DOI: 10.17117/na.2016.10.03.336

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.336.pdf>

Поступила (Received): 24.10.2016

Шемякин А.В., Терентьев В.В., Морозова Н.М. Теоретическое обоснование очистки сельскохозяйственных машин с использованием энергии кавитации

**Shemyakin A.V., Terentiev V.V., Morozova N.M.
Theoretical justification of the cleaning of agricultural
machinery using energy of cavitation**

Статья содержит теоретическую информацию о возможности использования энергии кавитационной струи для очистки поверхностей сельскохозяйственных машин. Получена аналитическая зависимость условия разрушения загрязнения под воздействием кавитационной струи

The article contains theoretical information on the possibility of using the energy of the cavitation jet for cleaning surfaces of agricultural machines. The relationship terms of the destruction of pollution under the impact of a cavitation jet

Ключевые слова: очистка, кавитация, струя

Key words: cleaning, cavitation, jet

Шемякин Александр Владимирович

Доктор технических наук, доцент
Рязанский государственный агротехнологический
университет им. П.А. Костычева
г. Рязань, ул. Костычева, 1

Shemyakin Alexander Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan state agrotechnological university named
P.A. Kostychev
Ryazan, Kostycheva st., 1

Терентьев Вячеслав Викторович

Кандидат технических наук, доцент
Рязанский государственный агротехнологический
университет им. П.А. Костычева
г. Рязань, ул. Костычева, 1

Terentyev Vyacheslav Viktorovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan state agrotechnological university named
P.A. Kostychev
Ryazan, Kostycheva st., 1

Морозова Наталия Михайловна

Кандидат технических наук, доцент
Рязанский государственный агротехнологический
университет им. П.А. Костычева
г. Рязань, ул. Костычева, 1

Morozova Nataliya Mikhailovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan state agrotechnological university named
P.A. Kostychev
Ryazan, Kostycheva st., 1

Работа по удалению загрязнения с поверхностей сельскохозяйственных машин складывается из механической работы, совершаемой струей воды или другими механическими факторами и приспособлениями и химической работы по ослаблению адгезионных связей между частицами загрязнений с очищаемой поверхностью [1,12].

Изменение величины химической работы связано с применением водных растворов на основе синтетических моющих веществ, что повышает энергозатраты на обслуживание, снижает безопасность работ, увеличивает экологическую опасность.

Поэтому повышение эффективности очистки необходимо осуществлять увеличением ее механического воздействия, которое может быть достигнуто за счет подвода дополнительного вида энергии, в качестве которого может быть использовано явление кавитационного взрыва [2].

Рассмотрим механизм взаимодействия энергии кавитационного взрыва с определенной массой загрязнения, которое расположено на поверхности объекта мойки [3]. При снижении давления в движущемся потоке жидкости до критического состояния, образуется пузырек воздуха, который движется в потоке по его направлению к поверхности загрязнения со скоростью $V_{\text{п}}$. Через определенный промежуток времени происходит возмущение верхней части пузырька из-за наличия градиента давления вблизи его стенок. При этом происходит образование микроструек жидкости, вызванное деформацией пузырька. Образующиеся микроструйки «прошивают» пузырек воздуха со скоростью $V_{\text{к}}$, которая имеет очень большое значение. Микроструйки воздействуют на поверхность загрязнения, разрушая ее [5,11,13,14].

При внедрении струйки в частицу загрязнения давление на контактной поверхности составит, в случае жесткого удара:

$$P = \frac{1}{2} \rho_{\text{к}} (V_{\text{об}} - U)^2 \quad (1)$$

где P – давление на контактной поверхности, Па,

$\rho_{\text{к}}$ – плотность жидкости в кумулятивной струйке, кг/м³,

$V_{\text{об}}$ – суммарная скорость взаимодействия кавитационной энергии с загрязнением, м/с,

U – скорость контактной поверхности частицы загрязнения с кумулятивной струйкой, м/с.

В то же время, принимая, что материал частицы при ударе начинает течь, получаем давление на контактной поверхности:

$$P = \frac{1}{2} \rho_{\text{з}} \cdot U^2 + P_{\text{д}} \quad (2)$$

где $\rho_{\text{з}}$ – плотность частицы загрязнения, кг/м³,

$P_{\text{д}}$ – динамический предел текучести, Па.

Приравняв выражение (1) и (2) и вводя соответствующие обозначения, получаем скорость контактной поверхности[^]

$$U = \frac{1}{1 - \varphi_1} \left(V_{\text{об}} - \varphi_1 \sqrt{V_{\text{об}}^2 + \varphi_2} \right) \quad (3)$$

где

$$\varphi_1 = \frac{\sqrt{\rho_{\text{с}}}}{\rho_{\text{к}}} \quad (4)$$

$$\varphi_2 = \frac{2P_{\text{д}} \left(1 - \frac{\sqrt{\rho_{\text{с}}}}{\rho_{\text{к}}} \right)}{\rho_{\text{с}}} \quad (5)$$

При установившемся процессе за один и тот же достаточно малый промежуток времени dt контактная поверхность пройдет путь, равный:

$$dL_U = U \cdot dt \quad (6)$$

Если кумулятивную струйку представить в виде жидкого клина, тогда за промежуток времени dt ее размер, в результате контакта с поверхностью, увеличится на величину:

$$dL_C = V_{OB} \cdot dt \quad (7)$$

Тогда малый промежуток времени определится:

$$dt = \frac{dL_{ГЛ}}{U} = \frac{dL_C}{V_{OB}} \quad (8)$$

Отсюда можно выразить глубину разрушения загрязнения:

$$L_{ГЛ} = \int_{2r}^{2R} \frac{U}{V_{OB}} dL_C \quad (9)$$

Если принять, что соударение происходит по длине струйки, равной начальному диаметру пузырька и, считая, что наименьший радиус пузырька есть радиус образующейся струйки. Тогда разрушение частицы загрязнения за один удар струйки произойдет в том случае, если глубина проникновения будет больше или равна среднему размеру частицы загрязнения.

$$l_{ГЛ} = \int_{2r}^{2R} \frac{2}{1-\varphi_1^2} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{\varphi_2^2}{V_{OB}^2}} \right) dR \quad (10)$$

Из выражения (10) видно, что для разрушения адгезионных связей частиц загрязнений с поверхностью машины, необходимо получать пузырьки такого радиуса, которые удовлетворяют следующим условиям [7,8,9]:

$$L_{ГЛ} \geq L_{CP}, \quad (11)$$

где L_{CP} – средний размер частицы загрязнения.

$$V_{OB} > \frac{\sigma}{\sqrt{E \cdot \rho_3}} \quad (12)$$

где σ – предельное напряжение разрушения адгезионных связей частиц загрязнения, Па,

E – модуль упругости загрязнения, Па.

Создание кавитационной струи, приводящей к выполнению выше указанных условий, приведет к интенсификации процесса очистки и повышению его качества.

Список используемых источников:

1. Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Попов А.С. Исследование способа очистки деталей сельскохозяйственных машин от консервационного материала с использованием устройства струйно-щеточного действия // Вестник РГАТУ. Рязань, 2012. № 3. С. 51-53.
2. Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Латышёнок М.Б. Механическая очистка деталей сельскохозяйственной техники от консервационного материала // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., 2012. № 2. С. 28-29.
3. Шемякин А.В., Астахова Е.М. Детерминальная модель хранения сельскохозяйственной техники // Сб. науч. тр. молодых ученых Рязанской ГСХА. Рязань, 2005. С. 137-139.
4. Шемякин А.В., Терентьев В.В. Устройство для разгрузки сыпучих материалов из бункера // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., 2008. 7. С. 47.
5. Шемякин А.В., Астахова Е.М. Основные параметры абразивно-кавита-ционной струи и их влияние на интенсивность очистки сельскохозяйственных машин // Вестник РГАТУ. Рязань, 2010. № 4. С. 65-66.
6. Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Терентьев В.В., Костенко Н.А. Прогнозирование качества работы картофелеуборочной машины // Сельский механизатор. М., 2013. № 5 (51). С. 6-7.
7. Шемякин А.В., Шемякина Е.Ю. Оценка качества хранения сельскохозяйственной техники // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., 2008. № 11. С. 2-3.

8. Шемякин А.В., Подъяблонский А.В. Технология и устройство для механической очистки деталей сельскохозяйственных машин от консервационного материала // Сб. науч. тр. преподавателей и аспирантов РГАТУ. Рязань, 2012. С. 30-33.
9. Шемякин А.В., Латышёнок М.Б. Теоретические основы повышения эффективности струйной очистки сельскохозяйственной техники // Ремонт, восстановление, модернизация. М., 2010. № 11. С.45-46.
10. Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Латышёнок М.Б., Морозова Н.М. Укрытие для хранения сельскохозяйственной техники // Известия ТулГУ. Тула, 2011. № 4. С. 204-207.
11. Макеева, Е.Ю., Шемякин А.В., Терентьев В.В. Сопло для моечных установок // Патент на полезную модель RUS 73293 02.03.2007.
12. Морозова Н.М., Шемякин А.В., Терентьев В.В. Принципы организации выполнения работ по проведению подготовки и хранению зерноуборочных комбайнов // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. С-Пб., 2013. С. 355-358.
13. Шемякин А.В., Терентьев В.В. Экспериментальная установка для очистки сельскохозяйственной техники // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., 2008. № 6. С. 29-30.
14. Шемякин А.В., Терентьев В.В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск, 2016. № 2 (65). С. 87-91.

© 2016, Шемякин А.В., Терентьев В.В.,
Морозова Н.М.
Теоретическое обоснование очистки
сельскохозяйственных машин с
использованием энергии кавитации

© 2016, Shemyakin A.V., Terentiev V.V.,
Morozova N.M.
Theoretical justification of the cleaning of
agricultural machinery using energy of
cavitation