.

Нами было принято допущение характеризовать КПД насадка посредством коэффициента расхода, рассчитываемого по формуле:

$$\mu = \frac{Q}{Q_T}, \quad (3)$$

где  $Q$  – действительный расход жидкости, м<sup>3</sup>/с;

$Q_T$  – теоретический расход жидкости, м<sup>3</sup>/с.

Из имеющихся данных [3] следует, что для конически сходящихся насадков  $\mu$  может изменяться в пределах 0,82...0,946, а для коноидальных от 0,96...0,98. В тоже время в конструкции рабочих органов многих моечных установок такие насадки практически не применяются, чем во многом объясняется их низкий КПД.

Нами был изготовлен брандспойт, оснащенный конически сходящимся насадком, формирующим компактную с большой дальностью выброса струю. В тоже время стало ясно, что такая струя как инструмент очистки поверхностей машины не всегда пригодна для работы на посту мойки.

В этой связи была поставлена задача сохранить высоким запас кинетической энергии в струе и придать ей технологически целесообразную форму пригодную для мойки поверхностей с различной степенью загрязненности. Основная идея увеличения кинетической энергии в струе поясняется следующим математическим выражением:

$$E_k = \frac{mV^2}{2} + I \frac{\omega^2}{2}, \quad (4)$$

где  $m$  – масса движущегося потока жидкости в струе, кг;

$V$  – скорость движения частиц воды вдоль оси струи, м/с;

$I$  – момент инерции вращающегося потока жидкости в струе, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega$  – угловая скорость вращения струи, рад/с.

Из данного математического выражения следует, что это возможно при наложении на поступательно движущийся поток воды в струе вращательного движения, создавая так называемый эффект «Торнадо» или «вращающихся струй». Изменяя угловую скорость вращения струи нам удалось плавно регулировать угол ее распыления, а следовательно и динамику воздействия на загрязненную поверхность.

Данная идея была материализована в конструкции брандспойта, на которую получен патент [4]. Опытный образец такого брандспойта с конически сходящимся насадком диаметром 1,8 мм позволил получать струю с диапазоном угла распыления от минимального (рис. 1) до максимального представленного на рис. 2. Регулирование угла распыления плавное и обеспечивается рукояткой управления с малым углом поворота. Такая технологическая возможность брандспойта позволяет проводить эффективно мойку крупногабаритной сельскохозяйственной, строительной и другой техники с высокой степенью загрязненности поверхностей, легко управляя процессом с учётом характера распределения загрязнений на поверхностях машин и их свойств.



Рис. 1 – Форма струи с минимальным углом распыления ( $d_n=1,8$  мм,  $p \geq 12$  МПа)



Рис. 2 – Форма струи с максимальным углом распыления  
( $d_n=1,8\text{мм}$ ,  $p\geq 12\text{МПа}$ )

В конструкции брандспойта предусмотрена возможность регулирования как минимального, так и максимального углов распыления струи.

На втором этапе исследований была выдвинута идея создания адаптера- турбофрезы с регулируемой частотой вращения насадки – волчка. Являясь весьма эффективным инструментом для удаления прочносвязанных загрязнений компактной струей высокого давления, она имела серьезный недостаток, который заключался, по нашему мнению, в отсутствии возможности регулирования частоты вращения насадки – волчка при постоянно высоком давлении. В известных устройствах это можно было делать только регулированием давления у насадки или расхода воды. Такая система регулирования имеет серьезный недостаток, проявляющийся в резком изменении параметров технологического процесса. Этот недостаток устранен в предложенной новой конструкции турбофрезы, где регулирование частоты вращения насадки – волчка происходит при первоначально заданном давлении и расходе воды. Ее конструкция защищена патентом на изобретение [5].

Указанный рабочий орган рекомендуется использовать для удаления прочносвязанных загрязнений с полов, стен, крыши и других поверхностей производственных объектов.

В качестве еще одного рабочего органа предложена конструкция насадки, обеспечивающей режим гидродинамической кавитации в потоке выбрасываемой воды. Область применения такой насадки – это мойка и дезинфекция машин и оборудования в животноводстве и птицеводстве, а также молочного и другого оборудования в переработке. Есть основания полагать об эффективности его применения при подготовке поверхностей машин и окраске, а также дегазации и дезактивации специальной техники [6,7]. Указанный насадок состоит из соосно расположенных в определенной последовательности конфузора, проставки с цилиндрической проточной частью и диффузора. Полным факторным экспериментом были установлены геометрические размеры проходного тракта насадка генерирующего кавитацию в потоке проходящей воды.

Проведенные в условиях ОАО «Минский Агросервис» производственные испытания брандспойта как с конически сходящимся насадком, так и насадком, генерирующем кавитацию в струе, подтвердили в целом правильность принятых технических решений. Отмечено заметное снижение концентрации мелкодисперсной водяной пыли в зоне работы мойщика (рис. 3).

Известно [8], что высокая концентрация водяной пыли является крайне вредным производственным фактором.

В процессе испытаний установлено, что разработанный брандспойт с регулируемым углом распыления струи, позволил сократить время мойки целого ряда сельхозмашин на 10% и более. Более приоритетным вариантом комплектации брандспойта оказалось сопло генерирующее кавитацию. Пропорционально этому уменьшилось и энергопотребление, чем доказана практическая ценность данного рабочего органа к моечным установкам. К настоящему времени разрабо-



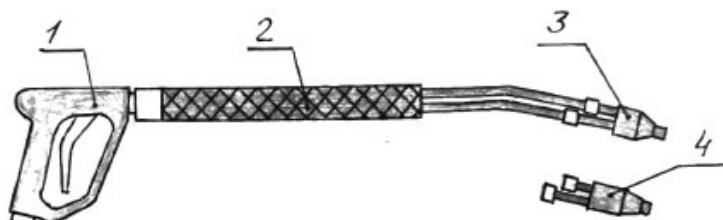
Рис. 3 – Производственные испытания опытного образца брендспойта с насадком, генерирующим кавитацию в струе ( $d_n = 1,8$  мм)

тана конструкторская документация на три варианта брендспойта под коммерческим названием «Торнадо1, 2 и 3»).

Вариант «Торнадо1» представлен на рис. 3. Это наиболее простая и технологичная в изготовлении конструкция в которой для управления подачей воды использован шаровой кран.

В конструкции «Торнадо2» не используются импортные комплектующие и управление подачей воды осуществляется клапаном, расположенным в закрытом объеме распределителя.

«Торнадо3» представлен на рис. 4. В его комплектацию включена рукоятка-пистолет фирмы R+M/Suttner, позволившая сохранить эргономичность конструкции и минимизировать число деталей



1 – рукоятка с запорным клапаном; 2 – ствол; 3 – насадок для формирования вращающейся струи с регулируемым углом распыления; 4 – турбофреза с регулируемой частотой вращения волчка.

Рис. 4 – Общий вид конструкции брендспойта (вариант «Торнадо3») и сменных адаптеров к нему

## Выводы

Современные высоконапорные шланговые моечные установки характеризуются низким уровнем энергоэффективности и их полный КПД колеблется в пределах от 53,3 до 83,3%. Предложены качественно новые конструкции рабочего органа (брендспойта) с набором адаптеров не только повышающих энергоэффективность, но и расширяющих технологические возможности высоконапорных моечных машин. Это стало возможным благодаря использованию принципа «вращающихся» струй и явления гидродинамической кавитации. Обеспечена повышение производительности труда мойщика на 10% и более, а так же улучшено качество мойки машин

УО «БГАТУ» может передать свои разработки заинтересованным организациям на условиях лицензионного договора.

## Список использованных источников

1. Лепешкин, А. В. Гидравлика и гидропривод [Текст]: монография, часть 2. – Москва: МГИУ, 2005. – 292 с.
2. Медведев, В. Ф. Гидравлика и гидравлические машины [Текст]: монография, – Минск: Высшая школа. 1998. – 315 с.
3. Башта, Т. М. Гидравлика. [Текст]: монография, – Москва: Машиностроение. 1970. – 438 с.
4. Брандспойт: пат. 16761 Респ. Беларусь, МПК В05В1/00, В05В1/34 / И. И. Хилько, Д. П. Соболев; опубл. 09.10.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 1. – С. 67–68.
5. Гидрофрезы: пат. 17517 Респ. Беларусь, МПК В05В3/02 / И. И. Хилько, Д. П. Соболев; заявитель БГАТУ. – № а20110481; заявл. 14.04.2011; опубл. 27.05.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 4.
6. Толочко, Н. К. Кавитационные моечно-очистные технологии и их применение в сельском хозяйстве / Н. К. Толочко, А. Н. Челединов. – Минск: БГАТУ, 2018–284 с.
7. Наш брендспойт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://youtu.be/t4j7ky7GYkq>. – Дата доступа 20.09.2019.
8. Устройство для безопасной очистки техники [Текст] / М. В. Латышенко [и др.] / «Техника в сельском хозяйстве». – 2011. – № 6. – С. 16–17.

УДК: 637.115.6

Поступила в редакцию 25.10.2019  
Received 25.10.2019

**И. А. Афанасьев**

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»  
пгт Глеваха, Украина  
e-mail: nnc-imesg@ukr.net*

### **К ВОПРОСУ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУММЕТРИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ В МОЛОКОСБОРНОЙ КАМЕРЕ КОЛЛЕКТОРА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА**

В статье рассматривается проблема низкого уровня автоматизации доильного оборудования для коров в специальных залах.

Для решения данной проблемы разработаны конструктивно-технологическая схема и алгоритм работы адаптивной доильной аппаратуры с изменением вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора доильного аппарата. Использование которых, приведет к меньшему влиянию человеческого фактора; уменьшению времени холостого доения; повышению полноты выдаивания и уменьшению заболеваемости животных маститом.

*Ключевые слова:* аппарат доильный, машинное доение, установка доильная автоматизированная, адаптивная доильная аппаратура.

**I. A. Afanasyev**

*National Scientific Center “Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture”,  
Glevaha, Ukraine  
e-mail: nnc-imesg@ukr.net*

### **TO THE QUESTION OF ADAPTIVE MANAGED OF VACUUM-PRESSURE IN THE COLLECTOR MILK CHAMBER OF THE MILKING MACHINE**

The article deals with the problem of low level of automation of milking equipment for milking cows in milking parlors.

To solve this problem, design and technological scheme and the work algorithm of the adaptive milking equipment with the change of pressure in the collector milk chamber of the milking machine are developed. The use of which will lead to: less influence of the human factor, reducing the time of idle milking; increasing the completeness of milking of the animals and reducing the morbidity of animals to mastitis.

*Keywords:* milking machine, machine milking, milking automated installation, adaptive milking equipment.