

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ

**А. В. Корнеев**

*ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** Приведены сведения по технологии очистки. Изложены методологические основы процесса удаления загрязнений струей моющей жидкости.*

***Ключевые слова:** загрязнения; струйная очистка; гидродинамическое воздействие; интенсификация.*

## REGULARITIES OF THE BLAST CLEANING PROCESS

**A. V. Korneev**

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation*

***Abstract:** Information on cleaning technology is provided. The methodological basis of the process of removing contaminants using a jet of washing liquid is outlined.*

***Keywords:** pollution; blast cleaning; hydrodynamic impact; intensification.*

При эксплуатации сельскохозяйственной техники на ее наружных поверхностях откладываются различные по характеру и свойствам загрязнения, которые состоят из частиц неорганического и органического происхождения. При этом наиболее мелкие частицы металлов и минералов склонны к образованию групп загрязнений, прочно соединяющихся между собой и имеющих большое сцепление с очищаемой поверхностью. Подобные загрязнения обладают большой свободной поверхностью и активно адсорбируют масляные вещества, склонные к полимеризации. Частицы пыли, попадающие из атмосферы, способствуют увеличению сцепляемости загрязнений с очищаемой поверхностью [1].

Известно [2], что загрязнения препятствуют эффективному проведению контрольно-регулирующих работ (дефектация, дефектоскопия, диагностика, регулирование зазоров и т.п.), снижают производительность труда и культуру производства, оказывают

неблагоприятное действие на эксплуатационные свойства и работоспособность машин. Этим объясняется потребность в проведении качественной очистки загрязненных объектов в процессах технического обслуживания и ремонта машин.

Очистка наружных поверхностей машин представляет собой совокупность физико-химических процессов, эффективность которых зависит от вида и свойств загрязнений, активности моющего раствора, конструктивных особенностей очищаемых поверхностей, технологических режимов очистки.

В основе процесса струйной очистки лежит гидродинамическое взаимодействие моющего раствора с частицами загрязнений. Механическое воздействие жидкости на загрязненную поверхность является основным фактором, определяющим эффективность струйной очистки.

Процесс струйной очистки характеризуется двумя связанными между собой этапами: отрыв частиц загрязнений от поверхности, транспортирование частиц загрязнений из зоны очистки. Отрыв частиц от поверхности возможен если сумма сил гидродинамического воздействия моющей жидкости превысит прочностные свойства загрязнений, характеризующиеся их адгезией к металлической поверхности и когезией самих загрязнений.

Важной гидравлической характеристикой высоконапорной незатопленной струи моющей жидкости является ее давление, формирующее силу удара струи о поверхность.

Рассмотрим механизм отрыва частиц загрязнений потоком моющей жидкости. На частицу, лежащую на очищаемой поверхности действуют следующие силы: сила тяжести частицы загрязнения в жидкости  $G$ ; сила адгезии  $P_{ад}$ ; подъемная сила  $P_{под}$ ; представляющая собой вертикальную составляющую главного вектора гидродинамического воздействия жидкости на частицу; сила лобового сопротивления  $P_{лоб}$ , которая является составляющей главного вектора гидродинамического воздействия жидкости на частицу, совпадающей с направлением движения потока жидкости. Сила трения загрязнений  $P_{заг}$  о поверхность очищаемой детали параллельна очищаемой поверхности и направлена в сторону противоположную вектору скорости движения моющего потока.

Таким образом, отрыв загрязнений от очищаемого объекта возможен, если сумма сил гидродинамического воздействия

моющей жидкости на частицу в направлении потока превысит силу трения частицы загрязнения о поверхность:

$$P_{\text{лоб}} > P_{\text{аг}}, \quad (1)$$

Закономерен вывод, что это условие является основой механизма удаления загрязнений потоком моющей жидкости.

Величина силы трения частицы загрязнения о поверхность зависит от силы ее сцепления с поверхностью, обусловленной в основном силой тяжести частицы  $G$  и силой адгезии  $P_{\text{ад}}$ .

Проведенный анализ опубликованных работ по обозначенной теме позволяет сделать заключение, что на процесс гидродинамической очистки влияют два основных фактора: сила гидромеханического удара струи о поверхность и скорость потока жидкости в зоне контакта с очищаемой поверхностью (скорость растекания потока по поверхности).

Первый фактор реализуется при механическом воздействии струи на очищаемую поверхность в зоне непосредственного контакта (зоне действия нормальных напряжений), ограничивающейся ее диаметром. При этом разрушающее действие высоконапорной струи и жидкости осуществляется за счет нормальных напряжений [3].

$$G = \frac{P_{\text{уд}}}{F}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{уд}}$  – сила удара струи о поверхность, Н;  $F$  – площадь зоны непосредственного контакта струи с поверхностью, м<sup>2</sup>.

Второй фактор механического воздействия струи оказывает разрушающее и транспортирующее действие в зоне растекания жидкости, образующей круглое пятно очищенной поверхности.

Струя аэрированной жидкости, ударяющая в поверхность и, коснувшись ее, расплющивается до какого-то сжатого сечения с определенной толщиной пограничного слоя жидкости, изменяет направление движения и далее растекается по поверхности, формируя касательные напряжения, что приводит к окончательному разрушению загрязнений. Очевидно, что разрушение и транспортирование частиц загрязнений возможно при соблюдении условия, при котором сумма сил гидродинамического воздействия жидкости на частицы загрязнений в направлении потока превысит силу трения частиц о поверхность:

$$P_{\text{лоб}} > P_{\text{тр}}. \quad (3)$$

В соответствии с формулой Н. Е. Жуковского сила лобового сопротивления частицы загрязнения сферической формы с коэффициентом ее сопротивления  $C_x = const = 0,4$  при турбулентном движении потока жидкости ( $Re = 2 \cdot 10^3 \dots 10^4$ ) определяется по формуле [4]:

$$P_{\text{лоб}} = 0,2\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot V^2, \quad (4)$$

где  $d$  – диаметр частицы загрязнения, м;  $\rho$  – плотность жидкости на выходе из насадки, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – скорость потока жидкости относительно омываемой поверхности, м/с.

Из формулы (4) видно, что для отрыва частицы загрязнения определяющей является скорость потока жидкости. Следует также иметь в виду, что сила удара струи (гидродинамическое давление) о поверхность, расположенную под углом  $\alpha$  к струе на расстоянии  $\ell$ , пропорциональна квадрату скорости потока жидкости [3]:

$$P_{\text{уд}} = \rho \cdot F \cdot V^2 \cdot \sin\alpha, \quad (5)$$

где  $\rho$  плотность жидкости в аэрированной струе на расстоянии  $\ell$  от насадка, кг/м<sup>3</sup>;  $F$  – площадь поперечного сечения аэрированной струи на расстоянии  $\ell$  от насадка, м<sup>2</sup>;  $V$  – средняя скорость потока жидкости в струе на расстояние  $\ell$  от насадка, м/с;  $\alpha$  – угол наклона струи к очищаемой поверхности, рад.

На основе анализа зависимостей (4 и 5) можно обозначить несколько направлений научных исследований, имеющих целью повышение качества струйной очистки наружных поверхностей машин за счет интенсификации процесса.

К *первому* направлению следует отнести исследования по обоснованию параметров, определяющих конструкцию насадка [5] (форма кавитационного сопла-отверстия, площадь поперечного сечения проходного отверстия, отношение поперечного размера проходного отверстия к длине насадка). От конструкции насадка зависят скорость струи, плотность жидкости и площадь сечения струи, формирующие силу удара струи (гидродинамическое давление).

*Второе* направление реализуется обоснованием оптимальных значений расстояния от среза насадка до очищаемой поверхности, угла наклона высоконапорной незатопленной струи к очищаемой поверхности (угла атаки), скорости перемещения струи относительно очищаемой поверхности.

*Третье* направление предполагает увеличение гидродинамической мощности (произведение подачи на давление) насосной установки.

Таким образом, изыскание и исследование способов интенсификации струйной очистки имеет комплексный характер и представляет собой самостоятельное научно-техническое направление.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бедрик, Б. Г. Растворители и составы для очистки машин и механизмов / Б. Г. Бедрик, П. В. Чулков, С. И. Калашников. – М. : Химия, 1989. – 176 с.
2. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тельнов. – М. : Колос, 1983. – 256 с.
3. Козлов, Ю. С. Очистка изделий в машиностроении / Ю. С. Козлов, О. К. Кузнецов, А. Ф. Тельнов. – М. : Машиностроение, 1982. – 264 с.
4. Белянин, П. Н. Промышленная чистота машин / П. Н. Белянин, В. М. Данилов. – М. : Машиностроение, 1982. – 224 с.
5. Толочко, Н. К. Кавитационные моечно-очистные технологии и их применение в сельском хозяйстве / Н. К. Толочко, А. Н. Челединов. – Минск : БГАТУ, 2018. – 284 с.
6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.
7. Дидманидзе, О. Н. Технический сервис в АПК / О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2015. – 110 с.
8. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. – 232 с.

#### ***Об авторе:***

**Корнеев Анатолий Викторович**, аспирант, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Россия, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5).

#### ***About the author:***

**Anatoly V. Korneev**, graduate student, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russia, Moscow, 1st Institute Passage, 5).