

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



КИРИЛИН АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА МОЙКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 05.20.03 - Технологии и средства технического обслуживания в
сельском хозяйстве

Научный руководитель:

д.т.н., доцент А.В. Шемякин

Рязань 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Состояние вопроса и задачи исследования.....	8
1.1 Характеристика загрязнений сельскохозяйственной техники	8
1.2 Анализ технологий мойки поверхностей сельскохозяйственной техники.....	11
1.3 Анализ применяемых конструкций и средств механизации для мойки сельскохозяйственной техники	18
1.4 Анализ применяемых конструкций насадок.....	29
1.5 Постановка научной проблемы цель и задачи работы, алгоритм исследования.....	38
Глава 2 Теоретическое исследование мойки сельскохозяйственных машин вращающимися струями.....	41
2.1 Конструктивное решение.....	41
2.2 Теоретическое исследование движения капель вращающихся струй.....	43
2.3 Теоретическое исследование ударного воздействия капель струи.....	46
2.4 Исследование разрушения загрязнений при воздействии вращающихся струй.....	50
Выводы	53
Глава 3. Методики проведения экспериментальных исследований.....	55
3.1 Общие сведения.....	55
3.2 Методика лабораторных исследований	56
3.3 Методика натурных испытаний.....	63
Глава 4. Результаты исследования.....	70
4.1 Результаты лабораторных исследований	70
4.2 Результаты натурных испытаний.....	77
4.3 Экономическая эффективность.....	84
Выводы.....	89

Заключение	90
Список используемой литературы.....	92
Приложения.....	110

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы работы. В процессе эксплуатации сельскохозяйственных машин на поверхности скапливаются различные загрязнения, которые под действием климатических факторов образуют на поверхности плотные отложения, оказывающие резко негативное влияние на эффективность использования машин. В связи с этим мойка техники является одним из ключевых процессов, оказывающих влияние на эффективность использования техники и повышение качества сельскохозяйственных работ.

В настоящее время малые и фермерские хозяйства заинтересованы в использовании эффективной и недорогой техники для мойки сельскохозяйственных машин от загрязнений. Среди таких моечных машин широкое применение нашли установки высокого давления.

Технология использования струй высокого давления позволяет качественно очищать поверхность сельскохозяйственных машин. Качественная мойка струями высокого давления достигается за счет применением различных конструкций насадок, позволяющих придать струе жидкости различную конфигурацию.

Не смотря на широкое применение и ряд достоинств данные установки имеют один существенный недостаток, это повышенный расход воды, что непосредственно влияет на повышение затрат моечного процесса, которые для товара производителя и без того велики. В связи с этим для экономии природных ресурсов и снижения затрат на мойку сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств необходимо уделить внимание поиску новых устройств которые позволят повысить энергонасыщенность (эффективность) водных струй без повышения давления. Исследования показали, что в настоящее время весьма перспективным является конструкции универсальных сопел позволяющих придать моечной струе различную форму.

Степень разработанности темы. Проблемами очистки и защиты сельскохозяйственных машин от внешних воздействий занимались ученые:

В.К. Астанин, Н.В. Бышов, Ю.С. Козлов, Н.П. Колесников, М.Б. Латышенко, Е.В. Пухов, В.И. Савченко, А.П. Садовский, В.И. Семенов, Н.С. Серпокрылов, С. Спринг, Н.Ф. Тельнов, И.А. Успенский, А.И. Ушанев, И.В. Фадеев, А.В. Шемякин, И.А. Юхин и многие другие. Высоко оценивая полученные результаты, отражённые в работах вышеназванных авторов, необходимо отметить, что в них недостаточно полно рассматриваются процессы повышения энергонасыщенности водяной струи без повышения её давления в процессе мойки.

Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 г.г. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве»

Цель исследований. Повышение эффективности процесса мойки сельскохозяйственных машин обоснованием параметров устройства для создания вращающейся моечной струи.

Задачи исследования, обеспечивающие достижение поставленной цели, сводятся к следующему

1. Разработать конструкцию моечного устройства с вращающейся струей для мойки сельскохозяйственных машин.
2. Теоретически обосновать параметры устройства мойки с созданием вращающейся струи
3. Экспериментально уточнить рациональные параметры устройства мойки с созданием вращающейся струи.
4. Определить экономический эффект применения разработанного моечного устройства.

Объект исследования. Устройство мойки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин.

Предмет исследования. Параметры устройства мойки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин.

Научная новизна:

- теоретически обоснованные параметры устройства мойки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин;
- результаты экспериментальных исследований мойки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин с применением вращающейся струи.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически рассмотрено движение капель вращающихся струй, их ударное воздействие на загрязнение и процесс разрушения загрязнений.

Представлено моечное устройство, позволяющее создать вращающуюся струю для мойки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин. Новизна подтверждена патентом на полезную модель №183001 «Устройство для создания вращающейся гидравлической струи».

Методология и методы исследования. В теоретических исследованиях использовались законы гидродинамики, теплотехники, теоретической механики, физики. При экспериментальных исследованиях использовались общеизвестные методики, а так же разработанные на их основе частные методики. При этом использовались современные приборы и оборудование, а так же специально изготовленные установки. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики с использованием современных математических и компьютерных программ.

Основные положения, выносимые на защиту.

- теоретически обоснованные параметры устройства мойки с созданием вращающейся струи;
- результаты экспериментального уточнения параметров устройства мойки с созданием вращающейся струи.

Достоверность результатов исследований.

Достоверности научных положений подтверждена достаточной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также применением современных методик, устройств и средств исследования и обработки результатов экспериментов.

Реализация результатов исследований

Результаты исследований и хозяйственных испытаний используются в хозяйстве ООО "РЯЖСКАЯ МТС" Ряжского района Рязанской области.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в разработке и формулировании цели работы, определении направлений теоретических и экспериментальных исследований, установлении принципиальных методологических и методических положений, организации и проведении комплексных исследований, обобщении положений по повышению производительности и качества процесса мойки.

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических конференциях: в ФГБОУ ВО РГТУ (г. Рязань, 12 декабря 2016г.); НГАУ (г.Новосибирск, 25 декабря 2017г.); ФГБОУ ВО Юго – Западный Государственный университет (г.Казань 24 – 25 ноября 2016 г., 20 – 23 май 2017 г.)

Публикации результатов исследования. Основные положения диссертации опубликованы в 14 научных трудах, в том числе 1 в изданиях рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ, 1 патент РФ на полезную модель.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка используемой литературы (152 наименования) и 4 приложений. Работа изложена на 124 страницах машинописного текста, включающая 11 таблиц, 52 рисунка.

Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Характеристика загрязнений сельскохозяйственной техники

Самое информативное представление о разновидностях имеющихся загрязнений приведено в классификации, разработанной профессором Н.Ф. Тельновым (рисунок 1.1) [5, 6, 7, 9, 12, 17, 18, 33, 34, 45, 54, 62, 78, 114, 117], которая позволяет разделить загрязнения по источникам появления, физико-химическим параметрам и их влияния на выбор способа удаления при очистке поверхностей.

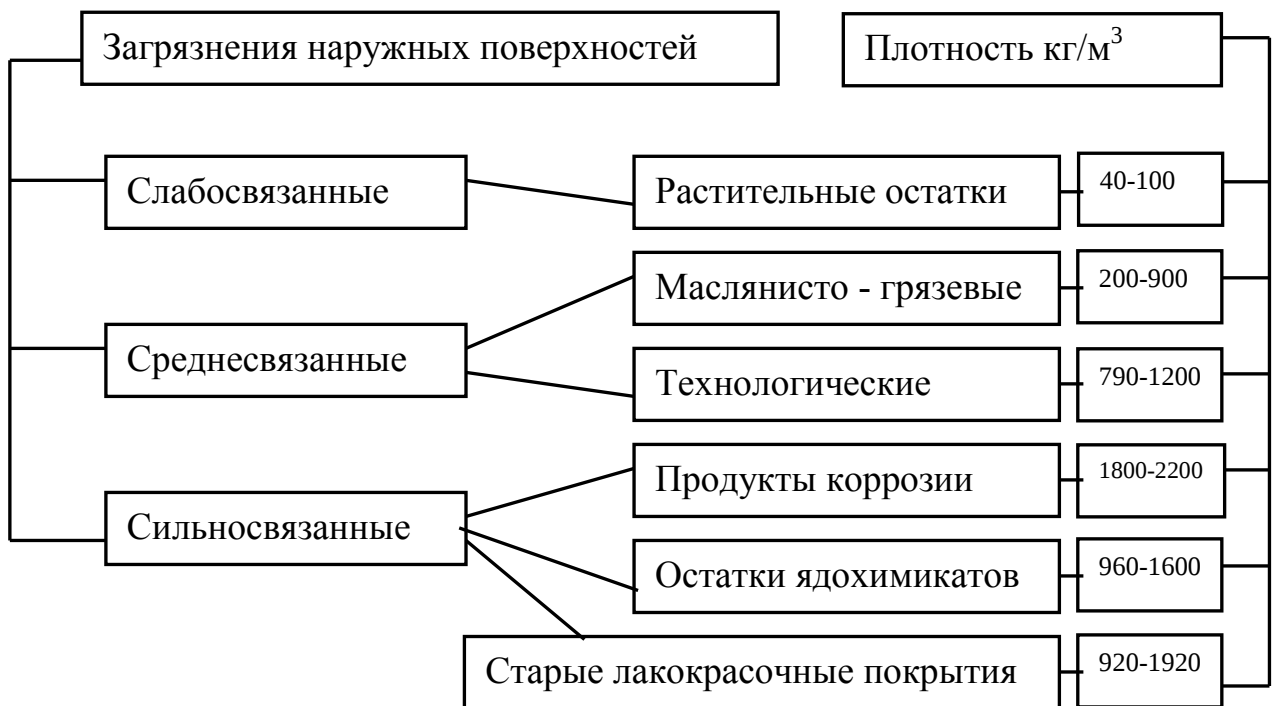


Рисунок 1.1 – Классификация загрязнений в зависимости от трудности их удаления и их плотности

- Растительные остатки накапливаются во время эксплуатации техники в полях. Они собираются на внешних элементах машин, в бункерах и на различных выступах, в полостях и представляют собой смесь соломы, половы с пылью и кусочками земли. Надежному закреплению почвенной грязи и

остатков растительного происхождения на поверхностях машины способствует наличие воды и растительных соков.

- Маслянисто-грязевые отложения формируются при контакте дорожной пыли и грязи с замасленными деталями сельскохозяйственной техники. Также вероятен и обратный эффект - на загрязненные дорожной пылью части машин попадает масло и, оно, пропитывая грязь, обеспечивает плотное сцепление ее частиц с поверхностью машин.

- Технологические загрязнения возникают на различных элементах техники в процессе технического обслуживания и ремонта. К таким загрязнениям относится металлическая стружка, продукты износа, покрытия для продолжительного хранения и другие. Данные загрязнения нередко состоят из твердых абразивных зерен, которые скапливаются в глухих элементах внутренних поверхностей и других труднодоступных местах, откуда их практически невозможно удалить. При эксплуатации техники и агрегатов технологические загрязнения с течением времени вымываются, попадают на узлы и детали, интенсифицируя процесс износа трущихся элементов машин.

- Остатки ядохимикатов - это сложный многокомпонентный минерально-органический состав, представляющий собой смесь разнообразных фракций (дорожная пыль, масляные отложения и др.) с минеральными удобрениями, применяемыми, например, для борьбы с сорняками и вредителями сельскохозяйственных культур.

- Старые лакокрасочные покрытия относятся к внешним загрязнениям, которые требует снимать при ремонте и подготовке сельскохозяйственных машин к консервации при межсезонном хранении, с использованием различного технологического оборудования. Сохранившиеся старые покрытия не позволяют обеспечить надежную защиту металлических поверхностей техники от негативного воздействия внешней среды и кроме того нередко сами являются очагами коррозионного процесса и способствуют преждевременному разрушению машин. Проведение ремонтных работ без снятия разрушенного лакокрасочного покрытия приводит к снижению их качества, а при выполнении

сварочных операций остатки краски сгорают и выделяют в воздух рабочей зоны вредные вещества.

- Продукты коррозии формируются в процессе химического или электрохимического разрушения металлических элементов машин. Как правило, продукты коррозии скапливаются на поверхности машин в щелях, отверстиях, швах, стыках – местах, откуда их трудно удалить [8, 10, 53, 63, 76, 111, 112, 117].

Как показали исследования (рисунок 1.2, 1.3) [11, 47, 79, 90, 119, 121] из всей площади поверхностей, имеющих загрязнения, только незначительную часть составляют прочносвязанные загрязнения, но трудоемкость их удаления в несколько раз превышает другие виды загрязнений.

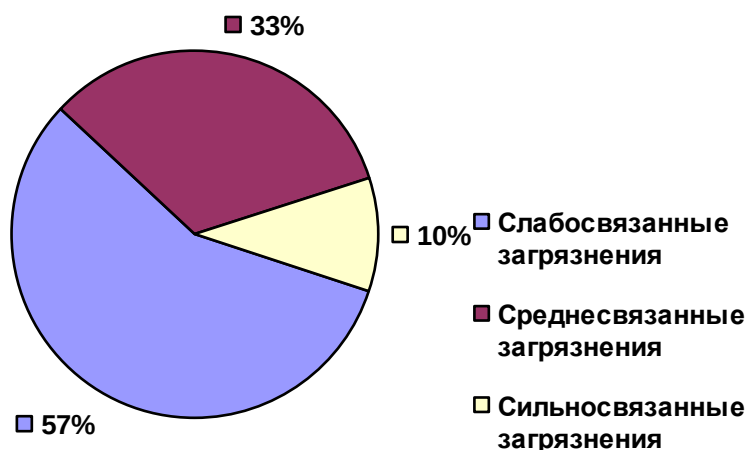


Рисунок 1.2–Диаграмма занимаемых площадей загрязнений

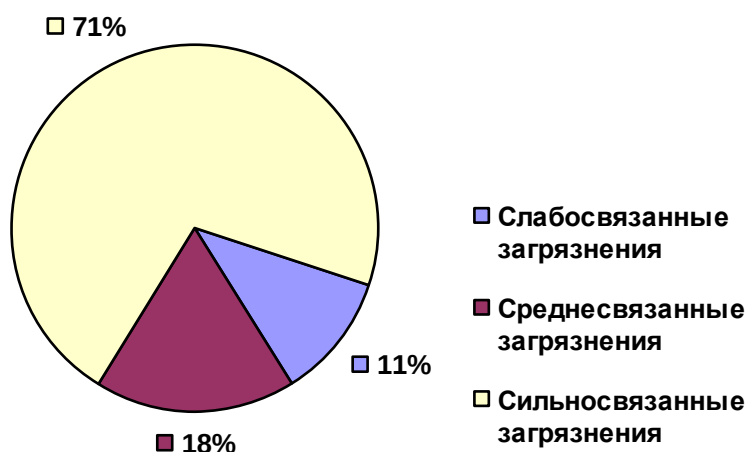


Рисунок 1.3–Диаграмма трудоемкости удаления загрязнений

Технологические условия, регламентирующие наличие на поверхности остаточных загрязнений, зависят от назначения мойки и условий использования этой поверхности. Под чистотой понимают такое состояние поверхности, при котором на ней остаются загрязнения в допустимом нормативами количестве [113, 115, 121].

Большинство загрязнений машин имеют многокомпонентные составы, включающие как жидкие, так и твердые фазы, имеющие разную дисперсность, что существенно влияет на адгезионную силу сцепления частиц загрязнения с очищаемой поверхностью [32, 37, 38, 118].

По особенностям формирования на наружных элементах машин и по плотности загрязнения могут быть поделены в три группы [35, 46, 113, 134].

Самую значительную часть площадь поверхностей машин сельскохозяйственного назначения составляют слабо связанные (57%) и средне связанные (33%) загрязнения, трудоемкость удаления которых с очищаемых поверхностей значительно ниже, чем у сильно связанных. Сильно связанные загрязнения (10%), как правило, расположены в местах доступ к которым затруднен и поэтому для их удаления требуется большие затраты труда (71%) [15, 76, 82, 83, 116, 133, 137, 139, 140].

На основании вышеизложенного можно сформулировать вывод о том, что высокой трудоемкости процесса мойки сельскохозяйственной техники от загрязнений.

Следовательно, существует потребность в разработке высокотехнологичного процесса мойки и специальных устройств, обеспечивающих качественное удаление всех загрязнений с высокой эффективностью и с минимальными материальными и трудовыми затратами.

1.2 Анализ технологий мойки поверхностей сельскохозяйственной техники

Мойка - это технологический процесс, обеспечивающий удаление загрязнений с поверхностей машин путем их разрушения (преодоление

прочностных и когезионных сил) с их последующим удалением (преодоление удерживающих адгезионных сил) [29, 53, 64, 96, 98, 107, 130, 139].

По способу удаления загрязнений (рисунок 1.4) все существующие моечно-очистные технологии условно делятся на механические, принцип действия которых основан на удалении грязи посредством струй воды под высоким давлением или ручным способом (металлическими щетками, скребками) и физико-химические, позволяющие удалять загрязнения путем растворения и смывания в процессе протекания химических реакций [2, 3, 13, 14, 16, 32, 34, 88, 90].

Очистка загрязненной поверхности технологических машин путем воздействия физико-химической энергии включает следующие основные процессы: эмульгирование, растворение, молекулярные превращения, диспергирование, химическое травление обрабатываемой поверхности и ряд других процессов. Данное энергетическое воздействие создается за счет использования моющих средств, которые подразделяются на органические и эмульсирующее растворители, кислотные растворы и синтетические моющие средства. Самую высокую степень очистки позволяют достичь синтетические моющие средства, в которых содержатся поверхностно-активные вещества, активно разрушающие очаги загрязнений на обрабатываемой поверхности. Ключевыми недостатками данной технологии мойки, ограничивающими ее практическое применение, является отрицательное воздействие на окружающую среду и вред, причиняемый здоровью оператора химическими компонентами, входящими в состав моющего средства.

Механическая энергия требуется для разрушения загрязнений и удаления их с очищаемой поверхности путем создания нормальных и касательных напряжений. Механическое удаление загрязнений может производиться соскабливанием (рисунок 1.5) или с использованием водяных струй высокого давления, которые создаются с помощью специальных устройств, которые называются сопла.

Соскабливание одна из самых широко применяемых технологий очистки при техническом обслуживании и ремонте машин. Способы выполнения данной операции могут быть различными [26, 28, 51, 53, 61, 139, 140]



Рисунок 1.4 –Технологии удаления загрязнений с поверхности машины



Рисунок 1.5 – Способы соскабливания загрязнений

Соскабливание с использованием ручного инструмента характеризуется самой низкой производительностью в сравнении с вышеприведенными способами, который осуществляется как с применением механического, так и электрического инструмента и применяется в тех случаях, когда использовать высокопроизводительное оборудование и технологии нецелесообразно или не представляется возможным.

Галтовка и виброабразивная очистка используются для очистки деталей от загрязнений на специализированном оборудовании, и, следовательно, данная технология не применима для наружной очистки и в нашей работе она не рассматривается.

К недостаткам технологий соскабливания относятся низкая производительность и высокая трудоемкость, а также необходимость применения специализированного инструмента.

В сельскохозяйственном производстве для очистки машин от загрязнений наиболее широкое применение нашли технологии с использованием сухих и водяных струй, классификация которых представлена на рисунке 1.6 [76, 131, 132, 136, 139, 140, 142].

Процесс удаления загрязнений с помощью косточковой крошки состоит в воздействии на обрабатываемую поверхность скорлупы или косточек, предварительно раздробленных до мелкодисперсных фракций, которые под давлением от 3 до 5 МПа (в зависимости от степени загрязнения и его вида) подаются сжатым воздухом к объекту очистки. Этот способ характеризуется

высокой степенью очистки при минимальных затратах, не оказывает разрушающего действия на очищаемую поверхность и может быть использован для очистки деталей из алюминиевых сплавов [76, 99, 139, 143, 147]. Негативным моментом использования косточковой крошки является высокое содержание пыли в воздухе рабочей зоны во время очистки, что существенно ухудшает условия труда оператора и требует применения дополнительных средств индивидуальной защиты или установки вытяжной вентиляции. Существенным недостатком данной технологии является сложность используемого оборудования, высокие затраты при применении установок с ручным управлением струйными соплами.

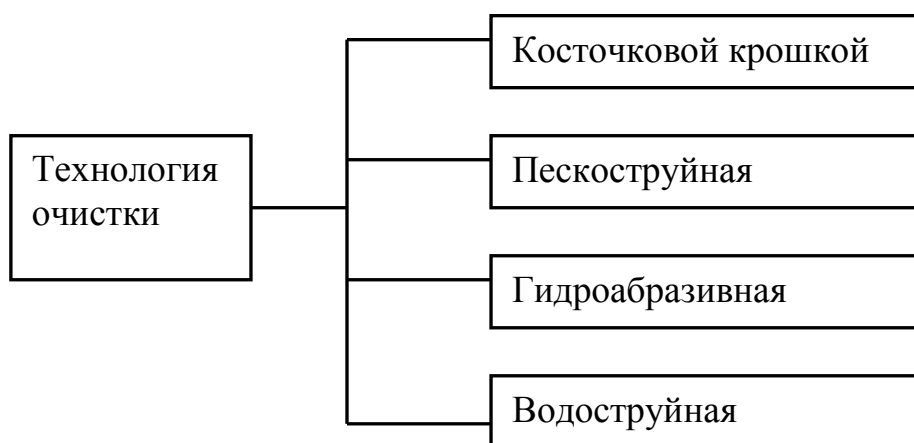


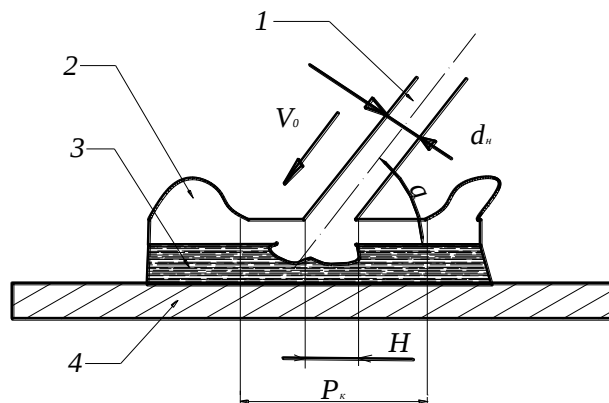
Рисунок 1.6 – Струйные технологии очистки

Применение пескоструйной технологии очистки целесообразно для удаления средне и сильно связных загрязнений (остатков лакокрасочного покрытия, продуктов коррозии). Данная технология заключается в обдувке очищаемых поверхностей металлическим или кварцевым песком [76, 99, 101, 139, 140, 145, 150]. При данном способе удаления загрязнений обрабатываемая поверхность кроме очистки дополнительно приобретает равномерную шероховатость, что значительно улучшает процесс нанесения краски, противокоррозионной обработки и ряда других операций. При очистке с помощью кварцевого песка отмечается повышенное содержание пыли в воздухе, которая негативно влияет на здоровье оператора и поэтому предпочтительным способом является применение в качестве компонента для

очистки металлического песка (дробь, изготовленной из металла). Технология дробеструйной очистки является более затратной по сравнению с пескоструйной, что объясняется высокой стоимостью металлических песков, даже при том, что расход дробы меньше в 4 раза. Недостатком дробеструйных технологий является возникновение электрохимического коррозионного процесса при очистке деталей, изготовленных из цветных металлов [53, 76, 55].

Для очистки машин при гидроабразивной технологии используется кварцевый песок, карбиды кремния, окиси алюминия. Сущность данной технологии заключается в резком выбросе гидроабразивной смеси с помощью сжатого воздуха на обрабатываемую поверхность. Очищающий эффект зависит от процентного содержания абразива в смеси, однако при его увеличении возникают трудности в доставке водно-абразивной эмульсии к объекту, а низкое содержание абразива приводит к ухудшению качества удаления загрязнений. Наибольшее применение в гидроабразивной технологии очистки получил кварцевый песок [90, 100, 139, 144, 148].

При водоструйной технологии очистки в качестве механического фактора, разрушающего загрязнение, применяется энергия гидравлического удара. Принцип действия гидравлической струи на загрязненную поверхность показан на рисунке 1.7.



1 – поток растекающейся жидкости; 2 – гидравлический прыжок потока; 3 – загрязнение; 4 – очищаемая поверхность; V_0 – скорость струи; α – угол наклона (атаки) струи; P – сила воздействия струи на загрязненную поверхность; N и T – нормальная и тангенциальная составляющие силы воздействия струи на загрязненную поверхность; d_n – диаметр струи

Рисунок 1.7 – Схема воздействия струи на омываемую поверхность

Применение гидравлической струи для удаления слабосвязных и среднесвязных загрязнений позволяет обеспечить высокую степень очистки. Принцип действия технологий водоструйной очистки основан на использовании силы гидравлического удара, которая определяется по формуле 1.1 [95, 105, 146, 149, 152]

$$P = m_0 v_0 (1 - \cos \alpha) = \rho \omega_0 v_0^2 (1 - \cos \alpha), \quad (1.1)$$

где P - сила удара струи, Н;

m_0 -секундная масса жидкости, кг/с;

ρ - плотность жидкости, кг/м³;

v_0 - скорость истечения жидкости из сопла, м/с;

ω_0 - сечение набегающей струи, м²;

α - угол отражения струи от точки встречи с преградой, рад.

Эффективность использования водоструйной очистки зависит от скорости истечения жидкости из сопла, которая определяется выражением:

$$v_0 = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (1.2)$$

где H - напор воды, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с²;

φ - коэффициент скорости зависящий от формы отверстия и типа насадки.

Скорость v_0 определяет расход воды Q через насадки:

$$Q = \frac{\pi d^2 v_0}{4000} \quad (1.3)$$

где d – диаметр сопла.

Уменьшая диаметр сопла d и повышая напор, можно получить, большую скорость истечения жидкости и тем самым повысить механическую силу воздействия (удара) при неизменном расходе воды.

Применение водоструйных технологий для удаления средне и сильносвязных загрязнений ограничено из-за резкого увеличения давления подачи моечного раствора, что влечет за собой рост потребления электроэнергии.

В целях исключения этого недостатка предложен способ гидродинамической кавитационной очистки [76, 80, 94, 151]. Сущность этого способа состоит в эрозионном воздействии кавитационных пузырьков, сгенерированных в специальном сопле и усиливающих степень разрушающего воздействие струи воды на объект очистки. Технологии кавитационной очистки являются наиболее перспективными, так как позволяют повысить механическое воздействие за счет дополнительной энергии, получить качественную очистку при минимальных затратах [65, 90, 109, 139, 140].

Кавитационная очистка отличается низкой производительностью и повышенной сложностью в управлении процессами кавитации, что существенно ограничивает диапазон ее применения. При этом способе очистки возникает потребность четкого выполнения расчетных параметров, обеспечивающих схлопывание кавитационных пузырьков непосредственно у загрязненной поверхности.

Проведенный анализ существующих технологий очистки показал, что наиболее перспективной для удаления загрязнений с поверхности техники является водоструйная очистка, позволяющая повысить уровень механического воздействия путем применения дополнительной энергии, в качестве которой может служить энергия вращающейся струи. Следовательно, для улучшения качества мойки загрязненных поверхностей сельскохозяйственных машин требуется разработать конструкцию устройства, позволяющего формировать вращающуюся струю и воздействовать ею на обрабатываемую поверхность.

1.3 Анализ применяемых конструкций и средств механизации для мойки сельскохозяйственной техники

Моечные установки механического действия нашли широкое применение не только в сельскохозяйственном производстве, но и в различных отраслях

народного хозяйства. Они имеют похожие конструктивные признаки, по наличию которых установки можно классифицировать по следующим группам:

1. по конструкции рабочего органа:

- струйные
- щеточные
- комбинированные (струйные и щеточные)

2. по способу перемещения относительно очищаемого объекта:

- проездные
- подвижные

3. по расположению:

- стационарные
- передвижные
- автономные

4. по давлению подаваемой жидкости

- низкого давления (до 0.35 МПа)
- среднего давления (до 0.8 МПа)
- высокого давления (свыше 0.8 МПа)

Моечные установки струйного типа преимущественно используются для мойки техники больших размеров. В таких установка моющая жидкость на очищаемую поверхность направляется через специальные насадки в виде сопел (форсунок), расположенных на стационарных или перемещаемых трубопроводах - коллекторах.

Моечные установки проездного типа позволяют одновременно очищать все загрязненные поверхности машин, так как в процессе мойки они принудительно с помощью конвейера перемещаются через моечную камеру, расположенную непосредственно в установке. В процессе мойки струйные сопла дополнительно совершают колебательные или вращательные движения, что позволяет улучшить процесс удаления загрязнений.

Моечные установки стационарного типа (рисунок 1.8) изготавливаются как в виде portalной рамы, так и в виде стационарных стоек, жестко

закрепленных на основании моечного поста. На них монтируются исполнительные элементы установок (трубопроводы с соплами или щетками), а также вентиляционное оборудование, предназначенное для обдува (сушки) машин.



Рисунок 1.8 – Стационарная струйная щеточная моечная установка

На открытых площадках для мойки сельскохозяйственных машин и техники другого назначения используются передвижные моечные машины.

Передвижные моечные установки (рисунок 1.9) конструктивно выполнены в виде самоходного шасси, на котором закреплены рабочие органы (трубопроводы с соплами). Они могут быть использованы для мойки машин на достаточном удалении от машинного двора непосредственно на полевом стане в период проведения уборочных работ [53, 60, 76, 90, 125, 126, 129, 139, 140].

Стационарные моечные установки высокого давления характеризуются похожими техническими параметрами с передвижными и могут располагаться как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Установки высокого давления герметично закрыты защитными кожухами, которые предназначены для исключения проникновения воды на поверхность ее конструктивных элементов в процессе мойки. [53, 59, 76, 135, 139, 141].



Рисунок 1.9 – Передвижная моечная установка

Такие моечные установки отличаются высокой стоимостью и их применение в условиях малых и фермерских хозяйств экономически нецелесообразно.

В малых и фермерских хозяйствах наиболее широкое применение нашли бытовые мобильные моечные установки.

Струйные установки низкого давления в настоящее время практически промышленно не производятся и их применение малоэффективно из-за низкой производительности и некачественной мойки.

Модельный ряд моечных установок представлен в основном универсальными аппаратами среднего и высокого давления, которые предназначены для мойки машин, как в условиях производственных мощностей, так и для использования в небольших хозяйствах [40, 53, 76, 81, 97, 129]. Отечественные производители выпускают широкий спектр водоструйных установок, которые обладают хорошими эксплуатационными характеристиками и отличаются невысокой стоимостью, в сравнении с импортными аналогами. Для использования в условиях небольших хозяйств могут быть применены установки Интерскол АМ-130/2500В (рисунок 1.10) и ЗУБР ЗАВД-3000 (рисунок 1.11). Установка Интерскол АМ-130/2500В является переносной и состоит из

насоса плунжерного типа и силового агрегата, мощностью 2,5 кВт. Она оснащена двумя насадками для формирования веерной и кинжальной струй.



1 – гидромонитор, 2 – шланг высокого давления, 3 – защитный кожух силовой установки.

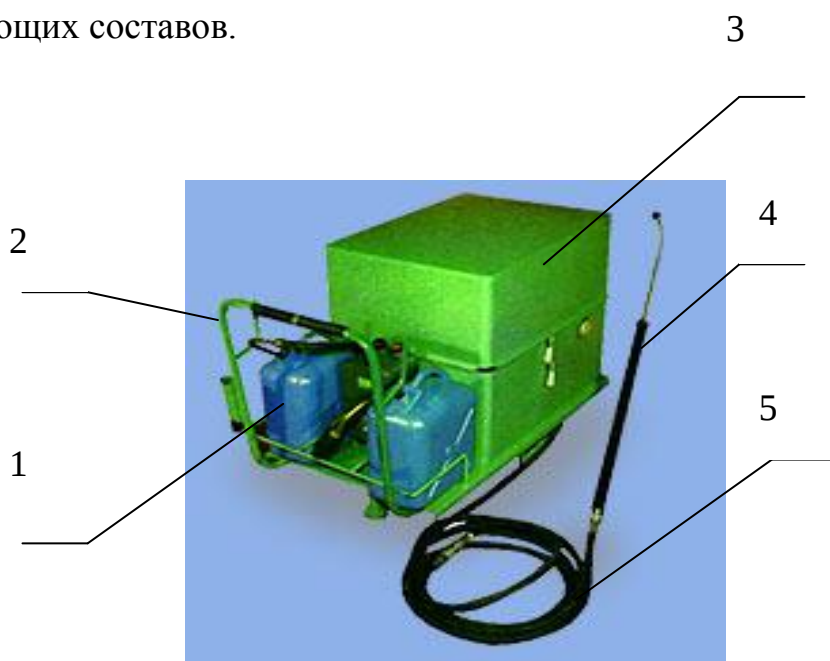
Рисунок 1.10 – Установка Интеркол АМ-130/2500В для водоструйной очистки



1 – гидромонитор, 2 – шланг высокого давления, 3 – кнопка включения, 4 – защитный кожух силовой установки.

Рисунок 1.11 - Внешний вид передвижной моечной установки высокого давления «ЗУБР ЗАВД-3000»

Передвижная водоструйная моечная установка модели М125 (рисунок 1.12) используется для мойки сельскохозяйственных машин всех типов. Конструктивно М125 состоит из плунжерного насоса, электродвигателя, передвижной тележки на колесах, специального барабана для крепления шлангов и моечного пистолета. Вода от насоса, приводимого во вращение электродвигателем, по шлангу подается к пистолету и направляется на очищаемую поверхность под высоким давлением [31, 76, 122, 128, 140]. Данный принцип работы применяется в большинстве современных моечных установок. Дополнительно в конструкции модели М125 предусмотрены баки для моющих составов.



1 – емкость для моющего раствора, 2- ручка для перемещения, 3 – корпус установки, 4 – гидромонитор, 5 – шланг высокого давления.

Рисунок 1.12 – Внешний вид установки водоструйной очистки М125

На рисунке 1.13 показана передвижная моечная установка высокого давления без подогрева воды российского производства «СОРОКИН 14.17», которая по конструкции аналогична большинству моечных машин данного вида.



1 – шланг высокого давления, 2 – питающий кабель, 3 – защитный кожух силовой установки.

Рисунок 1.13 - Внешний вид передвижной моечной установки высокого давления «СОРОКИН 14.17»

Технические характеристики вышеперечисленных установок для мойки техники приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Технические характеристики установок для мойки струйного типа без подогрева воды российского производства

Модели установок	Размеры, (д.хш.хв. в см):	Мощность электродвигателя, кВт	Рабочее давление, МПа	Производительность, л/час.	Масса, кг
Интерскол АМ-130/2500В	128х90х 60	2.5	13	468	29,2
М 125	85х54х62	4	16	720	62
ЗУБР ЗАВД-3000	130х76х76	3	15	390	24
СОРОКИН 14.17	130х70х70	1,8	10	402	21,5

Зарубежные производители также предлагают широкий спектр моечных установок высокого давления (рисунок 1.14). Иностранные фирмы выпускают разнообразный модельный ряд установок для мойки высокого давления. Сравнительный анализ показал, зарубежные установки отличаются от российских уменьшенными размерами и весом, а также более высокими эксплуатационными характеристиками, которые обеспечиваются за счет применения современных материалов и технологических решений.



а – «Karcher» К 7; б – «OERTZEN» 316 C; в – «CHAMPION» HP6300; г – «Bosch» AQT 45-14 X; д – «STERWIN» S - 160 EPW; е – «PATRIOT» GT 320

Рисунок 1.14 - Внешний вид зарубежных передвижных моечных установок высокого давления.

Характеристики моечных установок зарубежного производства представлены в таблице 1.2.

Питание представленные в таблицах 1.1 и 1.2 установок осуществляется от сети 220 В /50 Гц, максимально допустимая температура воды на входе составляет не более 40⁰ С. Конструктивно подавляющее большинство передвижных установок высокого давления состоят из передвижной тележки, с расположенными на ней двигателем, насосом высокого давления, передаточной муфтой или редуктором. Установки комплектуются шлангами высокого давления и гидромониторами, которые предназначены для придания сформированной в сопле струи нужного направления [53, 76, 99, 123, 139].

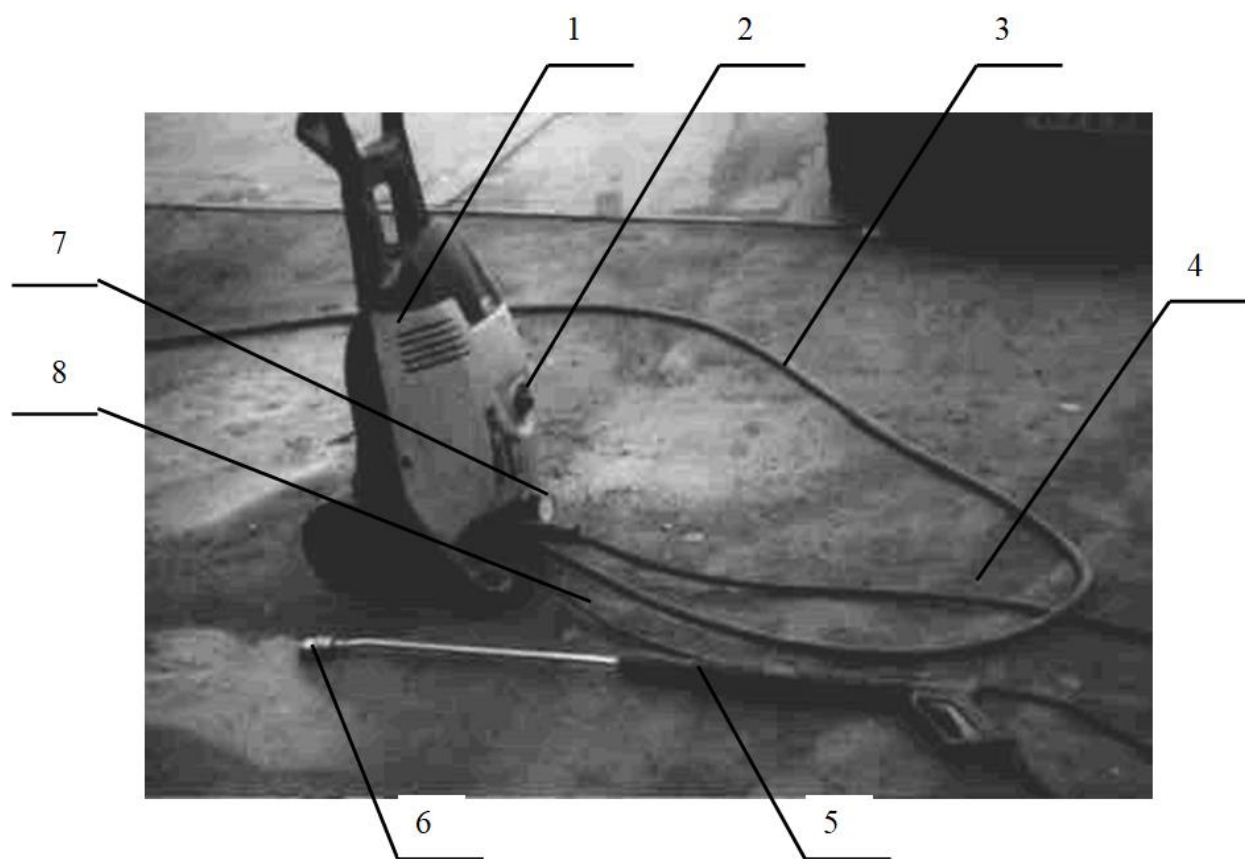
Таблица 1.2 - Аппараты высокого давления без подогрева воды зарубежного производства.

Фирма (страна)	Модель	Мощность, кВт	Рабочее давление, МПа	Производит ельность, л/час	Масса, кг
“Karcher” (Германия)	K 7	3	16	600	19,2
“OERTZEN” (Германия)	316 C	4,3	18	780	34
“CHAMPION ” (Китай)	HP6300	2,4	15	420	25
“ Bosch” (Германия)	AQT 45-14 X	2,1	14	450	18,5
“ STERWIN” (Китай)	S – 160EPW	2,5	16	460	19
“PATRIOT ” (Китай)	GT 320 Imperial	1,4	10	390	5,2

Моечные машины для струйной очистки наружных поверхностей конструктивно отличаются незначительно и состоят из следующих основных элементов: электродвигателя, насоса и моечного пистолета. Улучшения характеристик моечных установок как отечественного, так и зарубежного производства можно обеспечить путем увеличения напора моющей жидкости, что положительно отразится на эффективности механического воздействия на загрязнения.

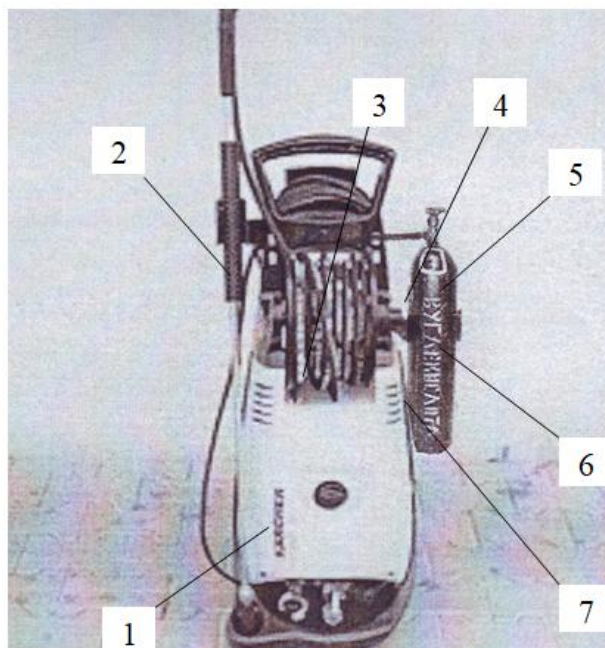
Исследования, проведенные в Рязанском ГАТУ показали, что повышения производительности установок можно достичь не только за счет увеличения мощности электродвигателя и повышения температуры моечной жидкости.

Сотрудниками университета Латышенком М.Б, Поповым А.С, Паюровым Р.А и Шемякиным А.В. разработан ряд конструкций моечных машин, позволяющих производить гидродинамическую очистку загрязнений сельскохозяйственных машин с использованием энергии кавитации и сублимации (рисунок 1.15, 1.16) [53, 72, 75, 76]. Повышение степени очистки загрязненных поверхностей при применении данной установки осуществляется путем увеличения энергии струи за счет ее насыщения кавитационными пузырьками, которые обладают высокой эрозионной способностью.



1-моечная установка, 2 – регулятор давления, 3 – подводящий шланг низкого давления, 4 – напорный шланг высокого давления, 5 гидромонитор, 6 акустико-кавитационное сопло, 7 расходомер, 8 электрический кабель.

Рисунок 1.15 – Общий вид установки акустико-кавитационного действия



1 – корпус; 2 – моечный монитор с соплом и расходомером, 3 – шланг для подачи воды; 4 – шланг для подвода углекислоты; 5 - регулятор давления подачи углекислоты с расходомером; 6 – углекислотный баллон, 7 – кронштейн для крепления баллона.

Рисунок 1.16 – Общий вид промышленного образца установки для очистки с использованием жидкостной многокомпонентной струи

Разработанная конструкция устройства обеспечивает очистку сельскохозяйственной техники и мобильной техники другого назначения от всех видов загрязнения путем применения энергии кавитационного взрыва [53, 76, 90, 139]. Существенным минусом этой конструкции является ее не высокая производительность, так как площадь кавитационного воздействия сравнительно мала. При применении рассматриваемой установки высокая степень очистки достигается только на незначительном расстоянии от кавитационной насадки, на котором кавитационные пузырьки обеспечивают максимальное эрозионное воздействие. При выполнении процесса очистки требуется обеспечивать обязательный контроль расстояния до очищаемой поверхности, что существенно ограничивает использование данной установки. Необходимость постоянного контроля расчетных параметров, отклонение от

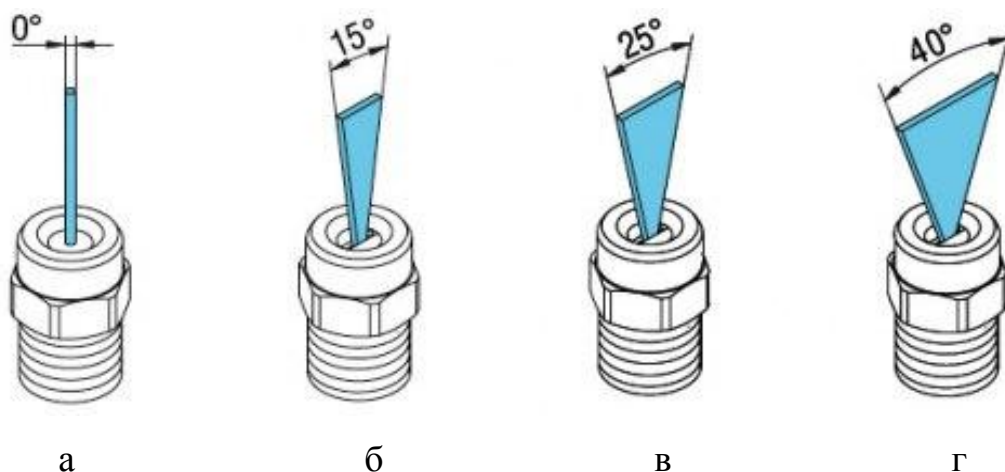
которых приводит к снижению или полному исчезновению кавитационного эффекта, также отрицательно сказывается на эксплуатационных характеристиках рассматриваемой конструкции [76, 90, 127, 131, 139].

К недостаткам этой конструкции следует отнести высокую стоимость и необходимость предварительной подготовки углекислотного газа.

Моечные установки для удаления загрязнений с сельскохозяйственной техники конструктивно отличаются незначительно и состоят из следующих основных элементов - электродвигателя, насоса и моечного пистолета. Как показал анализ основным направлением повышения эксплуатационных характеристик моечных установок как отечественного, так и зарубежного производства является повышение напора моеющей жидкости для увеличения механического воздействия на загрязнения, но повышения производительности установок можно достичь не только за счет увеличения мощности электродвигателя и повышения температуры моечной жидкости, но и за счет использования дополнительной энергии гидродинамического воздействия, для получения которой необходима разработка насадок специальной конструкции. [38, 39, 42].

1.4 Анализ применяемых конструкций насадок

Производительность водоструйной очистки в значительной степени зависит от конструкции сопла (насадки) и скорости истечения воды из него. Насадки служат для формирования скоростного напора, дозирования расхода жидкости и придания струе воды определенной конфигурации. Они изготавливаются из металла или капролона, а их разнообразная конфигурация позволяет задавать различные формы моеющей струи: рассеивающие, веерообразные, кинжальные, щелевые и другие (рисунок 1.17). Жидкостные струи, как правило, формируют с помощью насадок цилиндрической формы. Сопла других форм не используются по причине высокой сложности их изготовления, даже, несмотря на то что, эксплуатационные показатели некоторых конструкций превосходят цилиндрические [17, 20, 30, 76].



а – кинжальная струя, б, в, г - веерная струя

Рисунок 1.17 – Сопла моечных установок:

У струи кинжальной формы следует отметить высокое очищающее усилие в сочетании с невысокой производительностью по площади, а у струи веерной формы — наряду с высокой производительностью по площади отмечается низкое очищающее усилие. При этом у кинжальной струи сохраняется на расстоянии 20 см около 70% исходного ударного давления, а у веерной на том же расстоянии - около 5% [24, 25, 53, 140]. Кинжальные насадки формируют резкую, сплошную и сосредоточенную струю, проникающую через всю толщину загрязнений и отрывающую их снизу от очищаемой поверхности, что позволяет проникать в труднодоступные места. Веерные насадки, имеющие плоское сечение, при малых углах образуют плоскую и резкую струю с большой силой удара, а по мере увеличения угла — широкую струю с уменьшающейся силой удара (рисунок 1.18).

Основными показателями, характеризующими насадки являются: коэффициент расхода μ , коэффициент сопротивления ε и скоростной коэффициент φ . Расход жидкости через сопло при постоянном напоре определяется из выражения [53, 76, 90, 131, 139, 140]:

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2P}{\rho}}, \quad (1.4)$$

где d — диаметр отверстия, м;

P – давление жидкости у сопла, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³.

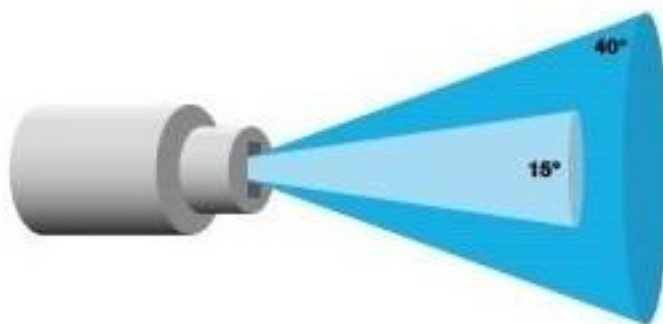


Рисунок 1.18 – Степень насыщенности водной струи в зависимости от угла ее распыла

Энергия истекающей из сопла струи определяется из выражения:

$$W = \frac{mV^2}{2}, \quad (1.5)$$

где m – масса истекающей жидкости;

V – скорость истечения жидкости из сопла.

Скорость истечения определяется по формуле:

$$V = \varphi \frac{2P}{\rho}, \quad (1.6)$$

где φ – скоростной коэффициент.

Скоростной коэффициент определяется формулой:

$$\varphi = \frac{1}{\alpha + \varepsilon}, \quad (1.7)$$

где α – коэффициент неравномерности распределения скоростей по сечению потока (обычно $\alpha = 1$);

ε – коэффициент сопротивления воздуха.

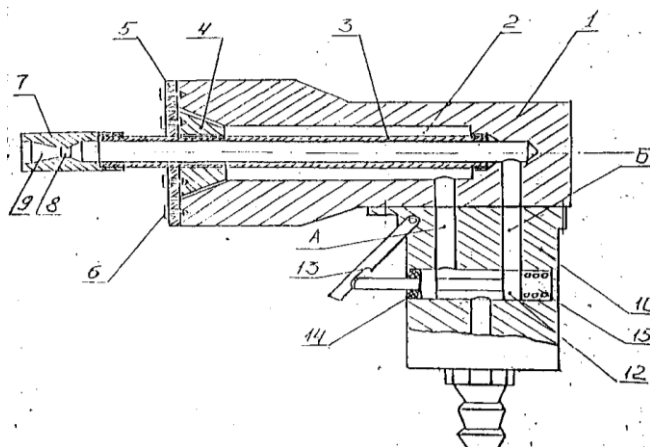
Следовательно, энергию струи можно выразить:

$$W = \frac{mV^2}{2} = \frac{Q\rho V^2}{2} = \mu\varphi^2 \frac{\pi d^2 \rho}{8} \left(\frac{2P}{\rho} \right)^{\frac{3}{2}} = \mu \frac{\pi d^2 \rho}{8(\alpha + \varepsilon)^2} \left(\frac{2P}{\rho} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (1.8)$$

Из выражения (1.8) можно сделать вывод, что энергия струи зависит от массы жидкости и скорости ее истечения [44, 67, 53, 76, 77, 90, 131, 139, 140]. Скоростной коэффициент струи обратно пропорционален сумме неравномерности распределения скоростей и сопротивления воздуха. По законам гидравлики с увеличением напора у насадки (сопла) повышается скорость истечения, а, следовательно, и энергия струи.

Из известных сопел относящихся к гидравлическим аппаратам для создания свободных гидродинамических струй, с помощью которых удаляют загрязнения с поверхностей сельскохозяйственных машин, выделяют следующие:

Устройство для кавитационной очистки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин созданное Латышенком М. Б., Поповым А.С. и Широковой Э.А. [1] (рисунок 1.19).



1 – корпус, 2 – канал, 3 – трубка, 4 – конус, 5 – рамка, 6 – винт, 7 – сменное сопло, 8 – критическое сечение сопла, 9 – диффузорная часть канала, 10 – рукоятка, 11 – распределительный канал, 12 – золотник, 13 – рычаг, 14 – манжета, 15- пружина

Рисунок 1.19 - Конструкция устройства кавитационной очистки наружных поверхностей сельскохозяйственной техники:

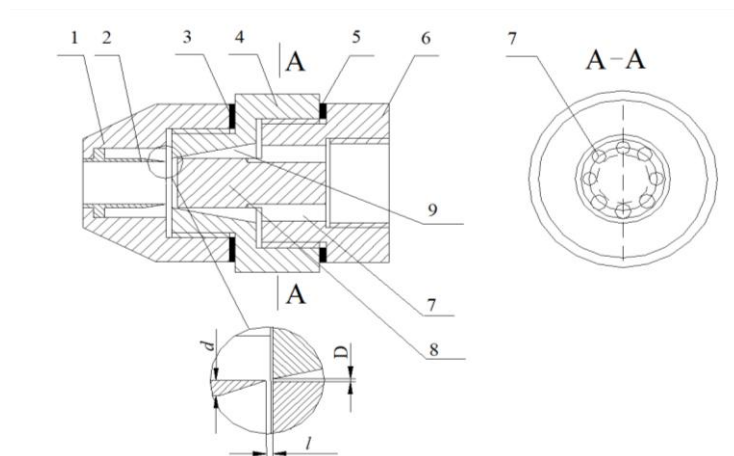
При подаче моющей жидкости к распределительному каналу 11 она через канал А поступает в канал 2 корпуса 1, проходя между корпусом 1 и конусом 4, выбрасывается наружу через отверстия в рамке 5. В данном случае будет формироваться «веерообразная» струя жидкости. Для смены режима необходимо нажать на рычаг 13, при этом золотник переместится вправо, закрывая канал А рукоятки 10. Жидкость по каналу Б поступает через трубку 3 к соплу 7, где за счет сужения потока в критическом сечении 8 скорость движения возрастает, что приводит к падению статического давления в ней. В результате этого в критическом сечении 8 образуется кавитационная каверна, увеличивающаяся в объеме по мере удаления в сторону диффузорной части канала 9, которая отрывается и захлопывается при выносе в зону повышенного давления непосредственно у поверхности загрязнения [53, 76, 108, 131, 140].

Разработанная конструкция устройства может быть использовано для очистки техники от всех видов загрязнения за счет выбора соответствующего режима работы. Недостатками рассматриваемой конструкции являются:

- на кавитационном режиме работы высокая степень очистки достигается только на незначительном расстоянии (70-80 мм) от сопла до очищаемой поверхности, что влечет за собой образование небольшого пятна очистки и тем самым снижает производительность;
- обеспечение постоянного контроля расчетных параметров, отклонение от которых приводит к снижению или полному исчезновению кавитационного эффекта.

Стабилизировать кавитационные процессы можно путем использования гидроакустических сопел, принцип действия которых основан на эффекте звукообразования турбулентными потоками жидкости, упругими телами, кавитирующими жидкостями. К таким соплам относятся гидродинамические излучатели

Акустико-кавитационное сопло созданное Латышенком М.Б., Паюровым Р.А. и Шемякиным А.В. [4] (рисунок 1.20).



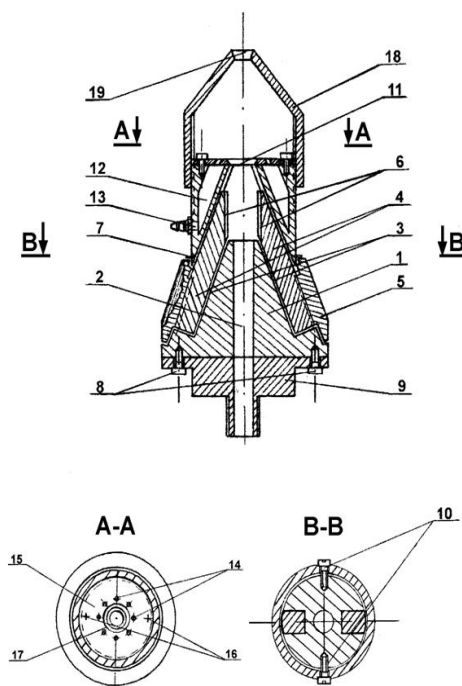
1 – передняя часть насадки, 2 – резонаторная втулка, 3 – регулировочная шайба удаления резонаторной втулки от кольцевого канала, 4 – средняя часть насадки, 5 – регулировочная шайба для изменения величины кольцевого канала, 6 – тыльная часть насадки. 7 – подводящие каналы, 8 – цилиндрический стержень.

Рисунок 1.20 – Акустико-кавитационное сопло:

Принцип работы акустико-кавитационного сопла состоит в том, что поток (струя) жидкости после выхода из кольцевого канала попадает на лепестки резонаторной втулки, вызывая их колебания. Лепестки конструктивно выполнены одинаково, и поэтому колебания возникают с одинаковой частотой. При совпадении частоты колебаний лепестков втулки возникает явление резонанса, вследствие которого их амплитуда резко увеличивается. Рост амплитуды колебаний ведет к возникновению и распространению в струе жидкости интенсивных ультразвуковых колебаний, которые формируют ультразвуковое поле. Образующиеся в звуковом поле кавитационные пузырьки интенсивно пульсируют, расширяясь в фазе разрежения ультразвуковой волны и уменьшаясь в фазе повышенного давления [53, 131, 140]. Ультразвуковая волна, распространяясь в упругой струе моющей жидкости очищает поверхность, отражаясь от нее и создавая зону избыточного давления, где происходит массовое схлопывание кавитационных пузырьков, способствующих разрушению слоя загрязнения [91]. К недостаткам рассматриваемой конструкции относятся:

- высокое давление жидкости для воздействия на лепестки резонатора;
- постоянный контроль заданных параметров.

Сопло для моечных установок созданное Латышенком М.Б., Малюгиным С.Г. Шемякиным А.В. и Паюровым Р.А. [3] (рисунок 1.21).



1 – тело корпуса; 2 – сквозной канал; 3 – пазы; 4 – ползуны; 5 – регулировочное кольцо; 6 – радиальное отверстие ползуна; 7 – стопорное кольцо; 8 – болты крепления втулки; 9 – втулка; 10 – болты крепления нижней и верхней частей сопла; 11 – отверстие; 12 – газовая камера; 13 – впускное отверстие газовой камеры; 14 – выпускные отверстия газовой камеры; 15 – крышка; 16 – болты крепления крышки; 17 – центральное отверстие крышки; 18 – смесительная камера; 19 – центральное отверстие смесительной камеры

Рисунок 1.21 – Универсальное сопло:

Работа сопла происходит следующим образом: в начальном положении ползуны 4 разведены на максимальное расстояние, то есть находятся в нижнем положении, а смесительная камера 18 ввинчена на глубину, позволяющую задать ее максимальный объем. При подаче по каналу 2, вода поступает в полость между ползунами, здесь при повороте регулировочного кольца 5 через винтовое зацепление, ползуны

перемещаются, и происходит регулировка давления воды от наибольшего, соответствующего диаметру сквозного отверстия корпуса, до наименьшего, соответствующего диаметру цилиндрического отверстия образованного сведёнными ползунами. Далее через отверстие вершины конуса 11 и центральное отверстие 17 крышки вода поступает в смесительную камеру 18, где образует пылеобразную струю.

Одновременно с водой углекислота через впускное отверстие 13 поступает в камеру 12 где, частично расширяясь и охлаждаясь, подаётся в смесительную камеру 18 через выпускные отверстия 14 в крышке 15.

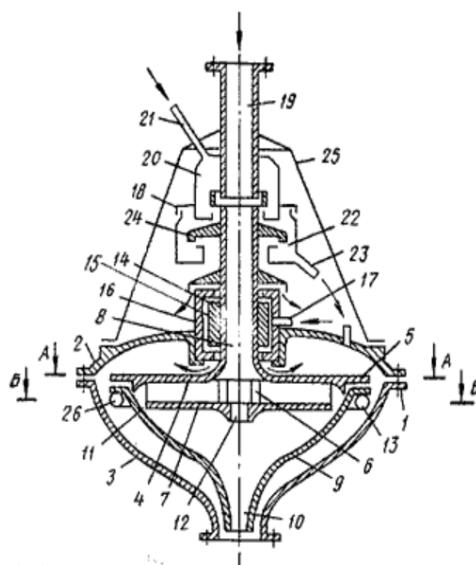
В смесительной камере углекислота расширяется, охлаждается и смешивается с водой, при этом в смеси происходит зарождение кристалликов углекислоты. Процесс зарождения, его интенсивность и величина кристаллов регулируется изменением объёма камеры, для этого камеру перемещают по резьбе головки 11. После этого углекислота в кристаллизованном состоянии потоком воды подаётся через отверстие 20 на поверхность образца [53, 76, 131, 139, 140].

Разработанная конструкция устройства обеспечивает качественную очистку техники от различных загрязнений в полном объеме. Недостатками данного сопла являются: стабильность температуры водной среды, равномерность распределения ледяных гранул в пятне контакта.

Устройство для создания напорной водной струи созданное Манкевичем Э.А., Манкевичем И.А. и Татуровым А.И. [2] (рисунок 1.22).

Устройство работает следующим образом. Через неподвижную подводящую трубу 19 и подводящую трубку 21 подается вода для заполнения рабочего колеса 4 и гидравлического затвора 18, а через штуцер 17 в зазор между шкивом 15 и подшипником 16 подается вжатый воздух, при этом шип 15 с рабочим колесом 4 приподнимается, сила трения уменьшается. Затем на лопатки 27 турбины 13 рабочего колеса 4 через сопла 26 сжатый воздух, под давлением которого приводится во вращение рабочее колесо 4. Под действием центробежных сил вода начинает двигаться по каналам между лопатками 6

рабочего колеса 4 в направлении от центра к периферии и через кольцевой зазор 11 в параболический элемент 9, где она вращается с той же угловой скоростью, что и рабочее колесо 4.



1 – корпус, 2 – верхняя сферическая часть, 3 – нижняя сферическая часть, 4 – рабочее колесо, 5 – диск, 6 – лопатки, 7 – диафрагма, 8 – полый вал, 9 – параболический элемент, 10 – сопло, 11 – кольцевой зазор, 12 – нижнее сопло, 13 – турбина, 14 – поворотная опора, 15 – шип, 16 – подшипник, 17 – штуцер, 18 – гидравлический затвор, 19 – неподвижная труба, 20 – камера, 21 – подводящая трубка, 22 – водосборник, 23 – отводящая трубка, 24 – диск отброса воды, 25 – тренога, 26 – сопло воздушное, 27 – лопатки турбины.

Рисунок 1.22 - Устройства для создания напорной водной струи.

Недостатками данной конструкции являются:

- при использовании в водной струе наблюдается нестабильность ледяных пузырьков.
- снижение температуры водной струи.

Благодаря этому в центральной части элемента 9 образуется область разряжения (от опускания вниз вершины жидкостного параболоида и подъема его края вверх), и через сопло 10 элемента 9 выбрасывается вращающаяся напорная струя, а в области разряжения через сопло 12 диафрагмы 7 поступает

новый объем воды. Таким образом, обеспечивается при постоянном вращении непрерывное движение воды через кольцевой зазор 11 и сопла 10 и 12 .

К недостаткам рассматриваемого устройства можно отнести:

- появление вихревых образований в потоке жидкости от рабочего колеса к соплу внутри параболического элемента, что приводит: к нарушению геометрии вращающегося (закрученного) потока; к затуханию закрутки; к потерям напора. В результате формирования водяной струи заданного напора и придание ей вращательного движения с заданной степенью закрутки не возможно.

- сопло должно находиться в вертикальном положении.

На основании проведенного анализа установлено, что перспективными являются устройства с применением энергии гидравлического удара жидкости с периодическим направлением потока жидкости по каналам, а также использование в качестве повышающих эффективность процесса очистки явлений энергонасыщения струи [41, 53, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 131, 140]. При этом высокая стоимость, нестабильность и низкая производительность существующих конструкций сопел по сути дела сдерживает их применение у сельхозтоваропроизводителей, вследствие чего необходима разработка более совершенных и универсальных конструкций насадок для удаления загрязнений сельскохозяйственных машин.

1.5 Постановка научной проблемы. Цель и задачи работы, алгоритм исследования

Исследования степени загрязненности сельскохозяйственной техники показали, что существующие технологии мойки не обеспечивают необходимое качество из-за наличия стойких остаточных загрязнений на наружных поверхностях. Это позволяет сделать вывод о том, что существует потребность в разработке конструкций специальных устройств и технологических решений, направленных на улучшение качества мойки машин от всех видов загрязнений

с минимальными энергетическими и трудовыми затратами и высокой степенью очистки наружных элементов сельскохозяйственной техники.

Проведенный анализ показал, что перспективной технологией мойки наружных поверхностей сельскохозяйственных машин является водоструйная мойка с повышенным механическим воздействием за счет дополнительной энергии.

Моечные установки для удаления загрязнений с сельскохозяйственной техники конструктивно отличаются незначительно и состоят из следующих основных элементов: электродвигателя, насоса и моечного пистолета. Производительность моечных машин перспективно повышать не за счет повышения мощности электродвигателя и подогрева моющей жидкости, а путем применения специальных насадок, позволяющих добиться повышения уровня механического воздействия на загрязнения.

Из используемых насадок для моечных установок наиболее эффективными для улучшения качества мойки являются гидродинамические насадки, создающие эффект гидравлического удара и обеспечивающие повышение механического воздействия водяной струи. Недостатком гидродинамических насадок является низкая производительность из-за малого пятна мойки, повысить которую можно путем придания вращения веерной водяной струе, которые основаны на процессах турбулентности жидкости, упругими телами жидкостями, позволяющие исключить недостатки гидродинамических насадок за счет применения закручивания водяной струи.

Целью работы является повышение эффективности процесса мойки сельскохозяйственных машин обоснованием параметров устройства для создания вращающейся моечной струи.

В соответствии с поставленной целью был разработан алгоритм исследования и определены следующие задачи:

1. Разработать конструкцию моечного устройства с вращающейся струей для мойки сельскохозяйственных машин.

2. Теоретически обосновать параметры устройства мойки с созданием вращающейся струи
3. Экспериментально уточнить рациональные параметры устройства мойки с созданием вращающейся струи.
4. Определить экономический эффект применения разработанного моечного устройства.

Выполнение поставленных задач позволит повысить эффективность наружной мойки сельскохозяйственных машин, улучшить условия работы оператора моечных установок, снизить материальные затраты на выполнение моечных работ.

Глава 2 Теоретическое исследование технологии мойки наружных загрязнений поверхностей сельскохозяйственной техники вращающимися струями

2.1 Конструктивное решение

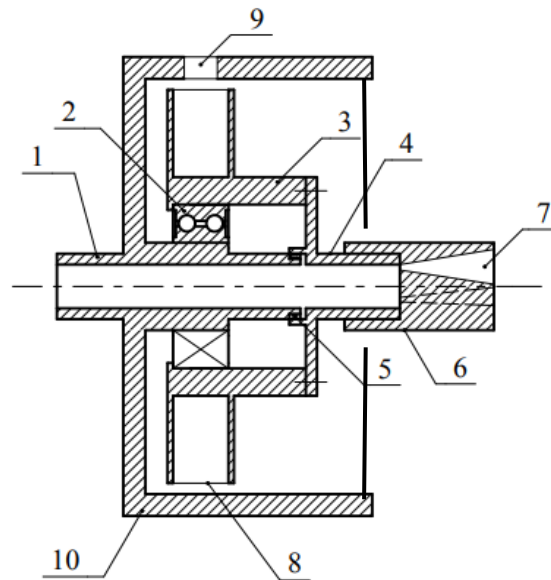
Техническое решение заключается в обеспечении возможности формировать вращающейся струи воды заданного напора и степени закрутки гидравлической струи, при мойки сельскохозяйственных машин от загрязнения (приложение А).

Для получения вращающихся гидравлических струй было разработано устройство, которое состоит из прямоточной неподвижной трубы 1 для соединения с источником подачи воды под давлением, на которую посредством поворотной опоры 2 устанавливают ведомое колесо с крыльчаткой 3. Ведомое колесо с крыльчаткой 3 соединено с корпусом цилиндрического патрубка 4, соединенного с неподвижной трубой 1 через манжетное уплотнение 5 и оканчивающегося цилиндрическим струе образующим насадком 6 представленное на рисунке 2.1.

В центральной части торцевой поверхности струе образующего насадка 6 выполнены сквозные отверстия 7, расположенные под углом 120° друг к другу. При этом каждое отверстие имеет конусообразную форму с конусностью 18° , ограниченную двумя плоскими параллельными продольными поверхностями (рисунок 2.2)

Устройство для создания вращающейся гидравлической струи работает следующим образом. Неподвижная труба 1, соединенная с источником воды, подает воду под давлением через манжетное уплотнение 5 в цилиндрический патрубок 4.

Поток воздуха, подаваемого через канал подачи воздуха 9, поступает в корпус воздушной камеры 10 и приводит во вращение крыльчатку ведомого колеса 3, установленную внутри воздушной камеры 8. Вращение крыльчатки ведомого колеса 3 передается на соосно присоединенный к нему патрубок 4, оканчивающийся соосно присоединенным веерообразующим насадком 6.



1 – неподвижная труба, 2 – поворотная опора, 3 – ведомое колесо с крыльчаткой, 4 – цилиндрический патрубок, 5 – манжетное уплотнение, 6 – веерообразующий гидравлический насадок, 7 – сквозные отверстия веерообразующего насадка, 8 – воздушная камера, 9 – канал подачи воздуха, 10 – корпус воздушной камеры.

Рисунок 2.1 Устройство для создания вращающейся гидравлической струи

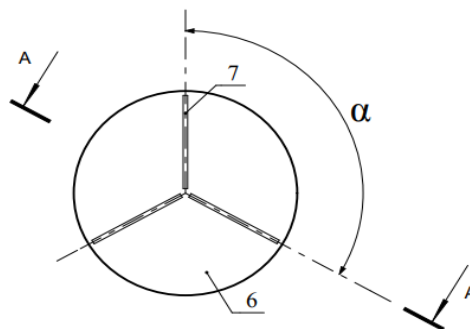


Рисунок 2.2 - струеобразующий веерный насадок (вид с торца)

При вращении корпуса 3, патрубка 4 и струеобразующего насадка 6 относительно общей продольной оси вращения передается потоку жидкости, а на выходе из насадка 6 формируется вращающаяся вокруг своей оси гидравлическая струя, подаваемая на очищаемую поверхность сельскохозяйственных машин.

При этом веерообразующий насадок работает следующим образом. Вода под давлением попадает в сквозные отверстия 7 веерообразующего насадка 6, где между плоскими параллельными поверхностями формируется плоская струя на участке Z (рис. 2.3). В канале сквозного отверстия 7 происходит формирование веерообразной плоской струи. Плоская струя формируется на всем участке отверстия 7. При придании вращения веерообразующему насадку 6 в сквозном отверстии 7 на выходе из насадка 6 формируется вращающаяся вокруг своей оси гидравлическая струя. Угол β распыления составляет 18° . Три сквозных отверстия 7 расположены под углом ϕ 120° друг к другу [70, 124, 138].

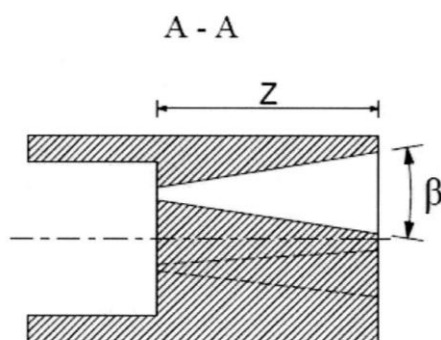


Рисунок 2.3 - Струеобразующий веерный насадок (продольное сечение)

2.2 Теоретическое исследование движения капель вращающихся струй

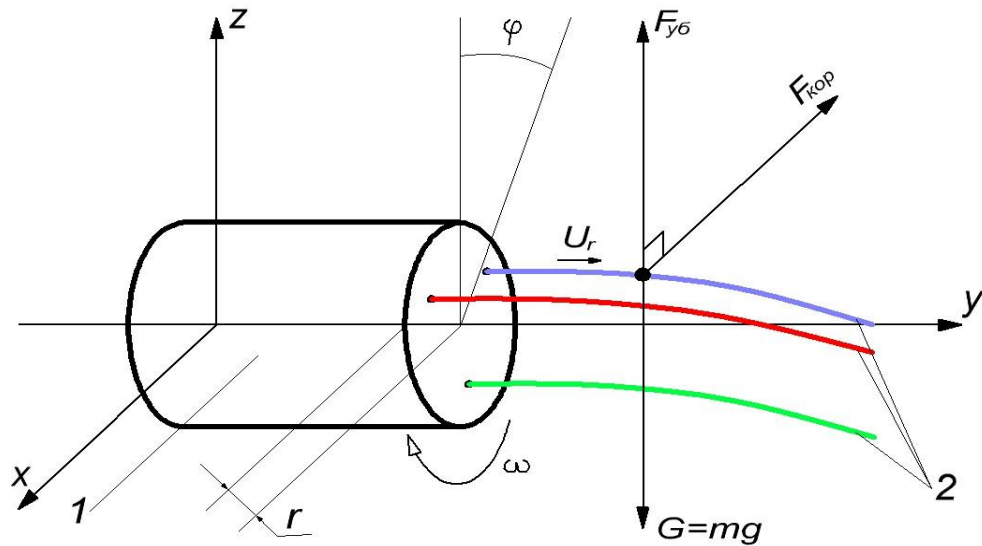
Так как большинство поверхностей сельскохозяйственной технике представляют криволинейную преграду, рассмотрим процесс мойки как разрушения загрязнения жидкостью вращающейся струи, то есть способностью воздействия на неподвижную преграду [5, 23, 38, 50, 77, 102, 103, 104, 120].

Рассмотрим гидравлическое давление вращающейся гидравлической струи на поверхность твердой неподвижной криволинейной преграды, принимая поверхность загрязнения близкой по форме к цилиндрической.

1. Очищающая струя истекает из насадки в неограниченную воздушную среду при установившемся движении.

2. Задано: средне расходная скорость истечения струи v_1 , угловая скорость вращения насадки ω_0 , диаметр выходного отверстия d_0 , площадью.

Рассмотрим движение капли, вылетевшей из сопла (рис. 2.4). На каплю будет действовать силы тяжести, силы инерции, центробежная и сила Кориолиса.



1 – сопло, 2 – жидкость

Рисунок 2.4 – Расчетная схема к определению траектории движения капель

$$m_k \bar{a} = \bar{G} + \bar{F}_{kop} + \bar{F}_{yc} \quad (2.1)$$

где m_k – масса капли, кг;

G – сила тяжести, Н;

F_{kop} – сила Кориолиса, Н;

F_{yc} – центробежная сила, Н.

Раскроем уравнение определителем третьего порядка по верхней строке:

$$2 \left(\bar{i} \begin{vmatrix} \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} - \bar{j} \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{z} \end{vmatrix} + \bar{k} \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi \\ \dot{x} & \dot{y} \end{vmatrix} \right) \quad (2.2)$$

Определитель второго порядка будет соответственно скорости

$$\ddot{x} = 2 \begin{vmatrix} \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} = 2 \dot{z} \omega \sin \varphi \quad (2.3)$$

$$\ddot{y} = -2 \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{z} \end{vmatrix} = -2\dot{z}\omega \cos \varphi \quad (2.4)$$

$$\ddot{z} = 2 \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi \\ \dot{x} & \dot{y} \end{vmatrix} = 2(\dot{y}\omega \cos \varphi - \dot{x}\omega \sin \varphi) \quad (2.5)$$

Центробежная сила будет действовать в плоскости $z O y$

$$F_{y0}^x = m_{\kappa} \omega^2 R \cos \varphi \quad (2.6)$$

$$F_{y0}^y = m_{\kappa} \omega^2 R \sin \varphi \quad (2.7)$$

Так как направление центробежной силы и силы Кориолиса будет меняться при вращении головки (рис. 2.5), запишем выражение для проецирования ускорения Кориолиса на оси координат:

$$F_{кор} = m_{\kappa} 2(\bar{\omega} * \bar{v}_r) \quad (2.8)$$

$$2(\bar{\omega} * \bar{v}_r) = 2 \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} \quad (2.9)$$

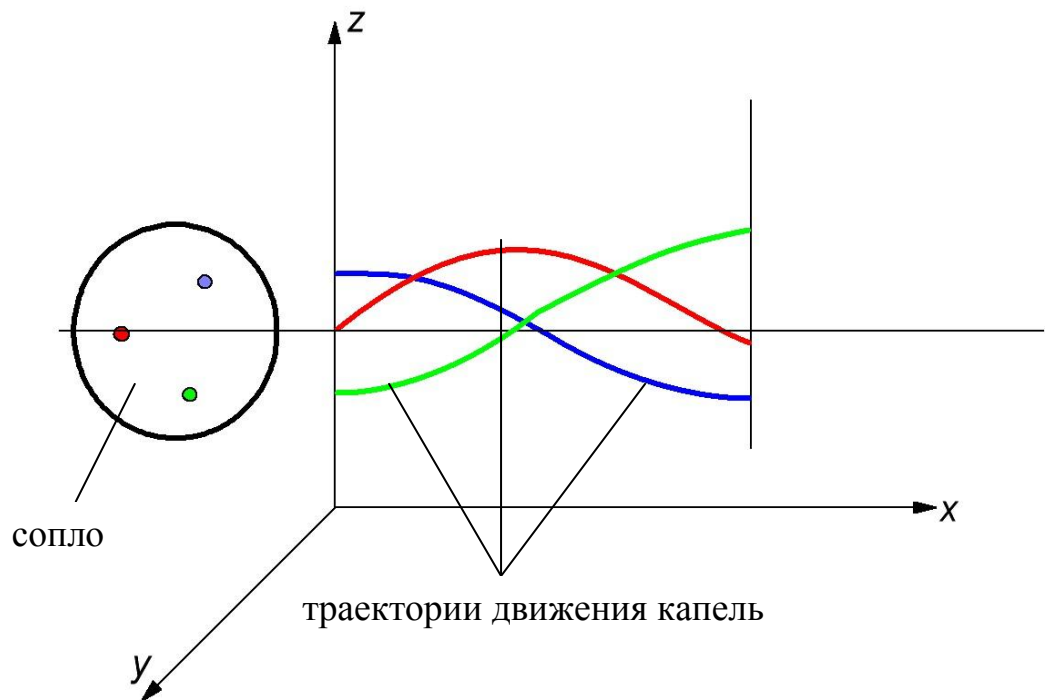


Рисунок 2.5 – Схема траектории движения капель при вращении сопла

Спроецируем уравнение на оси координат с учетом выражений.

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -m2\dot{z}\omega \sin \varphi - m\omega^2 R \cos \varphi \\ m\ddot{y} = m2\dot{z}\omega \cos \varphi \\ m\ddot{z} = -m2(\dot{y}\omega \cos \varphi - \dot{x}\omega \sin \varphi) - m\omega^2 R \sin \varphi \end{cases} \quad (2.10)$$

Сократив в уравнении значение m , получим.

$$\begin{cases} \ddot{x} = -2\dot{z}\omega \sin \varphi - \omega^2 R \cos \varphi \\ \ddot{y} = 2\dot{z}\omega \cos \varphi \\ \ddot{z} = -2(\dot{y}\omega \cos \varphi - \dot{x}\omega \sin \varphi) - \omega^2 R \sin \varphi \end{cases} \quad (2.11)$$

2.3 Теоретическое исследование ударного воздействия капль струи

При падении капли на загрязненную поверхность происходит удар капли о частицу загрязнения. В результате удара капля теряет форму и происходит разрушение и смещение частицы загрязнения (рис. 2.6). Таким образом, потеря кинетической энергии частицы капли и частицы загрязнений при ударе запишем в следующем виде:

$$T_0 = m_{\kappa} v_1^2 + m_{\text{чз}} u_1^2 \quad (2.12)$$

где T_0 – начальная кинетическая энергия системы (капля + частица загрязнения);

m_{κ} – масса капли, кг;

$m_{\text{чз}}$ – масса частиц загрязнений, кг;

v_1 – скорость капли, м/с;

u_1 – начальная скорость частицы загрязнений ($u_1=0$).

Конечная кинетическая энергия будет

$$T = m_{\kappa} v_2^2 + m_{\text{чз}} u_2^2 \quad (2.13)$$

где T – конечная кинетическая энергия системы (капля + частица загрязнения);

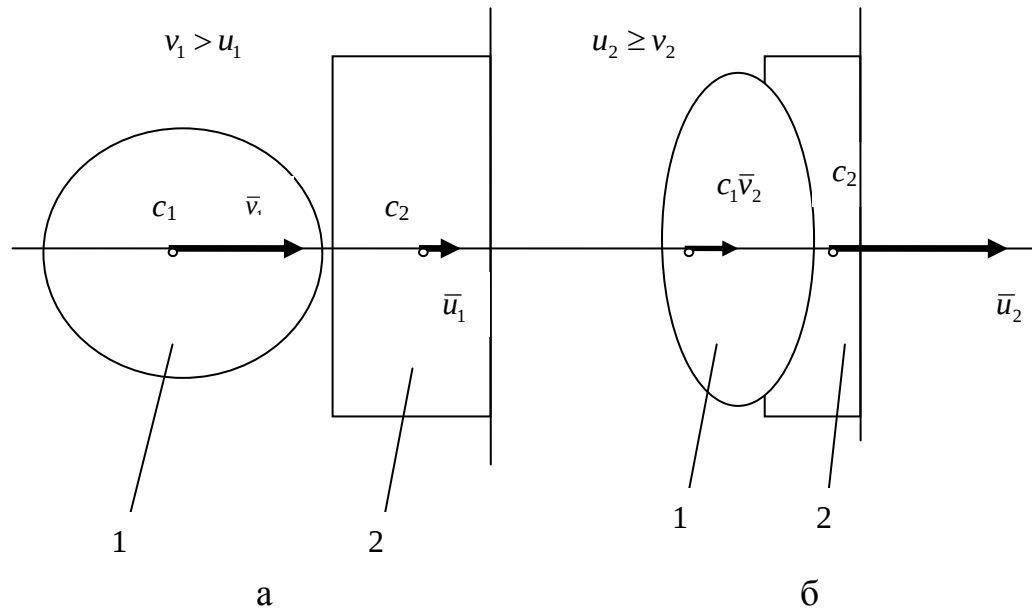
v_2 – скорость капли после соударения, м/с;

u_2 – скорость частицы загрязнений после удара ($v_2 \approx u_2$).

Потеря кинетической энергии при ударе капли запишем в виде

$$T_0 - T = m_{\kappa} (v_1^2 - v_2^2) - m_{\text{чз}} (u_1^2 - u_2^2) \quad (2.14)$$

$$m_{\kappa} v_1 + m_{\text{чз}} u_1 = m_{\kappa} v_2 + m_{\text{чз}} u_2 \quad (2.15)$$



1 – капля, 2 – загрязнение

Рисунок 2.6 – Обозначение скорости центров масс капли и частицы загрязнения в начале (а) и в конце удара (б)

При центральном ударе капли и частицы загрязнения, зная их массы, скорости центров этих тел в начале удара и коэффициент восстановления, определим, скорости капли и частицы загрязнения в конце удара и ударный импульс. Применяем теорему об изменении количества движения системы, причем действующие силы являются внутренними. Так как сумма внешних ударных импульсов равна нулю то количество движения системы в начале удара и в конце удара одинаково.

В этом уравнении два неизвестных v_2 и u_2 . Следовательно, что бы определить эти неизвестные, надо найти второе уравнение, которое получим, если задать дополнительный коэффициент восстановления k . Так как после удара частица загрязнения получает перевес в скорости над каплей ($v_2 \leq u_2$), то коэффициент восстановления при прямом ударе двух тел будет определяться как частное от деления модулей относительных скоростей тел в конце и в начале удара, т.е.

$$k = \frac{|v_2 - u_2|}{|v_1 - u_1|} = -\frac{v_2 - u_2}{v_1 - u_1} \quad (2.16)$$

где $v_1 > u_1$.

Отсюда находим

$$u_2 - v_2 = k(v_1 - u_1) \quad (2.17)$$

Решая систему двух уравнений (2.15) и (2.17), получаем

$$\begin{cases} v_2 = v_1 - (1+k) \frac{m_k}{m_k + m_{чз}} (v_1 - u_1) \\ u_2 = u_1 + (1+k) \frac{m_k}{m_k + m_{чз}} (v_1 - u_1) \end{cases} \quad (2.18)$$

Из равенства (2.17) следует, что

$$k = \frac{u_2 - v_2}{v_1 - u_1} \quad (2.19)$$

при этом, очевидно, имеет место равенство

$$\frac{1-k}{1+k} = \frac{(v_1 - u_1) - (u_2 - v_2)}{(v_1 - u_1) + (u_2 - v_2)} \quad (2.20)$$

из которого находим

$$(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2) = \frac{1-k}{1+k} [(v_1 - v_2) - (u_1 - u_2)] \quad (2.21)$$

Из уравнения (2.19) видно, что

$$m_k(v_1 - v_2) = -m_{чз}(u_1 - u_2) \quad (2.22)$$

Подставляя это значение в равенство (2.14), получаем

$$T_0 - T = m_k(v_1 - u_1)[(v_1 + u_1) - (v_2 + u_2)] \quad (2.23)$$

Далее, принимая во внимание равенство (2.22), мы формулу (2.23) можем представить в виде

$$T_0 - T = \frac{1-k}{1+k} [m_k(v_1 - v_2)^2 + m_{чз}(u_1 - u_2)^2] \quad (2.24)$$

где разности $(v_1 - v_2)$ и $(u_1 - u_2)$ показывают, насколько уменьшилась при ударе скорость каждого из соударяющихся тел, а поэтому их называют потерянными при ударе скоростями.

Таким образом, из равенства (2.24) следует что, кинетическая энергия, потерянная системой при прямом центральном и не вполне упругом ударе двух

тел, равна $\frac{1-k}{1+k}$ той доле той кинетической энергии, которую имела бы система, если бы ее тела двигались с потерянными скоростями.

Равенству (2.24) можно придать несколько другой вид. В самом деле, из формул (2.18) имеем

$$(1+k)^2 \frac{m_{\text{чз}}^2}{(m_{\kappa} + m_{\text{чз}})^2} (v_1 - u_1)^2 = (v_2 - v_1)^2 \quad (2.25)$$

или

$$(1+k)^2 \frac{m_{\kappa}^2}{(m_{\kappa} + m_{\text{чз}})^2} (v_1 - u_1)^2 = (u_2 - u_1)^2 \quad (2.26)$$

Отсюда легко найдем

$$\frac{m_{\kappa}(v_2 - v_1)^2}{2} + \frac{m_{\text{чз}}(u_2 - u_1)^2}{2} = \frac{(1+k)^2}{2} \frac{m_{\kappa}m_{\text{чз}}}{m_{\kappa} + m_{\text{чз}}} (v_1 - u_1)^2 \quad (2.27)$$

или

$$\frac{1+k}{2} \frac{m_{\kappa}m_{\text{чз}}}{m_{\kappa} + m_{\text{чз}}} (v_1 - u_1)^2 = \frac{1}{1+k} \left[\frac{m_{\kappa}(v_2 - v_1)^2}{2} + \frac{m_{\text{чз}}(u_2 - u_1)^2}{2} \right] \quad (2.28)$$

и, следовательно, будем иметь

$$\frac{1-k}{1+k} \left[m_{\kappa}(v_2 - v_1)^2 + m_{\text{чз}}(u_2 - u_1)^2 \right] = \frac{1-k^2}{2} \frac{m_{\kappa}m_{\text{чз}}}{m_{\kappa} + m_{\text{чз}}} (v_1 - u_1)^2 \quad (2.29)$$

Отсюда, обращаясь к формуле (2.24), получаем

$$T_0 - T = \frac{m_{\kappa}m_{\text{чз}}}{2(m_{\kappa} + m_{\text{чз}})} (1-k^2)(v_1 - u_1)^2 \quad (2.30)$$

В частном случае, когда частица загрязнения до удара неподвижно ($u_1 = 0$), будем иметь

$$\begin{cases} T_0 - T = \frac{m_{\kappa}m_{\text{чз}}}{2(m_{\kappa} + m_{\text{чз}})} (1-k^2)v_1^2 \\ T_0 = m_{\kappa}v_1^2 \\ T = \frac{m_{\kappa} + k^2m_{\text{чз}}}{m_{\kappa} + m_{\text{чз}}} T_0 \end{cases} \quad (2.31)$$

Из равенства (2.24) следует, что наибольшая потеря кинетической энергии будет при абсолютно неупругом ударе ($k = 0$), когда тела в конце удара не восстанавливаются.

В этом случае $v_2 = u_2 = u$, поэтому равенство (2.24), выражающее теорему Карно, примет следующий вид:

$$T_0 - T = m_k (v_1 - u)^2 + m_{чз} (u_1 - u)^2 \quad (2.32)$$

т.е. кинетическая энергия, потерянная системой при прямом центральном и абсолютно неупругом ударе, равна той кинетической энергии, которую имела бы система, если бы ее тела двигались с потерянными скоростями.

Полагая $k = 0$, из равенства (2.30) получим выражение для потерянной кинетической энергии при абсолютно неупругом ударе в ином виде, а именно:

$$T_0 - T = \frac{m_k m_{чз}}{2(m_k + m_{чз})} (v_1 - u_1)^2 \quad (2.33)$$

Рассмотрим случай абсолютно неупругого удара, когда одно из соударяющихся тел до удара было неподвижным.

Пусть этим телом будет второе тело, тогда его скорость до удара $u_1 = 0$.

В этом случае кинетическая энергия системы в начале и в конце удара будет соответственно равна

$$T_0 = m_k v_1^2 \quad (2.34)$$

$$T = (m_k + m_{чз}) v_2^2 \quad (2.35)$$

так как при абсолютно неупругом ударе $v_2 = u_2$. При этом будет иметь место формула (2.34, 2.35), т.е.

$$v_1 = \frac{m_k + m_{чз}}{m_k} v_2 \quad (2.36)$$

Подставляя это значение v_1 в формуле (2.33) и учитывая вторую из формул (2.34, 2.35), получаем

$$T = \frac{1}{1 + \frac{m_{чз}}{m_k}} T_0 \quad (2.37)$$

2.4 Исследование разрушения загрязнений при воздействии вращающихся струй

Известна скорость струи из исследований, а также известен расход жидкости.

Рассмотрим действие всесторонней деформации, когда скорость деформации не равна нулю, что вызовет увеличение прочности. Рассмотрим это утверждение на количественном языке.

Объемное реологическое уравнение для однородного материала, запишем

$$-\sigma = k_y e_v + \xi_s \dot{e}_v \quad (2.38)$$

где ξ_s – коэффициент объемной вязкости твердого тела.

e_v - объемная деформация загрязнения, м³,

$\dot{e}_v$ - скорость объемной деформации м³/с,

k_y - коэффициент упругости материала загрязнений, Н/м³

Эта объемная вязкость задерживает появление упругой деформации и (или) вызывает вязкое затухание, но течение при этом отсутствует. Это и есть вязкость твердого тела.

Работа деформации на единицу объема, запишем

$$A = \int_0^{e_v} k_y e_v de_v + \int_0^t \xi_s \dot{e}_v^2 dt \quad (2.39)$$

Первая часть в правой стороне, являясь упругой потенциальной энергией, обратима, тогда как вторая часть переходит в тепло и диссипируется. Поэтому разрушение имеет место, когда первая часть достигает и превышает предельную упругую потенциальную энергию материала при равномерном всестороннем напряженном состоянии, измеряемую E_v . Условие разрушения, следовательно, будет

$$A - \int_0^t \xi_s \dot{e}_v^2 dt = \int_0^{e_v} k e_v de_v \geq \Pi \quad (2.40)$$

Если k постоянно, интеграл в правой части может быть вычислен, и он равен $k_y = \frac{e_v^2}{2}$. Поэтому объемное расширение, при котором происходит разрушение, равно

$$e_{vr} = \pm \sqrt{\frac{2\Pi}{k}} \quad (2.41)$$

Тогда уравнение (2.38) дает для растягивающего напряжения, при котором имеет место разрушение, следующее значение:

$$-\sigma = k_y e_{vr} + \xi_s \dot{e}_v = \sqrt{2\pi k_y} + \xi_s \dot{e}_v \quad (2.42)$$

Пусть разрушающее напряжение в статическом состоянии, при котором $\dot{e}_v = 0$, есть σ_{rs}

$$\sigma_{rs} = \pm \sqrt{2\pi k_y} \quad (2.43)$$

тогда

$$\sigma = \sigma_{rs} + \xi_s \dot{e}_v \quad (2.44)$$

Следовательно: напряжение, при котором материал разрушается при всестороннем равномерном растяжении, возрастает при увеличении скорости расширения. Если ξ_s постоянна, возрастание линейно; в противном случае оно следует некоторому упругому закону, определяемому зависимостью $\xi_s = f(\dot{e}_v)$.

Таблица 2.1 - Распределение загрязнений по степени активности

Степень активности загрязнений	Вид загрязнений поверхности	Плотность, кг/м ³	Толщина, мм	Предел прочности на сжатие, МПа	Условный коэффициент адгезионной прочности
1	2	3	4	5	6
Слабо связанные	Растительные остатки	40-100	30	3-20	0,2
Средне связанные	Маслянисто-грязевые	200-900	5-10	1-5	0,15-0,3
	Технологические загрязнения	790-1200	5-10	1-5	0,15-0,5
Прочно связанные	Старые лакокрасочные покрытия	1000-1400	1	30	3
	Продукты коррозии	1500-2500	-	40	4
	Смолистые отложения	950-1050	5	3-8	0,9
	Нагар	1050-1200	10	30	3
	Накипь	2300-2600	5	30	3

Следует отметить, что этот результат не зависит от постоянства k_y . Из уравнения (2.39) непосредственно следует, что работа деформации, A , приводящая к разрушению, для любой скорости расширения $\dot{e}_v$ всегда больше, чем работа деформации A_{rs} , затрачиваемая при бесконечно медленном расширении (для которого $\dot{e}_v = 0$)

Следовательно, в то время как при отсутствии вязкого сопротивления для объемного расширения материала существует определенное напряжение, при котором происходит разрушение, в случае, когда вязкость существует, расширение e_{vr} является фиксированным, а напряжение σ - нет.

На основании проведенных теоретических исследований получено выражения связывающее напряжение разрушающее загрязнения и потенциальную энергию (работу) по разрушению загрязнения. В результате расчета получена потенциальная энергия разрушения средне связанных загрязнений которая составляет согласно формуле (2.44) около 3 КДж на площади 1м^2 .

Также установлены зависимости для расчета энергии разрушения частиц загрязнений, что позволило рассчитать начальную кинетическую энергию капель жидкости, которую можно определить по формуле (2.37), при среднем размере капли около 0,2 мм ее энергия составляет около $7,95 \times 10^{-5}$ Дж.

Дальнейшее исследование кинетической энергии струи распадающейся на капли позволило установить, что начальная скорость струи согласно формуле (2.34) должна составлять около 21 м/с. Для случая вращающихся гидравлических струй.

Выводы

На основании проведенных теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для совершенствования моечного процесса разработано устройство с вращающимися гидравлическими струями состоящие из прямоточной неподвижной трубы на которое надето ведомое колесо с крыльчаткой, которая

обеспечивает вращения цилиндрического патрубка с соплами. Благодаря чему образуются вращающиеся струи.

2. Применение вращающихся струй обеспечивает комплексное гидродинамическое воздействия на частицы загрязнения. Благодаря вращению направленной струй воздействие осуществляется под некоторым углом с многократным повторением, что улучшает разрушения частиц загрязнения и способствует отводу загрязненных частиц из зоны мойки.

3. Теоретические исследования реологических свойств загрязнений позволило установить потенциальную энергию разрушения загрязнения которая составляет около 3 КДж на м². Анализ воздействия струй и капель моющей жидкости позволило установить, что для удаления загрязнений скорость на выходе из сопла должна составлять около 21 м/с.

Глава 3 МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Общие сведения

В соответствии с задачами и теоретическими предпосылками, изложенными в главах 1 и 2, была разработана схема-алгоритм экспериментальных исследований, представленная на рисунке 3.1. Все исследования были разделены на лабораторные и натурные.

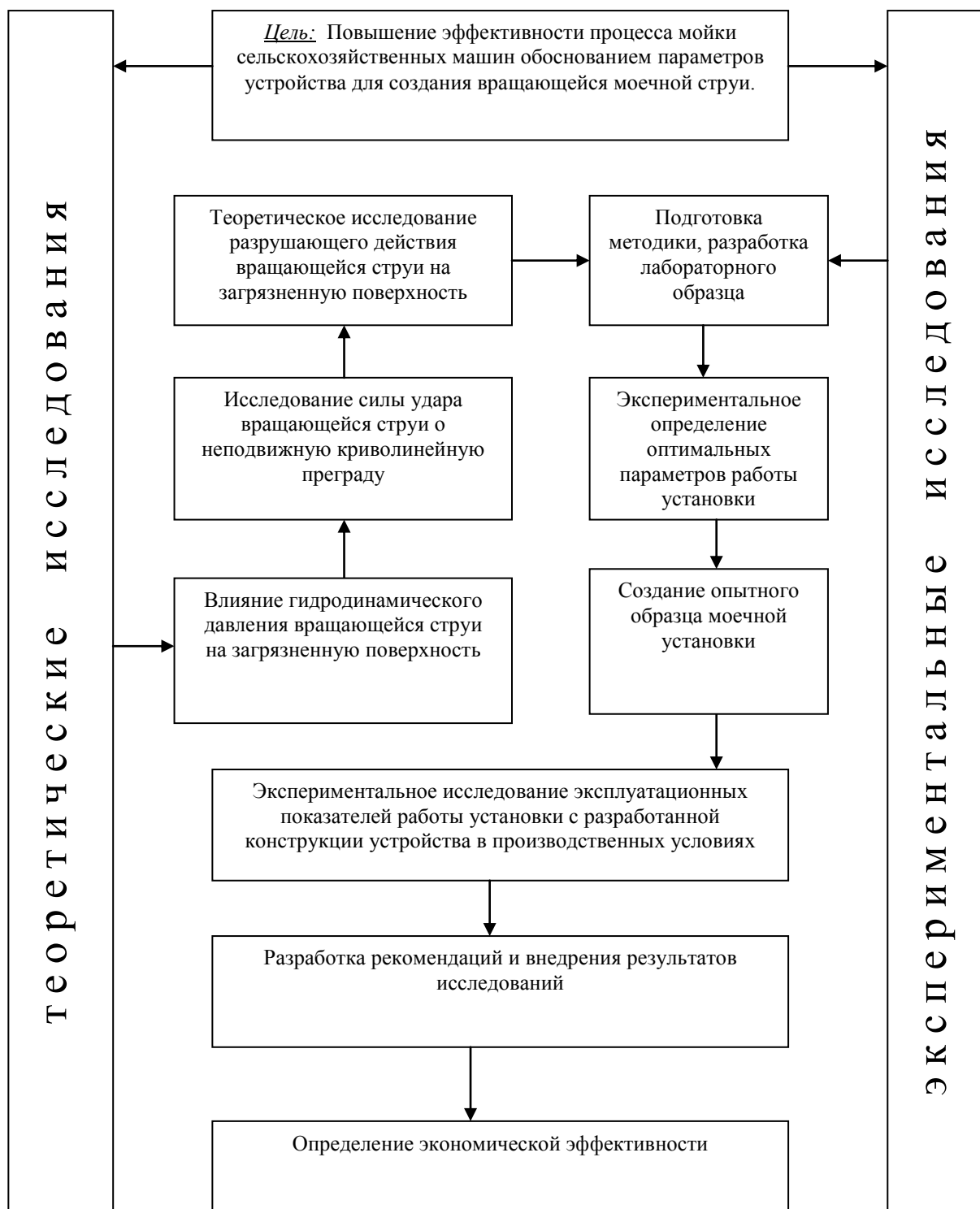


Рисунок 3.1 – Схема проведения исследований.

Лабораторные исследования проводились с целью определения моющей способности вращающейся струй, создаваемой разработанным соплом. В задачи лабораторных исследований входило определение рациональных параметров сопла, обеспечивающих наилучшее качество очистки поверхностей сельскохозяйственных машин, рациональных параметров расстояния от сопла до очищаемой поверхности и скорости движения вращающейся струи [53, 66, 76, 90, 92, 110, 139, 140].

Натурные испытания проводились для подтверждения результатов теоретических положений и лабораторных исследований с целью изучения процесса мойки с использованием разработанной конструкции сопла и оценки его качественных показателей. Целью хозяйственных исследований являлось определение эксплуатационных характеристик экспериментальной установки и сравнение их с характеристиками известного оборудования для мойки сельскохозяйственных машин. В задачу хозяйственных исследований входило сбор и обработка статистических данных о затратах норм времени, материальных и экономических средств на наружную мойку сельскохозяйственных машин, расчет значений показателей качества удаления загрязнений с поверхностей для каждой из выбранных марок машин [76, 85, 90, 139, 140].

3.2 Методика лабораторных исследований

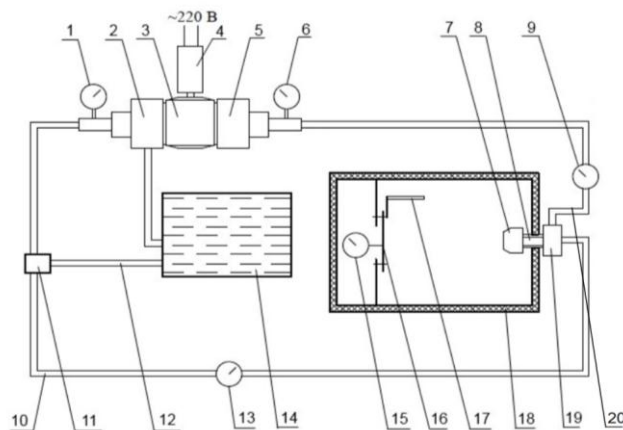
Лабораторные исследования проводились с целью подтверждения теоретических исследований о возможности использования вращающейся экспериментальной струи, и ее влияния на эффективность удаления загрязнений с наружных поверхностей машин [52, 58, 86].

В задачи лабораторных исследований входило:

1. Определение рациональных параметров работы экспериментальной моечной установки.
2. Определение зависимости степени очистки от расстояния до очищаемой поверхности.

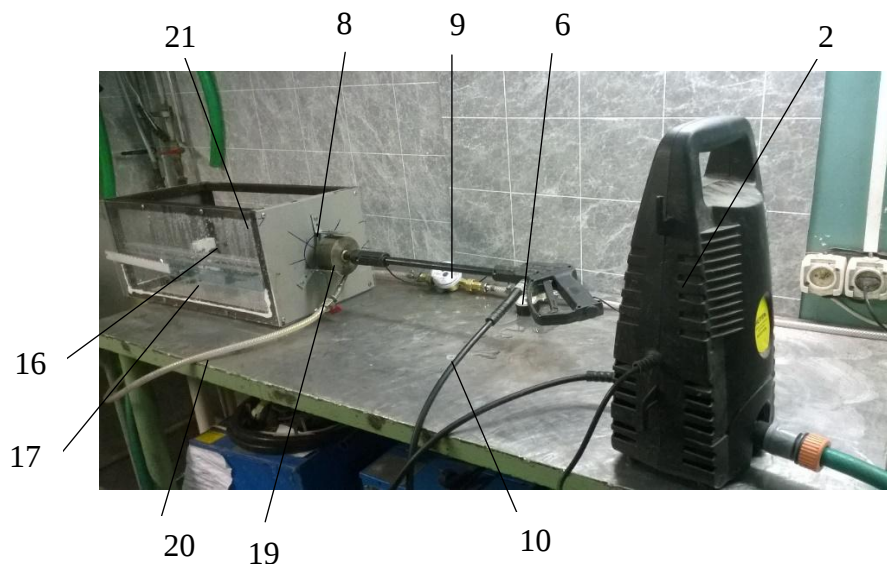
3. Определение зависимости степени очистки от скорости потока моечной струи.

Лабораторные исследования проводились на экспериментальной установке, принципиальная схема и общий вид которой представлены на рисунках 3.2 и 3.3.



1 – манометр водяной, 2 – насос водяной, 3 – электродвигатель, 4 – электрощит, 5 – насос воздушный, 6 – манометр воздушный, 7 – веерообразующее сопло, 8 – держатель, 9 – расходомер воздушный, 10 – напорная магистраль, 11 – предохранительный клапан, 12 – перепускная магистраль, 13 – расходомер воды, 14 – емкость для воды, 15 – динамометр, 16 – образец, 17 – линейка, 18 – моечная камера, 19 – воздушная камера, 20 – воздушная магистраль

Рисунок 3.2 – Принципиальная схема экспериментальной установки:



2 – насоса высокого давления, 8 – держатель, 9 – расходомер воздушный, 20 – воздушная магистраль, 6 – манометр воздушный, 10 – напорная магистраль, 16 – образец, 17 – линейка, 18 – моечная камера и установленным в ней вращающегося веерного сопла 7, 19 – воздушная камера

Рисунок 3.3 – Общий вид экспериментальной установки:

Лабораторная установка запитывается от сети 220 В и работает следующим образом: электродвигатель 3 приводит в действие насос высокого давления 2. В результате этого моющая жидкость из бака 14 через насос высокого давления 2, поступает в напорную магистраль 10 и далее, по напорной магистрали в веерообразующее экспериментальное сопло 7 общий вид которой представлен на рисунке 3.4. При выходе из сопла моющая струя направлялась на образец 16, закрепленный в моечной камере 18. Расстояние до образца измерялось с помощью линейки 17, экспериментальное сопло фиксирующейся зажимами 7. Электродвигатель 3 приводил в действие воздушный насос 5. По воздушной магистрали 20 поступал в воздушную камеру где приводил в движение ведомое колесо с крыльчаткой. Воздействие вращающейся сложной веерной струи на образец фиксировалось индикатором 15. Количество моющей жидкости проходящей через сопло определялось расходомером 9, количество воздуха проходящего в воздушную камеру определялось расходомером 8 установленным в воздушной магистрали. Изменение давления жидкости в напорной магистрали осуществляется за счет регулятора давления, установленного в насосе [43, 76, 140].



1 – неподвижная труба, 2 – поворотная опора, 3 – корпус воздушной камеры, 4 – веерообразующий гидравлический насадок, 5 – ведомое колесо с крыльчаткой

Рисунок 3.4 – общий вид устройства для создания вращающейся гидравлической струи:

На лабораторной установке проходил замер следующих параметров:

1. Количество струй:

$$n_{-1} = 2; \quad n_0 = 3; \quad n_{+1} = 4;$$

2. Диаметр выходного отверстия (d_H):

$$d_{H-1} = 0,9 \text{ мм}; \quad d_{H0} = 1 \text{ мм}; \quad d_{H+1} = 1,1 \text{ мм}.$$

3. Давление жидкости в напорной магистрали:

$$P_{-1} = 7 \text{ МПа}; \quad P_0 = 8 \text{ МПа}; \quad P_{+1} = 9 \text{ МПа};$$

4. Число оборотов сопла в минуту:

$$v_{-1} = 110 \text{ об/мин}; \quad v_0 = 130 \text{ об/мин}; \quad v_{+1} = 150 \text{ об/мин};$$

Образцы поверхностей сельскохозяйственных машин, для проведения экспериментальных исследований, изготавливались из стали 08СП в виде пластин размером 150x150 мм, толщиной 1 мм. Сталь 08СП является основным конструкционным материалом обшивки сельскохозяйственных машин. В эксперименте использовали пластины с лакокрасочным покрытием [76].

Образцы подвергались искусственному загрязнению, в качестве которого использовались маслянисто-грязевые отложения, так как этот вид загрязнения встречается практически на всех наружных поверхностях сельскохозяйственных машин и наиболее сложен для удаления. Нанесение загрязнений осуществлялось в два этапа [139]:

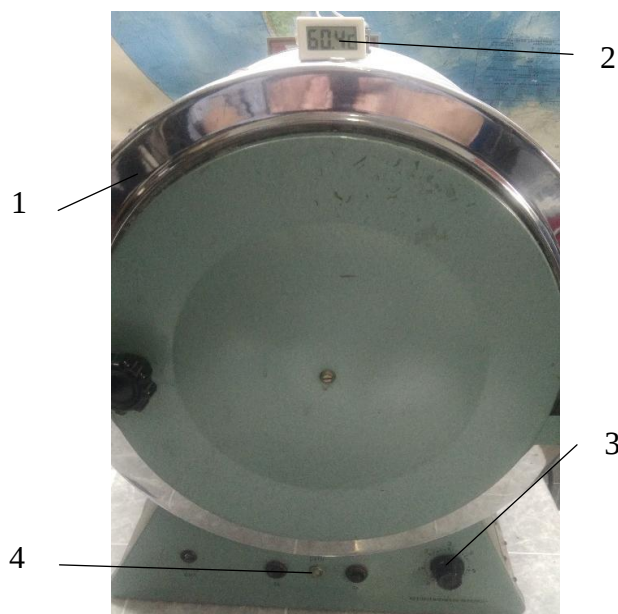
Первый этап включал погружение в отработанное масло, после чего образец отстаивался в вертикальном положении в течение 10 мин.

Второй этап заключался в нанесении слоя почвенной пыли и последующей сушке при температуре 60° С в электрическом сушильном шкафу «2В-151» (рисунок 3.5), в течение 2 часов [76, 140].

Толщина слоя загрязнения находилась в пределах от 0,8 до 1 мм и определялась с помощью магнитного толщиномера немагнитных покрытий (рисунок 3.6).

Для контроля толщины загрязнения образец размещали горизонтально и помещали на него индукционный преобразователь. Магнитные методы контроля неразрушающего сплошности металла основаны на обнаружении

локальных возмущений поля, создаваемых дефектами в намагниченном ферромагнетике. При намагничивании объекта магнитный поток протекает по объекту контроля. В случае нахождения несплошности на пути магнитного потока, возникают поля рассеивания, форма и амплитуда которых несет информацию о размере, характере, и глубине дефекта [140].



1 – сушильный шкаф, 2 – термометр, 3 – регулятор температуры, 4 – тумблер включения.

Рисунок 3.5 – Общий вид электрического сушильного шкафа «2В-151»



1 – жидкокристаллический дисплей, 2 – пульт управления, 3 – соединительный кабель, 4 – индукционный преобразователь.

Рисунок 3.6 – Магнитный толщиномер немагнитных покрытий МТ-201 [76, 140]

При экспериментальных исследованиях время мойки образцов составляло 15 секунд и фиксировалось с помощью секундомера, степень очистки определялась взвешиванием образцов до мойки и после нее [76].

После мойки образцы высушивались при температуре 40°C. Взвешивание осуществлялось на весах ВЛКТ-500г-М (рисунок 3.7) .



1 – корпус, 2 – площадка, 3 – жидкокристаллический дисплей

Рисунок 3.7 – Весы ВЛКТ-500г-М

Степень очистки определяли по формуле 3.1:

$$Q = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G} 100, \quad (3.1)$$

где Q – степень мойки, %

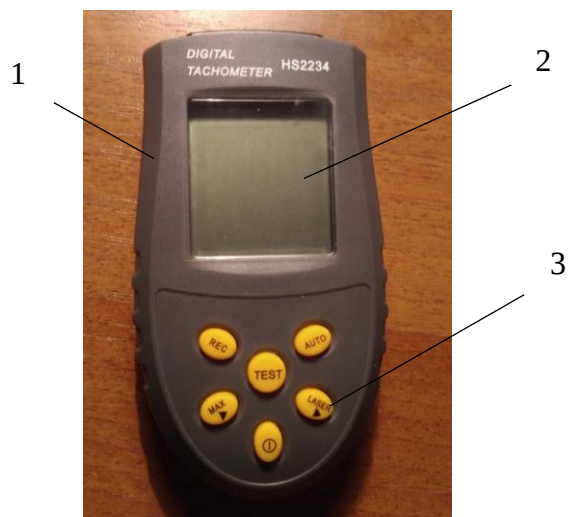
G_1 – масса образца с загрязнением до мойки, г;

G_2 – масса образца после мойки, г;

G – масса образца до нанесения загрязнения, г.

Скорость частоты вращения сопла измерялось при помощи лазерного тахометра «DIGITAL TACHOMETER HS2234» (рисунок 3.8)

Количество израсходованной электроэнергии измерялось при помощи прибора « LEMANSO LM 602 » (рисунок 3.9)



1 – корпус, 2 – жидкокристаллический дисплей, 3 – пульт управления.

Рисунок 3.8 - Тахометр «DIGITAL TACHOMETER HS2234»



1 – корпус, 2 – жидкокристаллический дисплей, 3 – пульт управления, 4 – блок для подключения электроприборов.

Рисунок 3.9 - « LEMANSO LM 602 »

Количество расхода жидкости измерялась при помощи прибора «ОХТА ГЛ 15» (рисунок 3.10)

Все результаты испытаний заносились в специальный журнал опытов. Опыт повторялся с трехкратной последовательностью. После чего производилась обработка результатов с помощью программы STATISTICA v8.0 [76, 90].



1 – штуцер выходной, 2 – штуцер входной, 3 – роликовый индикатор.

Рисунок 3.10 - «ОХТА ГЛ 15»

Технические характеристики контрольно–измерительных приборов представлены в приложении Г.

3.3 Методика натурных испытаний

Натурные испытания проводились для подтверждения результатов теоретических положений и лабораторных исследований с целью изучения процесса мойки с использованием разработанной конструкции сопла и оценки его качественных показателей.

В задачи испытаний входило:

1. Определение эксплуатационных характеристик экспериментальной установки.
2. Сравнительный анализ показателей работы экспериментальной установки и установок применяемых сельхозтоваропроизводителем.
3. Определение экономической эффективности от внедрения экспериментальной установки.

Испытания проводились в ООО "РЯЖСКАЯ МТС" Ряжского района Рязанской области (приложение В).

Конструкция устройства позволяет работать в двух режимах – с вращающимися веерными струям и без вращения [76].

Режим без использования вращения веерных струй при мойки наружных поверхностей хорошо изучен, поэтому наибольшее внимание уделялось режиму с использованием вращающихся веерных струй, выявлению параметров при которых качество и эффективность мойки будут максимальными. Использование вращающихся веерных струй осуществлялось на различном удалении от объекта мойки. Интервал удалений находился в пределах 150...250 мм. Расстояние до объекта мойки фиксировалось с помощью линейки закрепленной при помощи винтов на гидромониторе. В качестве рабочей жидкости использовалась водопроводная вода температура, которой находилась в пределах 18-20° С [53, 76, 87, 139, 140].

В качестве объектов исследований были взяты широко применяемые в сельскохозяйственном производстве свеклоуборочный комбайн РОПА V8-3, автомобиль КамАЗ и сеялка СЗУ-3.6 [53, 76, 87, 139, 140].

Выбранная сельскохозяйственная техника состоит из большого количества узлов и агрегатов, типичных для большинства сельскохозяйственных машин и на их поверхности встречаются загрязнения, характерные для большинства сельскохозяйственных машин [53, 76, 87, 139, 140].

Для получения информации с достоверной вероятностью 0,9 при коэффициенте вариации 0,1 и относительной ошибке 0,1 испытание проводилось на трех единицах каждой марки сельскохозяйственных машин [53, 76, 87, 139, 140].

При проведении исследований использовались современные измерительные приборы и оборудование, прошедшие в установленном порядке государственную проверку и необходимую в процессе эксперимента тарировку [53, 76, 139, 140].

В качестве исследуемого вида загрязнения были средне- и слабосвязанные загрязнения характеристика которых приведена в таблице 3.1.

Для выявления эффективных технологических параметров мойки сельскохозяйственных машин и определения эксплуатационных характеристик моечной машины фиксировались следующие значения [53, 76, 139, 140]:

- затраты электроэнергии, к Вт ч;
- расход моющей жидкости;
- время затраченное на мойку;
- качество очищенной поверхности, мг/см².

Таблица 3.1 – Характеристика исследуемых видов загрязнений наружных поверхностей

Классификация загрязнений	Вид загрязнения	Связь частиц загрязнений с поверхностью	Предел прочности при сжатии, МПа	Условный коэффициент прочности
1. Маслянисто-грязевые	Дорожная пыль, маслянистые остатки	Средне-связные	10 – 15	0,3
2. Технологические загрязнения	Остатки протирочных паст, смазочных материалов, продукты износа, металлическая стружка, пыль	Средне-связные	3 – 20	0,5
3. Растительные остатки	Грязь, солома, полова	Слабо-связные	5 – 10	0,2

Время моечной операции и всего технологического цикла мойки сельскохозяйственных машин фиксировалось секундомером. За этот период времени определялся расход моющей жидкости по водомеру ОХТА ГЛ 15, количество израсходованной электроэнергии по прибору LEMANSO LM 602. Качество очищенной поверхности оценивалось на эталонных участках поверхности машин с фиксированной площадью, характеристика которых по исследуемым маркам сельскохозяйственных машин приведена в таблице 3.2 [53, 76, 139, 140].

Далее тампон проходил сушку, для уменьшения в нем влаги, до параметров, при которых он находился, в первоначальном состоянии. Для этих целей использовалась сушильная камера с гигрометром М-68 [53, 76, 139, 140].

Сушка тампона проводилась при температуре 80° С до уменьшения относительной влажности в пределах 40%. После этого обтирочный тампон окончательно взвешивался на электронных весах ВЛКТ-500г-М [53,76,139,140].

Таблица 3.2 – Характеристика эталонных поверхностей сельскохозяйственных машин

№ п/п	Марка машины	Наименование эталонного участка	Площадь эталонного участка, м ²	Покрытие эталонного участка	Вид загрязнения	Характеристика поверхности
1	2	3	4	5	6	7
1.	КамАЗ	Топливный бак	(0,2 × 0,2) 0,04	Лакокрасочное	Маслянисто-грязевое	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
		Подкрылок	(0,2×0,2) 0,04	Лакокрасочное	Пыль, грязь, растительные остатки	Полуовальной формы
		Рама	(0,15×0,15) 0,0225	Лакокрасочное	Технологическое загрязнение, маслянисто-грязевое	Плоская часть с переходом в полуовальную
		Кабина	(0,4×0,4) 0,16	Лакокрасочное	Пыль, грязь, растительные остатки	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
2.	СЗУ-3.6	Бункер (с наружи)	(0,4×0,4) 0,16	Лакокрасочное	Пыль, грязь, растительные остатки	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
		Бункер под удобрение(внутри)	(0,15×0,15) 0,0225	Без покрытия	Продукты коррозии, растительные остатки	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
		Сошники	(0,1×0,1) 0,1	Без покрытия	Продукты коррозии, грязь, растительные остатки	Полуовальной формы

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7
3.	Рора V8-3	Шнековый очиститель	(0,2×0,2) 0,04	Без покрытия	Пыль, грязь, растительные остатки	Плоская
		Лемех копателя	(0,1×0,1) 0,01	Без покрытия	Пыль, грязь, растительные остатки	Овальной формы
		Элеватор	(0,15×0,15) 0,0225	Резиновое	Пыль, грязь, растительные остатки	Полуовальной формы
		Диски колес	(0,2×0,2) 0,04	Лакокрасочное	Пыль, грязь, растительные остатки	Полуовальной формы

По полученным результатам проводилась оценка качества мойки эталонного участка в соответствии с ГОСТ 18206-78, ОСТ-18000-84 [76].

Оценка качества мойки участка определялась по формуле:

Выявление остаточного загрязнения проверялось с помощью наложения чистой рамки, соответствующей размеру эталонного участка, которая изготавливалась из гибкого прозрачного материала (целлофан толщиной 0,4 мм), размеченной на квадраты площадью 1 см² [53, 76, 139, 140].

Полученные результаты наблюдений подвергались математической обработке. При анализе проведения исследований использовались графические методы в виде полигонов, гистограмм распределения. Оценка достоверности полученных результатов проводилась на основе методов математической статистики [53, 76, 139, 140].

При проведении сравнительных испытаний наружной мойки сельскохозяйственных машин использовались технологии и средства механизации наружной мойки сельскохозяйственных машин приведенные в таблице 3.3 [53, 76, 139, 140].

Таблица 3.3 – Краткая характеристика способов и средств механизации для наружной мойки машин

№ п/п	Наименование способа	Марка моечной машины	Технические показатели			t ° моечного раствора
			Мощность привода насоса, кВт	Рабочее давление, МПа	Подача моющей жидкости, л/мин	
1.	Мойка высокого давления	Huter W105-GS	1,5	6,8	5,7	20°C
2.	Мойка высокого давления	OERTZEN 316 C	4,3	20	13	20°C
3.	Мойка высокого давления	KARCHER K 7	3	15	9,1	20°C
4.	Мойка с вращающиеся веерные струи	Экспериментальная установка	3	7,8	7,5	20°C

При проведении наружной мойки сельскохозяйственных машин, моечный гидромонитор оператор держал одной рукой под углом 40 - 50 градусов относительно очищаемой поверхности на протяжении всего прохода; оптимальная скорость перемещения монитора выдерживалась в пределах 0,25-0,6 м/с;. Поверхность мыли горизонтальными или вертикальными полосами и не допускали волнообразные, петлеобразные и колебательные движения; включение и выключение установки проводилось только во время движения гидромонитора [53, 76, 139, 140].

При определении трудоемкости мойки фиксировалось подготовительно-заключительное, вспомогательное, основное и дополнительное время, выраженное зависимостью [53, 76, 139, 140].

$$T_H = T_O + T_B + T_{доп} + T_{п.з.}, \quad (3.2)$$

где T_H – техническая норма времени;

T_O – основное время;

T_B – вспомогательное время;

$T_{доп}$ – дополнительное время;

$T_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время.

Основное время затрачивается непосредственно на мойку поверхности сельскохозяйственной машины до качественных ее показателей. Вспомогательное время затрачивается на вспомогательные операции по созданию условий для выполнения основной работы. Дополнительное время учитывалось на организационно-техническое обслуживание рабочего места. Подготовительно-заключительное время затрачивается на выполнение работ, связанных с началом и окончанием всех моечных работ (операций) [53, 76, 139, 140].

Определение технологических операций наружной мойки в хозяйстве, по выбранным сельскохозяйственным машинам должно проводиться в одинаковой последовательности и по единой представленной схеме работ (приложение Б) [53, 76, 139, 140].

Затраты электроэнергии фиксировались специальным прибором D52-2047.

Расход моющей жидкости учитывался аналогичным прибором используемый в лабораторных испытаниях.

По полученным результатам проводилась оценка качества мойки с помощью эталонной рамки.

Оценка качества мойки всей поверхности сельскохозяйственной машины проводилась по средним значениям, рассчитанным по формуле [53, 76, 139, 140]:

$$Q_M = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Mi}}{n_i}, \quad (3.3)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{Mi}$ – суммарный оценочный показатель поверхностей выбранной сельскохозяйственной машины;

n_i – количество эталонных поверхностей.

Полученные результаты подвергались математической обработке.

Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Результаты лабораторных исследований

Для оценки комплексного влияния определяющих факторов на показатели оптимизации проводился многофакторный эксперимент по плану Бокса-Бенкина второго порядка, позволяющий минимизировать число опытов при одновременном варьировании факторов [53, 76, 93, 139, 140].

По результатам эксперимента получено уравнение множественной регрессии 4.1, для зависимости степени очистки Var5 загрязнений от параметров экспериментальной моечной установки для удаления загрязнений с поверхности машин с применением жидкостной вращающейся струи [21, 36, 53, 76, 139, 140]:

Параметры экспериментальной установки:

Var1 – количество струй;

Var2 – диаметр отверстий;

Var3 – давление моеющей жидкости в сопле;

Var4 – скорость вращения сопла.

Матрица плана, уровни варьирования факторов эксперимента и полученные значения параметра оптимизации, представлены в таблице 4.1.

Обработка результатов эксперимента проводилась на компьютере, и по найденным значениям было составлено уравнение регрессии:

$$\begin{aligned} v_5 = & b_0 + b_1 \cdot v_1 + b_2 \cdot v_2 + b_3 \cdot v_3 + b_4 \cdot v_2 \cdot v_4 + b_5 \cdot v_1 \cdot v_2 + b_6 \cdot v_1 \cdot v_3 + \\ & + b_7 \cdot v_1 \cdot v_4 + b_8 \cdot v_2 \cdot v_3 + b_9 \cdot v_2 \cdot v_4 + b_{10} \cdot v_3 \cdot v_4 + b_{11} \cdot v_1 \cdot v_1 + b_{12} \cdot v_2 \cdot v_2 + \\ & + b_{13} \cdot v_3 \cdot v_3 + b_{14} \cdot v_4 \cdot v_4 \end{aligned} \quad (4.1.)$$

Анализ поверхностей отклика проводился методом двумерных сечений. Придавая различные значения критерию оптимизации в каноническом уравнении, строились серии кривых равного выхода в области допустимых значений варьирования независимых переменных. Рассмотрение всех возможных сечений дает наглядное представление о значениях критерия

оптимизации, которые он будет принимать при варьировании уровней каждой пары факторов. По результатам эксперимента при помощи программы STATISTICA V8.0. были рассчитаны коэффициенты регрессии, построены трёхмерные и контурные графики и проведена оценка значимости факторов эксперимента на параметр оптимизации [53, 76, 84, 139, 140].

Таблица 4.1 – Матрица плана и уровни варьирования факторов при лабораторных испытаниях

Уровни варьирования факторов		Факторы				Критерий оптимизации
		Коли честв о струй	Диаметр отверстий, мм.	Давление моющей жидкости в сопле, МПа	Частота вращения сопла, об/мин	Степень очистки поверхности , %
		Var1	Var2	Var3	Var4	Var5
Нижний уровень (-)		2	0,9	7	110	
Основной уровень (0)		3	1	8	130	
Верхний уровень (+)		4	1,1	9	150	
Интервал варьирования		1	0,1	1	20	
План опытов	1	+	+	0	0	0,735
	2	+	-	0	0	0,777
	3	-	+	0	0	0,634
	4	-	-	0	0	0,698
	5	0	0	+	+	0,642
	6	0	0	+	-	0,592
	7	0	0	-	+	0,622
	8	0	0	-	-	0,606
	9	0	0	0	0	0,632
	10	+	0	0	+	0,795
	11	+	0	0	-	0,717
	12	-	0	0	+	0,691
	13	-	0	0	-	0,683
	14	0	+	+	0	0,609
	15	0	+	-	0	0,587
	16	0	-	+	0	0,691
	17	0	-	-	0	0,634
	18	-	-	-	-	0,695
	19	+	0	+	0	0,951
	20	+	0	-	0	0,929
	21	-	0	+	0	0,901
	22	-	0	-	0	0,842
	23	0	+	0	+	0,441
	24	0	+	0	-	0,379
	25	0	-	0	+	0,483
	26	0	-	0	-	0,459
	27	0	0	0	0	0,634

На основании уравнения регрессии построен трёхмерный и контурный график зависимости степени очистки поверхности образца (Var5) от количества веерных струй (Var1) и диаметра выходного отверстия (Var2) изображён на рисунке 4.1, 4.2 [53, 76, 139, 140].

$$\text{Var5} = 0,6263 + 0,039 \cdot x - 0,0287 \cdot y + 0,1836 \cdot x \cdot x + 0,0024 \cdot x \cdot y - 0,0946 \cdot y \cdot y$$

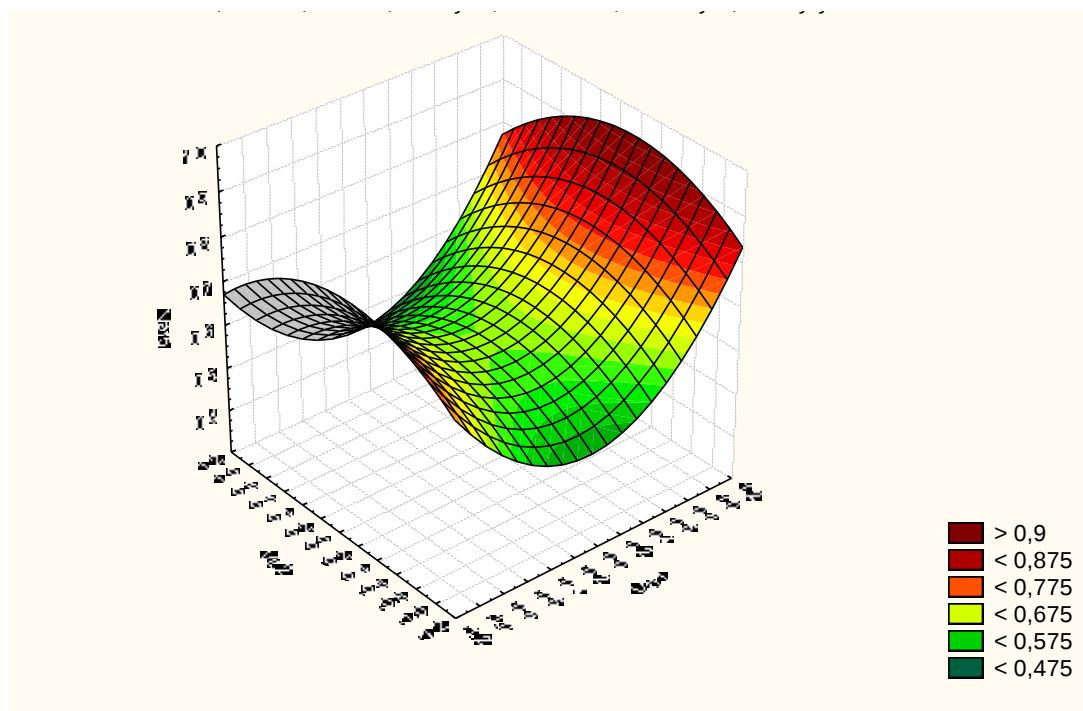


Рисунок 4.1 - Трёхмерный график зависимости степени очистки поверхности образца от количества веерных струй, шт. и диаметра выходного отверстия, мм.

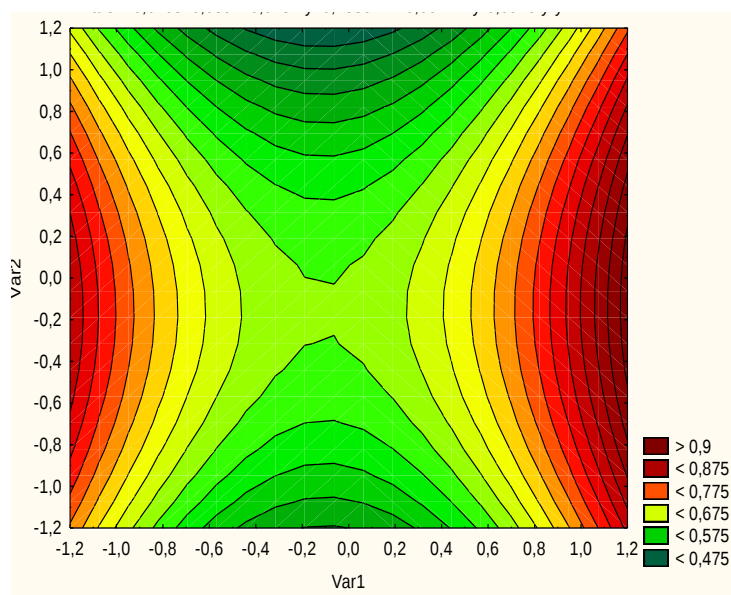


Рисунок 4.2 Контурный график зависимости степени очистки поверхности образца от количества веерных струй, шт. и диаметра выходного отверстия, мм.

Анализ математической модели и графиков показывает, что оптимальными значениями варьируемых факторов будут следующие значения: количества верных струй 2,8 принимаем целое число 3; диаметра выходного отверстия 0,97 мм.

На основании уравнения регрессии построен трёхмерный и контурный график зависимости степени очистки поверхности образца (Var5) от давления жидкости в напорной магистрали (Var3) и скорость вращения сопла (Var4) изображён на рисунке 4.3, 4.4.

$$\text{Var 5} = 0,6937 + 0,0093 \cdot x + 0,0153 \cdot y + 0,0678 \cdot x \cdot x + 0,0222 \cdot x \cdot y - 0,1192 \cdot y \cdot y$$

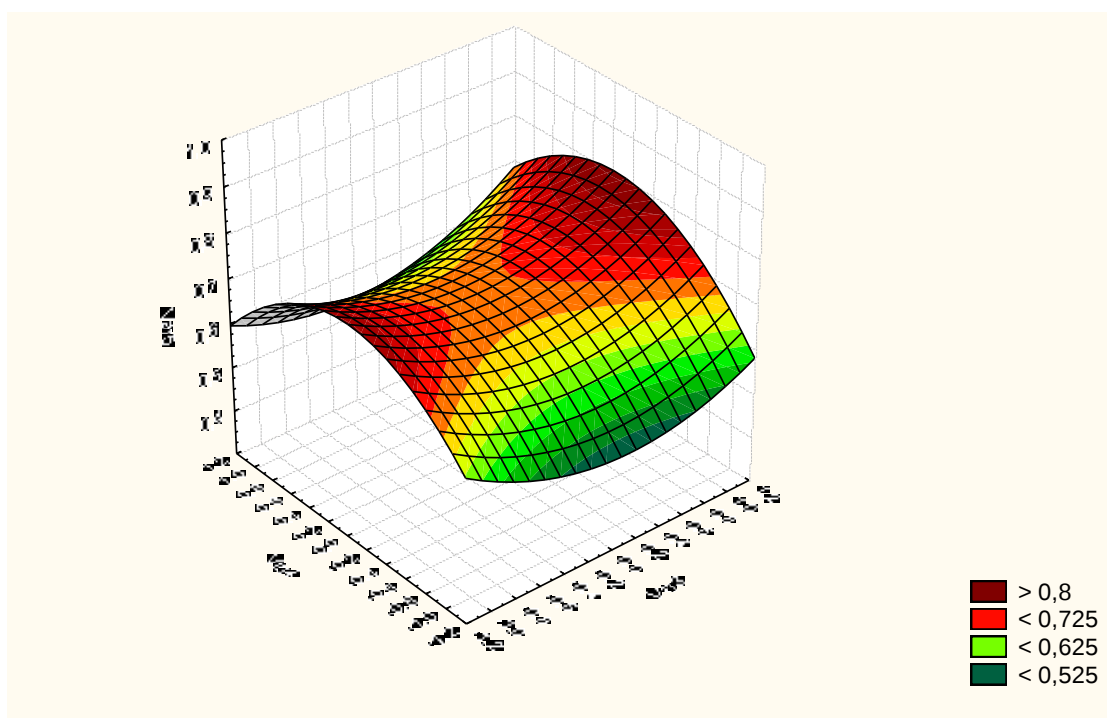


Рисунок 4.3 - Трёхмерный график зависимости степени очистки поверхности образца, от давления жидкости в напорной магистрали и скорости вращения сопла об/мин.

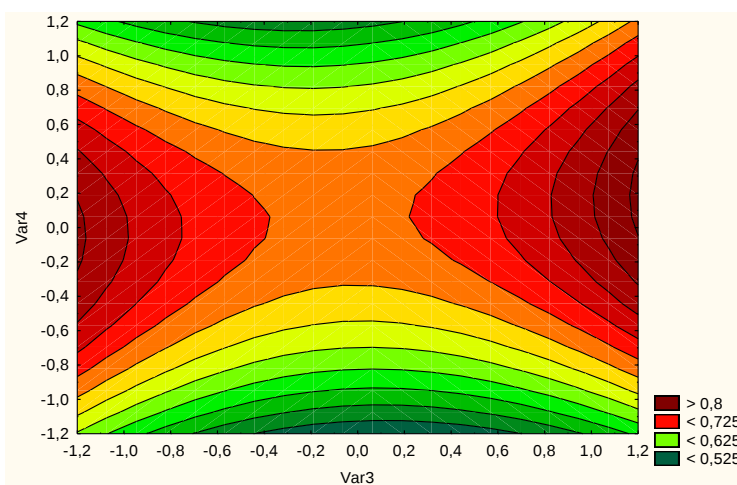


Рисунок 4.4 Контурный график зависимости степени очистки поверхности образца, от давления жидкости в напорной магистрали и скорость вращения сопла об/мин.

Анализ математической модели и графиков показывает, что рациональными значениями варьируемых факторов будут следующие значения: давления жидкости в напорной магистрали 7,8 МПа; скорость вращения сопла 132 об/мин.

На основании уравнения регрессии построен трёхмерный и контурный график зависимости степени очистки поверхности образца (Var 5) от скорости вращения сопла (Var 4) и количества веерных струй (Var 1) изображён на рисунке 4.5, 4.6.

$$\text{Var 5} = 0,6263 + 0,0369 \cdot x + 0,0188 \cdot y + 0,1857 \cdot x \cdot x + 0,0207 \cdot x \cdot y - 0,094 \cdot y \cdot y$$

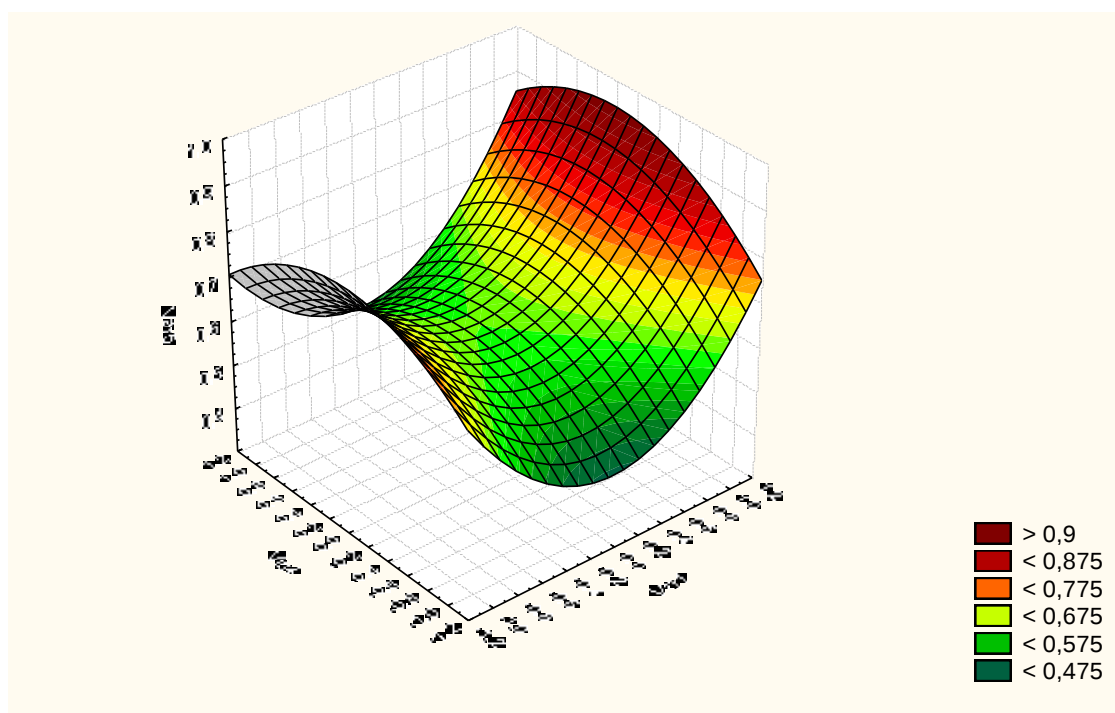


Рисунок 4.5 - Трёхмерный график зависимости степени очистки поверхности образца, от скорости вращения сопла об/мин. и количества веерных струй шт.

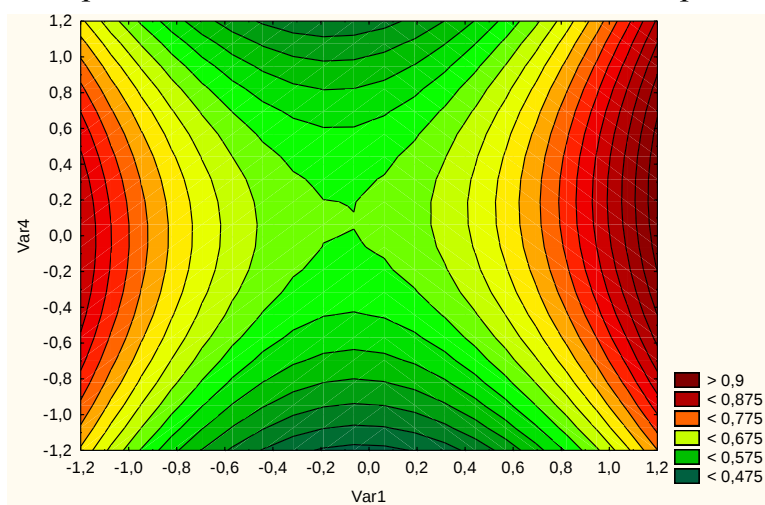


Рисунок 4.6 - Контурный график зависимости степени очистки поверхности образца, от скорости вращения сопла об/мин. и количества веерных струй шт.

Анализ математической модели и графиков показывает, что оптимальными значениями варьируемых факторов будут следующие значения: скорость вращения сопла 132 об/мин.; количества веерных струй 2,8 принимаем целое число 3.

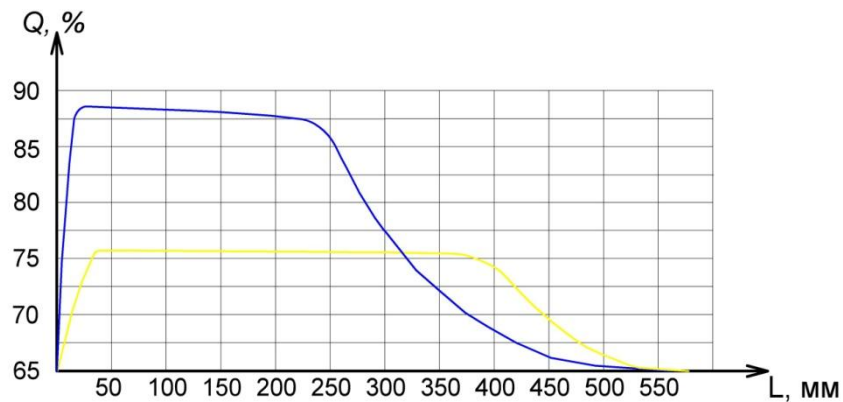
В связи с этим использование разработанной конструкции сопла с рациональными параметрами позволит получить качественные и количественные характеристики вращающейся струи, обеспечивающие высокую степень очистки поверхности [53, 76, 84, 139, 140].

Результаты преобразований уравнения регрессии (4.1) представлены в таблице (4.2).

Таблица 4.2 – Результаты преобразования уравнения регрессии

	Estimate	Standard	t-value	p-level	Lo. Conf	Up. Conf
b0	0,6372	0,0	35,08397	0,000000	1	1
b1	0,0386	0,0	4,86351	0,000389	0	0
b2	-0,0290	0,0	-3,65682	0,003285	-0	-0
b3	22,4078	939017,1	0,00002	0,999981	-2045920	2045965
b4	15,1522	469508,5	0,00003	0,999975	-1022956	1022986
b5	0,0034	0,0	0,25190	0,805381	-0	0
b6	-0,0114	0,0	-0,84899	0,412504	-0	0
b7	0,0154	0,0	1,14754	0,273522	-0	0
b8	-0,0109	0,0	-0,81167	0,432786	-0	0
b9	-15,1448	469508,5	-0,00003	0,999975	-1022986	1022956
b10	0,0064	0,0	0,47581	0,642751	-0	0
b11	0,1794	0,0	14,26816	0,000000	0	0
b12	-0,0989	0,0	-7,86232	0,000004	-0	-0
b13	-22,3217	939017,1	-0,00002	0,999981	-2045965	2045920
b14	-0,1010	0,0	-8,03133	0,000004	-0	-0

На рисунке 4.7 представлены результаты определения оптимального расстояния от сопла до омываемой поверхности позволяющего достичь максимальные показатели очистки поверхности.



— - вращающиеся струи.

— - струи без вращения

Рисунок 4.7 – График зависимости степени очистки Q , от расстояния L .

При работе экспериментального сопла, изменяется структура жидкости, поступающей на очищаемую поверхность, капля жидкости становится крупнее, а ее масса больше. Мелкие капли жидкости теряют свою силу из-за сопротивления воздуха, а крупные — ударяют по очищаемой поверхности с большей скоростью. Отсюда возникает мощный ударный импульс, величина которого на расстоянии 220 мм от насадки составляет 87%. Конструкция экспериментальной насадки позволяет обеспечить плавное нарастание скорости потока и формирование устойчивого пограничного слоя, что способствует получению компактной струи с высокими энергетическими характеристиками.

На рисунке 4.8. представлены результаты определения скорости вращения экспериментального сопла позволяющего достичь максимальные показатели очистки.

Как видно из графика максимальная степень очистки может быть достигнута при скорости вращения экспериментального в 132 оборота в минуту, она составляет 87%.

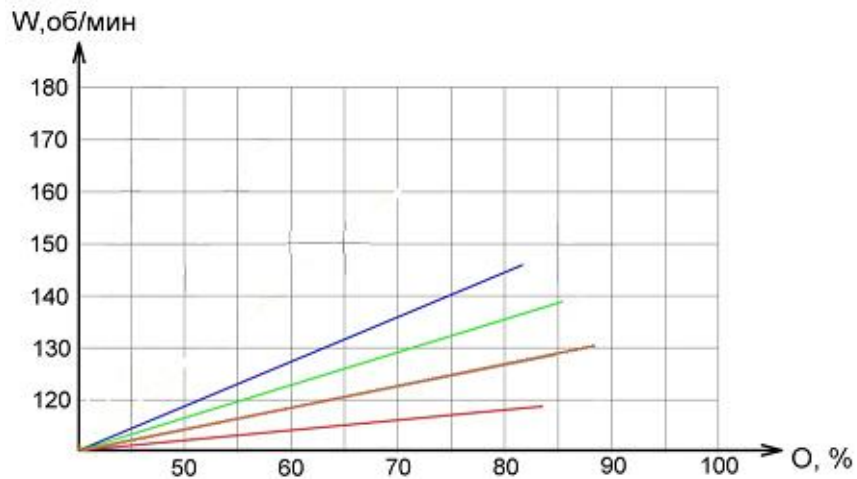


Рисунок 4.8 – График зависимости степени очистки Q от скорости W

Выводы

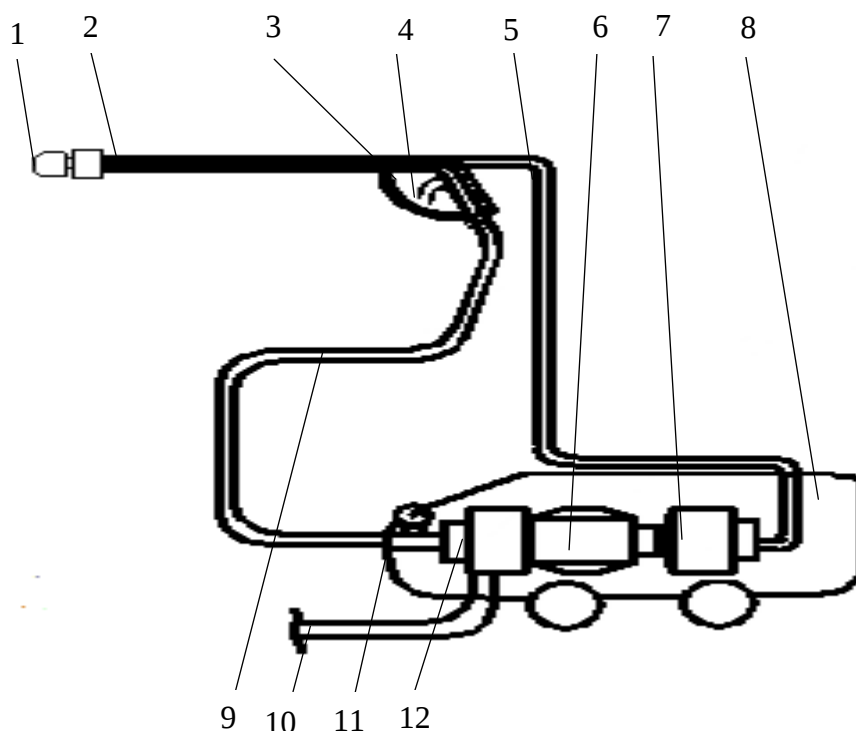
1. Экспериментальные исследования универсальной установки с применением вращающейся струи показали, что наиболее значимыми параметрами являются количество струй; диаметр отверстий; давление моющей жидкости в сопле и скорость вращения сопла. Рациональными значениями параметров установки являются: количество струй - 3; диаметр отверстий - 0,97 мм; давление моющей жидкости в сопле - 7,8 МПа; скорость вращения сопла - 132 об/мин.

2. Максимальная степень очистки может быть достигнута при расстоянии от сопла до омываемой поверхности равном 220 мм..

3. Максимальная степень очистки может быть достигнута при скорости вращения экспериментального равном 132 оборота в минуту.

4.2 Результаты натурных испытаний

Для решения поставленных в главе 3 задач была создан промышленный образец установки позволяющей производить очистку вращающимися веерными струями. Принципиальная схема и общий вид установки представлен на рисунке 4.9 и 4.10 соответственно [76].

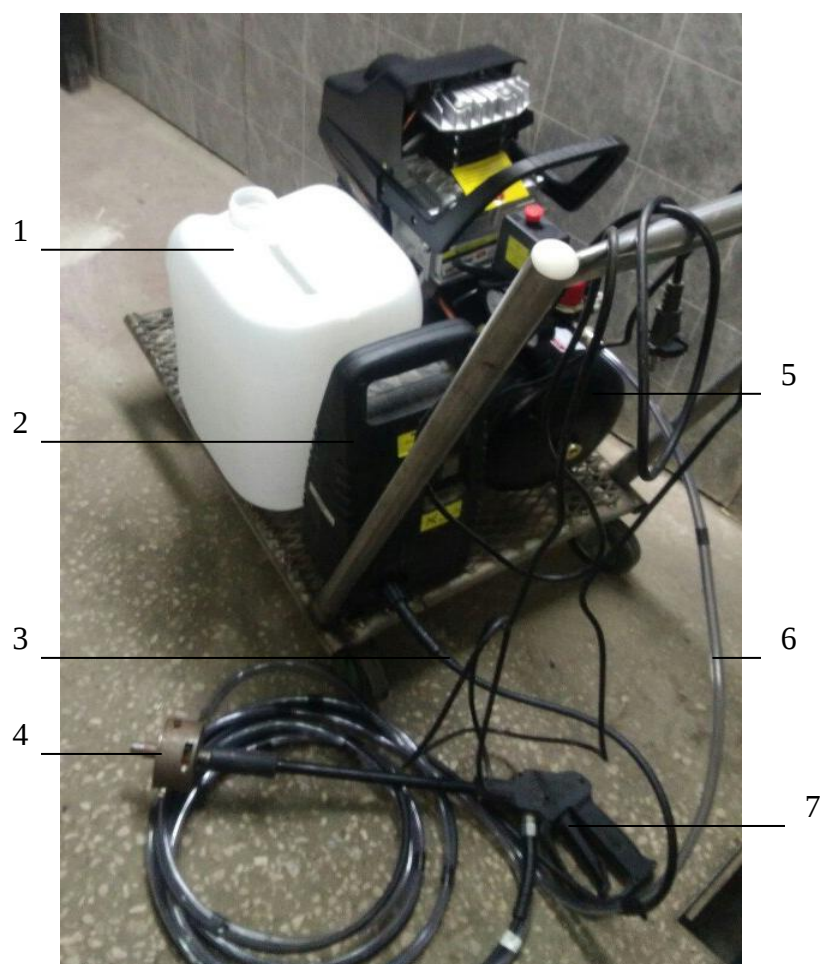


1 – веерообразующее вращающееся сопло, 2 – гидромонитор, 3 – кнопка подачи воздуха, 4 –кнопка подачи воды, 5 –воздушная магистраль, 6 – электродвигатель, 7 – насос компрессора, 8 – корпус установки, 9 –напорная магистраль, 10 – подача воды; 11 – манометр; 12 – насос высокого давления;

Рисунок 4.9 – Принципиальная схема установки:

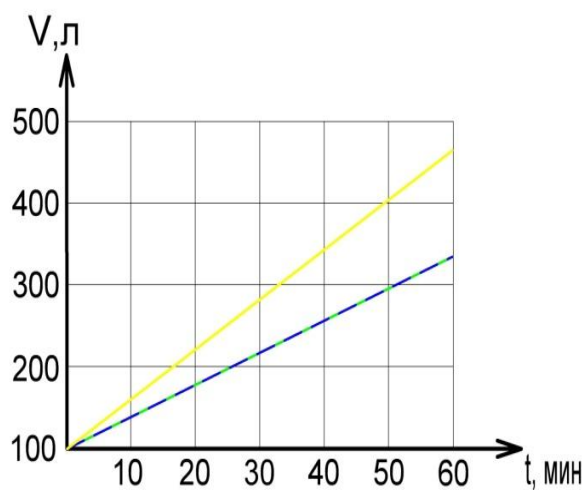
Моечная установка состоит из корпуса 8 внутри которого расположен плунжерный насос высокого давления 12 и электрический двигатель 6. Вода к насосу поступает через подводящую магистраль, и далее через напорную магистраль подается к моечному пистолету (гидромонитору). На передней части гидромонитора закреплен полый с перепускными каналами корпус, внутри которого установлено вращающееся веерное сопло.

В ходе натурных испытаний было проведено сравнение наиболее часто встречающихся способов средств для удаления загрязнений с поверхностей сельскохозяйственных машин и установлены технико-эксплуатационные показатели работы установок, представленные на рисунках 4.11, 4.12 и в таблице 4.3 [76].



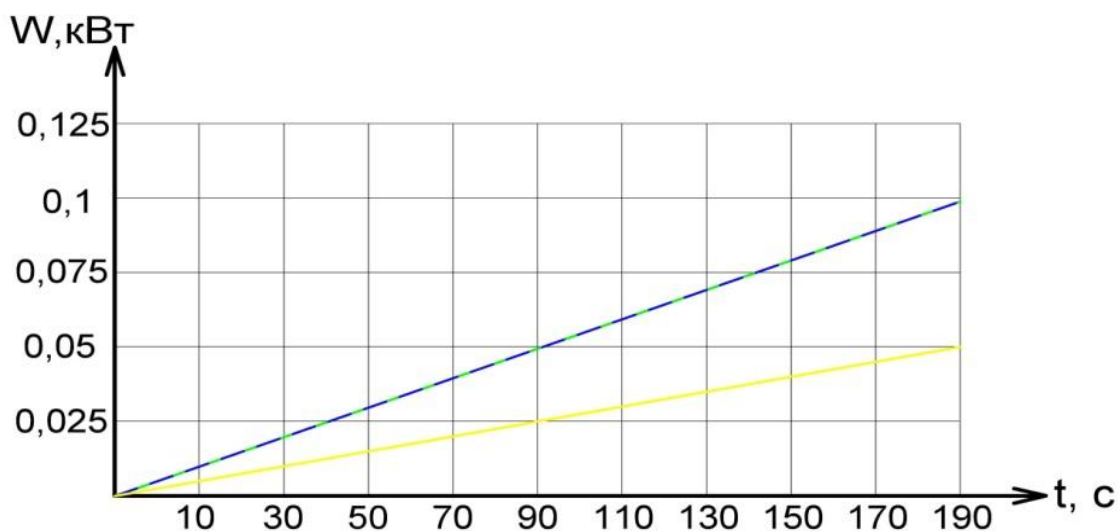
1 - емкость для воды, 2 – насос высокого давления, 3 – напорный шланг высокого давления, 4 – экспериментальное сопло, 5 – компрессор, 6 – воздушный шланг, 7 – манометр моечной установки,.

Рисунок 4.10 – Общий вид установки:



- - экспериментальная установка
- - установка высокого давления «KARCHER K7»
- - установка высокого давления «Huter W105-GS»

Рисунок 4.11 – График потребления воды от времени мойки



— экспериментальная установка

— установка высокого давления «KARCHER K7»

— установка высокого давления «Huter W105-GS»

Рисунок 4.12 – График потребления электроэнергии от времени мойки.

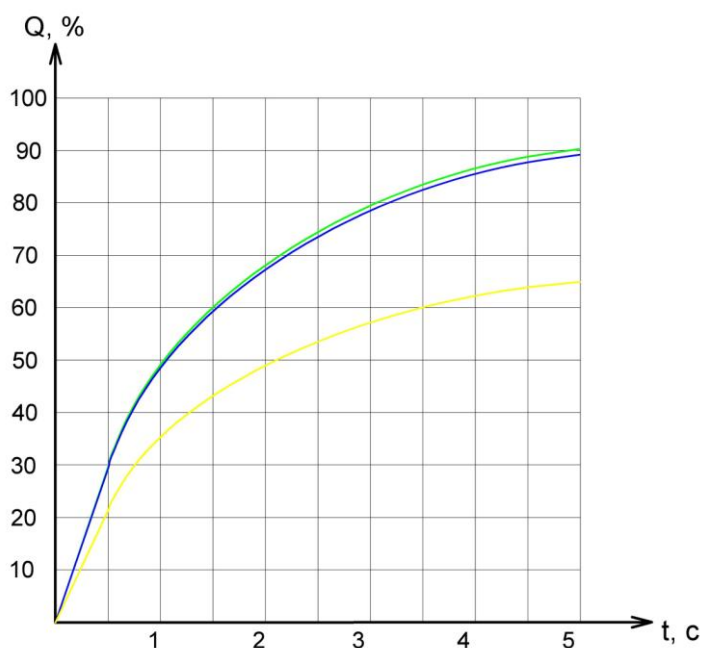
Время мойки поверхностей различных элементов сельскохозяйственных машин представлены в приложении Б.

Таблица 4.3 – Эксплуатационные показатели очистки сельскохозяйственных машин от средне и слабосвязанных загрязнений

№ п/п	Наименование способа очистки	Марка установки для очистки	Марка с/х машины	Оценочные показатели				
				Расход электроэнергии, кВт·ч	Расход рабочей жидкости.	Рабочее давление МПа	Время очистки, мин.	Остаточное загрязнение, г/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Мойка высокого давления	Huter W105-GS	СЗУ-3.6 КамАЗ РопаV8-3	0,6 1 1,7	128 229 376	6,8	25,4 49,1 83	0,85 0,88 0,9
2.	Мойка высокого давления	Karcher K7	СЗУ-3.6 КамАЗ РопаV8-3	0,9 1,6 2,7	158 287 486	14,3	20,3 41,5 70,4	0,74 0,77 0,79
3.	Мойка вращающейся струей	Экспериментальная установка	СЗУ-3.6 КамАЗ РопаV8-3	0,8 1,4 2,3	116 205 349	7,8	18,5 37,2 63,5	0,71 0,73 0,76

Максимальная очистка поверхности от загрязнения может быть достигнута при использовании установки высокого давления «KARCHER K7» и экспериментальной установки с вращающейся струей, количество остаточных загрязнений при использовании этих способов на 7-9% ниже, чем при использовании мойки высокого давления «Huter W105-GS». Сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей способов очистки показал, что мойка с использованием вращающейся струи является наиболее экономичной, расход электроэнергии и рабочей жидкости на 15-20% ниже, чем при использовании мойки высокого давления «KARCHER K7» и обеспечивает высокую производительность. Остаточные загрязнения после использования экспериментальной установки составляют 3-5%, что соответствует ГОСТ 9.103-78 [53, 76, 139, 140].

Анализ качества очистки эталонных образцов с применением струйных установок показал, что качество зависит от времени воздействия рисунок 4.13.



- экспериментальная установка
- установка высокого давления «KARCHER K7»
- установка высокого давления «Huter W105-GS»

Рисунок 4.13 – График зависимости степени очистки от времени

При этом на начальном этапе наблюдается максимальная интенсивность очистки, а затем она снижается, поэтому для получения высоких эксплуатационных показателей установок, время очистки должно быть ограничено. Наиболее эффективными является «KARCHER K7» и экспериментальная установки, обеспечивающие максимальную очистку при минимальных затратах времени. Необходимое качество очистки эталонного образца достигается за 5 с. Наихудшие качественные показатели имеет установка для очистки струёй высокого давления «Huter W105-GS», которая за такой же промежуток времени, обеспечивает качество очистки не более 65%.

Эффективность очистки сельскохозяйственных машин зависит не только от технико-эксплуатационных показателей работы установок, но и от технологии организации работ. Нами были проведены исследования по влиянию технологии очистки на трудоёмкость и качество работ, которые представлены на рисунке 4.14.

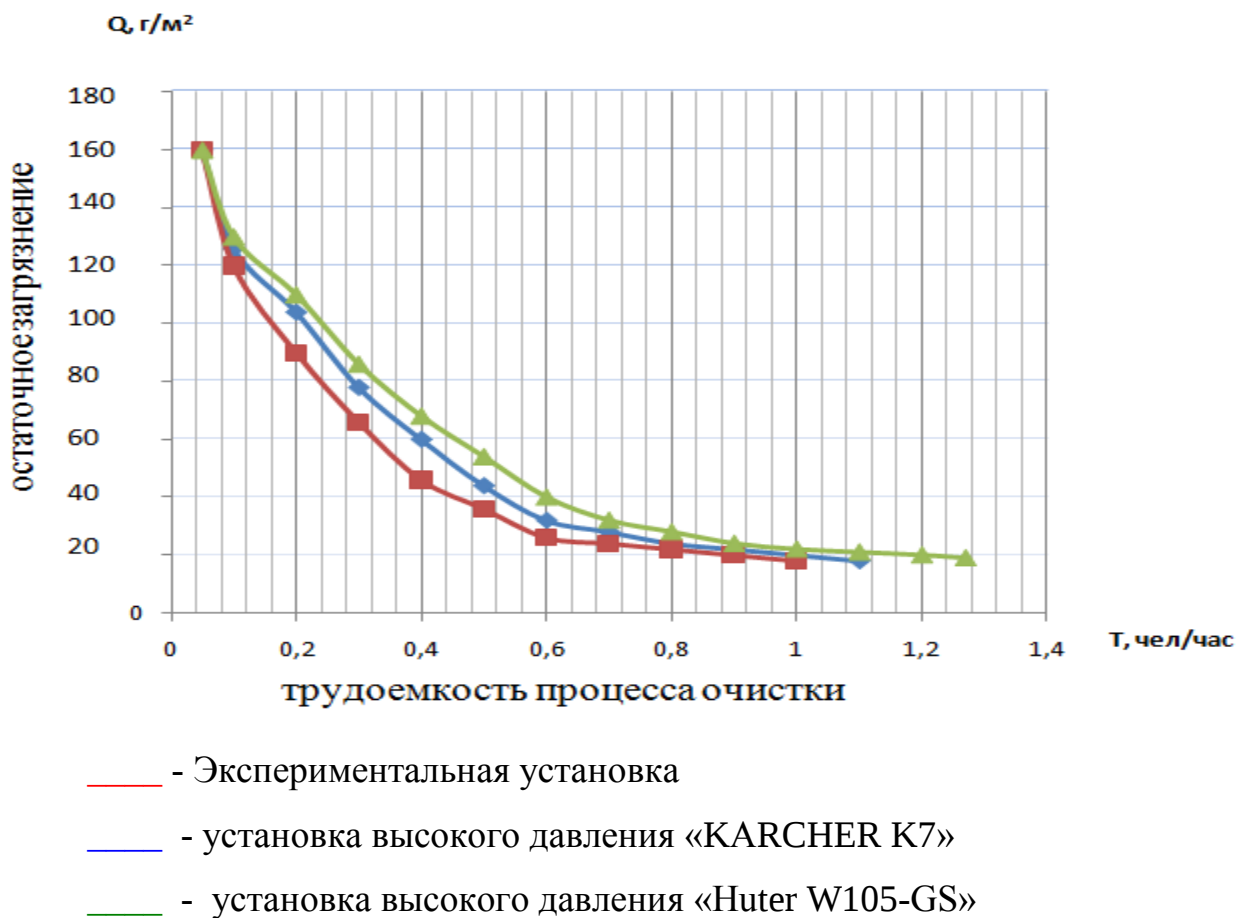


Рисунок 4.14 – График влияния очистки на трудоёмкость и качество работ.

Анализ качества очистки от трудозатрат показал, что наибольшие трудозатраты при очистке сельскохозяйственных машин получены при очистке струями высокого давления с помощью установки «Huter W105-GS» и установки «KARCHER K7». Использование экспериментальной установки позволяет существенно увеличить эффективность очистки сельскохозяйственных машин от загрязнений. Так для обеспечения допустимого качества очистки (остаточное загрязнение 1 г/м^2), трудоёмкость мойки для экспериментальной установки составляет 1,03 чел*ч для установки «KARCHER K7» - 1,11 чел*ч. и установки «Huter W105-GS» - 1,15 чел*ч. [53, 76, 89, 139, 140].

На основании проведенных натурных испытаний разработанный способ очистки вращающейся струёй с использованием промышленного образца установки прошел успешную производственную проверку. Внедрение данного способа мойки проводилось в ООО «РЯЖСКАЯ МТС» Ряжского района Рязанской области. В этой связи были разработаны операционные карты для наружной мойки исследуемых марок сельскохозяйственных машин приложение. Применение разработанной технологии позволило повысить эффективность очистки сельскохозяйственных машин, так общее время моечной операции составляет для свеклоуборочного комбайна RoraV8-3– 63,5 мин, автомобиля КамАЗ– 37,2 мин, сеялки СЗУ-3.6– 18,4 мин (Приложение Б).

Выводы

1. Сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей способов и средств удаления загрязнений с поверхности сельскохозяйственных машин, что очистка вращающейся струёй является наиболее экономичным способом мойки и обеспечивает высокую производительность и безопасные условия работы обслуживающего персонала.

2. Применение экспериментальной установки для мойки свеклоуборочного комбайна RoraV8 позволяет существенно увеличить эффективность очистки от загрязнений. Так для обеспечения допустимого качества очистки (остаточное загрязнение 1 г/м^2), трудоёмкость мойки для

экспериментальной установки составляет 1,03 чел*ч расход электроэнергии 2,3 кВт*ч; расход воды 0,4 м³.

Применение разработанного способа мойки позволило повысить эффективность очистки сельскохозяйственных машин, так общее время моечной операции составляет для свеклоуборочного комбайна RoraV8-3– 63,5 мин, автомобиля КамАЗ– 37,2 мин, сеялки СЗУ-3.6– 18,4 мин.

4.3 Экономическая эффективность

Использование экспериментальной моечной установки для удаления загрязнений с наружных поверхностей сельскохозяйственных машин различных марок в хозяйствах Рязанской области позволило снизить затраты и получить экономический эффект [6, 22, 27, 48, 49, 56, 57].

Исходные данные, отражающие экономическую эффективность использования различных вариантов моечных машин даны в таблицах 4.4 и 4.5, а также в приложении [6, 22, 27, 48, 49, 56, 57].

Экспериментальная установка сравнивалась с установкой KARCHER 7, которая обладает высокой производительностью, и позволяет получить высокое качество мойки [6, 22, 27, 48, 49, 56, 57].

Разработанная технология мойки, позволила проводить операции по устранению загрязнений с техники в хозяйствах оперативное, с меньшей трудоёмкостью.

В нашем случае капитальные вложения – это денежные средства, которые направлены на модернизацию действующих основных фондов. Если рассматривать их по назначению, то они необходимы для интенсификации производства [6, 22, 27, 48, 49, 56, 57].

В сумму капитальных вложений нами были включены затраты на изготовление и установку устройства.

Затраты на модернизацию определялись по формуле:

$$K_{\text{в}} = Z_{\text{о.д.}} + Z_{\text{п.д.}} + Z_{\text{п.р.}} + Z_{\text{о.п.}}, \quad (4.1)$$

где $Z_{o.d.}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей (устройства), руб.;

$Z_{п.д.}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, по прейскуранту, руб.;

$Z_{п.р.}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкций, руб.;

$Z_{o.п.}$ – общепроизводственные (цеховые расходы) на модернизацию, руб.

Затраты на изготовление оригинальных деталей:

$$Z_{o.d.} = C_m + C_{п.р.}, \quad (4.2)$$

где C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб. ($C_m = 730$ руб.);

$C_{п.р.}$ – заработная плата, рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, с учётом дополнительной зарплаты и отчислений на социальные нужды, руб. ($C_{п.р.} = 3980$ руб.).

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей (устройства) составят 4730 рубля.

Общепроизводственные (цеховые) накладные расходы на модернизацию конструкции:

$$Z_{o.п.} = C_{п.р.} + R_{o.п.}, \quad (4.3)$$

где $C_{п.р.}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении устройства, руб.;

$R_{o.п.}$ – процент общепроизводственных расходов ($R_{o.п.} = 62\%$).

$$Z_{o.п.} = 4730 * 62 / 100 = 7630,2$$

Общая сумма капитальных вложений на модернизацию вычисляется исходя из формулы (2):

$$K_b = C_m + Z_{o.п.} \quad (4.4)$$

$$K_b = 730 + 7630,2 = 8360,2$$

Эксплуатационные издержки будут складываться из затрат на заработную плату, электроэнергию и на приобретение средств для мойки техники.

Таблица 4.4 - Сравнительная характеристика текущих затрат на мойку сельскохозяйственной техники

Наименование затрат	Базовая установка	Экспериментальная	Отклонение факта от плана, (+;-)
1. Затраты на оплату труда с отчислениями, руб.	271881	271881	0
2. Затраты на электроэнергию	27814,75	27814,75	0
3. Затраты водоснабжение, руб.	31166,70	24871,34	6295,36
4. Затраты на водоотведение руб.	29967,53	24518,89	5448,64
Итого затрат			11744

Заработная плата исполнителей определяется по формуле

$$C_{\text{п}} = \Sigma L * C_{\text{ч}} * K_0 * T_{\text{г}}, \text{руб.} \quad (4.5)$$

где L – количество исполнителей, чел.;

$C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, руб. ;

K_0 – коэффициент увеличения оплаты труда по тарифу;

$T_{\text{г}}$ – годовая нормативная наработка, ч.

$$C_{\text{ч}} = M_{\text{рот}} * K_{\text{т}} * K_{\text{у}} / (t_{\text{рдн}} * t_{\text{рч}}), \text{руб.}, \quad (4.6)$$

где $M_{\text{рот}}$ – минимальный размер оплаты труда;

$K_{\text{т}}$ – тарифный коэффициент, зависящий от вида выполняемых работ и от вида техники, $K_{\text{т}} = 2,02$;

$K_{\text{у}}$ – коэффициент условий труда, $K_{\text{у}} = 1,8$;

$t_{\text{рдн}}$ – среднее расчётное количество рабочих дней в месяце, $t_{\text{рдн}} = 25,2$ дн.;

$t_{\text{рч}}$ – среднее количество рабочих часов в рабочем дне, $t_{\text{рч}} = 7$ ч.

Коэффициент $K_0 = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5$ рассчитываем при использовании трактора в производстве:

K_1 – коэффициент доплат за продукцию ($K_1 = 1,25 \dots 1,50$);

K_2 – коэффициент, учитывающий надбавку за классность ($K_2 = 1,1 \dots 1,2$);

K_3 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($K_3 = 1,15$);

K_4 – коэффициент, учитывающий начисления на социальные нужды ($K_4 = 1,26$);

K_5 – коэффициент, учитывающий оплату отпусков ($K_5 = 1,06 \dots 1,1$).

Тогда коэффициент увеличения оплаты труда исполнителя будет равен

$$K_0 = 1,37 * 1,15 * 1,15 * 1,26 * 1,08 = 2,47$$

$$C_{п.} = 1 * 62,4 * 2,47 * 1764 = 271881 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле

$$З_э = G_э * Ц_э, \text{ руб.} \quad (4.7)$$

где $G_э$ – расход электроэнергии при выполнении операций, кВт;

$Ц_э$ – цена 1 кВт электроэнергии, руб., ч.

$$З_{э.тек.} = (3*7*25,2*12)*4,38 = 27814,75 \text{ руб.}$$

$$З_{э.план.} = (3*7*25,2*12)*4,38 = 27814,75 \text{ руб.}$$

Затраты на водоснабжение определяются по формуле

$$З_в = G_в * Ц_в, \text{ руб.} \quad (4.8)$$

где $G_в$ – расход воды при выполнении операций, л;

$Ц_в$ – цена 1 м³, руб.

$$З_{в.тек.} = (550*7*25,2*12/1000)*26,11 = 31166,70 \text{ руб.}$$

$$З_{в.план.} = (450*7*25,2*12/1000)*26,11 = 24871,34 \text{ руб.}$$

Затраты на водоотведение по формуле

$$З_{от} = G_{от} * Ц_{от}, \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

где $G_{от}$ – расход материала при выполнении операций, кг;

$Ц_{от}$ – цена материала, руб.

$$З_{от.тек.} = (550*7*25,2*12/1000)*25,74 = 29967,53 \text{ руб.}$$

$$З_{от.план.} = (450*7*25,2*12/1000)*25,74 = 24518,89 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные издержки составят:

$$И'_1 = 271881 + 31166,70 + 29967,53 = 333015, 23 \text{ руб.}$$

$$И'_2 = 271881 + 24871,34 + 24518,89 = 321271, 23 \text{ руб.}$$

Таблица 4.5 – Исходные данные для расчета экономической эффективности использования установок для мойки сельскохозяйственной техники при удалении загрязнений различной плотности

№ п/ п	Наименование Показателей	Установки для мойки сельскохозяйственных машин	
		Базовая	Экспериментальная
1	2	3	4
1.	Балансовая стоимость, руб.	34990	4470
2.	Компрессор, руб.	-	13790
3.	Стоимость сопла, руб.	-	7630
4.	Количество рабочих при обслуживании установки для мойки сельскохозяйственных машин, чел.	1	1
5.	Часовая ставка оператора установки, руб.	62,4	62,4
6.	Годовой фонд времени машин при односменной работе, час	1764	1764
7.	Потребление электроэнергии, кВт/час	3	3
8.	Начисление на социальное страхование, %	5,4	5,4
9.	Расход воды, л/час	550	450
10.	Стоимость 1 м ³ воды, руб.	26,11	26,11
11.	Стоимость 1 кВт/часа, руб.	4,38	4,38
12.	Стоимость сброса 1 м ³ сточных вод, руб.	25,74	25,74
13.	Площадь, занимаемая машиной, м ²	0,2	0,4

Годовая экономия с одной установки определяется по формуле

$$\Theta_{\Gamma} = (I_1 - I_2), \quad (4.10)$$

где I_1 – эксплуатационные затраты в базовом варианте, руб.;

I_2 – эксплуатационные затраты в проектном варианте, руб.

$$\Theta_{\Gamma} = (333015, 23 - 321271, 23) = 11744 \text{ руб.}$$

Кроме сокращения текущих затрат, применение экспериментальной установки позволит повысить производительность.

Таким образом, на основе приведенных расчетов можно заключить, что применение конструкции экспериментальной установки позволит получить экономический эффект.

Выводы

1. Рациональными параметрами экспериментального сопла для создания вращающейся струи являются: количество струй - 3; диаметр отверстий - 0,97 мм; давление моющей жидкости в сопле - 7,8 МПа; скорость вращения сопла - 132 об/мин.
2. Максимальная степень очистки достигается на расстоянии 220 мм от сопла до омываемой поверхности и скорости вращения сопла 132 оборота в минуту.
3. Сравнительные натурные испытания показали, что для обеспечения необходимого качества очистки (остаточное загрязнение 1 г/м^2), расход воды экспериментальной установки составляет $0,4 \text{ м}^3$, что 15-20 % ниже чем у установки KARCHER K7, а трудоёмкость моечной операции составляет 1,03 чел*ч, что на 0,1 чел*ч меньше чем при использовании установки KARCHER K7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании исследования научно-производственного опыта очистки сельскохозяйственных машин от загрязнений установлено, что для моечных установок наиболее эффективными для улучшения качества мойки являются гидродинамические насадки, создающие эффект гидравлического удара и обеспечивающие повышение механического воздействия водяной струи.

2. Для совершенствования моечного процесса разработана конструкция устройства с вращающимися гидравлическими струями состоящие из прямоточной неподвижной трубы, на которое надето ведомое колесо с крыльчаткой, которая обеспечивает вращения цилиндрического патрубка с соплами и образование вращающейся струи. Её применение обеспечивает комплексное гидродинамическое воздействия на частицы загрязнения с многократным повторением, позволяющее разрушить загрязнение и отвести его из зоны мойки.

3. В ходе теоретических исследований установлено, что потенциальная энергия разрушения загрязнения вращающейся струей должна быть не менее 3 КДж на м^2 , а скорость капли жидкости на выходе из сопла должна составлять не менее 21 м/с.

4. Установлено, что рациональными параметрами устройства для создания вращающейся струи являются: количество струй - 3; диаметр отверстий - 0,97 мм; давление моеющей жидкости в сопле - 7,8 МПа; скорость вращения сопла - 132 об/мин.

Максимальная эффективность мойки достигается на расстоянии 220 мм от сопла до омываемой поверхности и скорости вращения сопла 132 об/мин.

5. Фактический годовой экономический эффект от внедрения результатов исследования составила 11744 руб на одну единицу сельскохозяйственной машины на примере свеклоуборочного комбайна RopaV8-3.

Рекомендации производству

Обоснование параметров моечных машин способствует повышению производительности, снижению трудоемкости моечного процесса и экономии ресурсов. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы предприятиями, занимающимися созданием моечных установок.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшей перспективе научных исследований для малых и фермерских хозяйств необходимо продолжить работу в направлении совершенствования конструкций моечных машин, с целью повышения их производительности, экономии и качества удаления загрязнений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абразивно-кавитационная мойка сельскохозяйственных машин [Текст]/ А.В. Шемякин, М.Б. Латышенок, Е.Ю. Шемякина, Н.М. Тараканова // Вестник РГАТУ. – 2010. - №4. – С.64-65.
2. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй [Текст] / Г. Н. Абрамович. - М. :Наука, 1984.
3. Агранат, Б.А. Ультразвуковая технология [Текст]. – М: Металлургия, 1974. – 504 с.
4. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Макарова, Ю. В. Грановский. – Киев: GoldenArt, 2006.
5. Аравин, В. И. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде [Текст] / В. И. Аравин, С. Н. Нумеров. – М.: Гостехтеориздат, 1953.
6. Артемова, Е. И. Экономика сельского хозяйства./ Е.И. Артемова, В.И. Нечаев, Л. А. Белова М.: Колосс – 2010.
7. Астанин В.К. Алгоритм расчета массы отходов образующихся при эксплуатации транспортного средства [Текст] / Е.А. Извеков, В.К. Астанин, В.В.Остриков // В сборнике: Современные научно-практические решения в АПК Материалы международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 92-99.
8. Астанин В.К. Восстановление изношенных деталей сельскохозяйственной техники гальваническим покрытиями [Текст] / Н.Ю. Стекольников, Ю.А. Стекольников, В.К. Астанин, В.В. Емцев, Э.М.Санников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. №133.- С.173-185.
9. Астанин В.К. Дефектация коленчатых валов транспортных технологических машин [Текст] / В.К. Астанин, И.В. Титова, И.А. Спицин // В сборнике: Новые технологии и технические средства для эффективного

развития материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра. -2019. - С. 74-79.

10. Астанин В.К. Износостойкость деталей, восстановленных хромированием на нестационарных режимах осаждения [Текст] / В.К. Астанин, Ю.А. Стекольников, В.В. Емцев, Э.М. Санников // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2017. №2.-С. 102-109.

11. Астанин В.К. Проверка качества восстановленных деталей гальваническим методом [Текст] / В.К. Астанин, О.А. Брюховецкий, И.А. Спицин // В сборнике: Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 21.

12. Астахова, Е. М. Повышение эффективности подготовки сельскохозяйственных машин к хранению средствами машинно-технологических станций с разработкой методики оценки качества [Текст]: дис. ... канд.тех. наук: 05.20.03. / Астахова Елена Михайловна. – Рязань, 2007. – 169 с.

13. Афанасиков, Ю. И. Мойка моющих растворов [Текст] / Ю. И. Афанасиков, Н. Н. Маслов // Автомобильный транспорт. – 1979. - № 4.

14. Афанасиков, Ю. И. Синтетические моющие средства и оборудование для их использования [Текст] / Ю. И. Афанасиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. - № 7.

15. Бабусенко, С. М. Ремонт тракторов и автомобилей [Текст] / С. М. Бабусенко. – М. :Агропромиздат, 1987.

16. Барсуков, А. Ф. Краткий справочник по сельскохозяйственным машин [Текст] : справочник / А. Ф. Барсуков, А. В. Еленев. – М. : Колос, 1973.

17. Биркгоф, Г. Струи, следы и каверны [Текст] / Г. Биркгоф, Э. Сарантонелло. – М. : Мир, 1964.

18. Бунин, С.М. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства [Текст]: учебное пособие / С. М. Бунин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003.
19. Быков, В. В. Концептуальные и технические основы системы технического сервиса транспортных и технологических машин лесного комплекса [Текст] / В.В. Быков - М.: МГУЛ, 2004. -312 с.
20. Вакана, В.В. Машиностроительная гидравлика [Текст] / В.В. Вакана - Киев: Высшая школа, 1986.
21. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] : учебное пособие, 6-е изд. / Е.С. Вентцель.— М.: Высшая школа, 1999.— 576 с.
22. Власов, Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственных машин [Текст] // Н.С. Власов. – М.: АНО «ИПЭВ», 2006.
23. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике [Текст] : справочник / М. Я. Выгодский. – М. : Наука, 1973. – 870 с. : ил.
24. Геллер, З. И. Истечение реальной жидкости из донных и длинных внешних цилиндрических насадок [Текст] / З. И. Геллер, Ю. А. Скобельцин // Известия высших учебных заведений Нефть и газ. – 1963.
25. Гиневский, А. С. Радиально-щелевая струя, истекающая из кольцевого источника конечного диаметра [Текст] / А. С. Гиневский // Промышленная аэродинамика : сб. ЦАГИ. – М., 1962. – Вып. 28. – С. 19.
26. ГОСТ 18206-78. Машины для мойки тракторов, автомобилей и их составных частей [Текст]. – Введ. 01-01-1986. – М. :Изд-во стандартов, 1978. – 34 с.
27. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки [Текст]. – Введ. 01-01-2009. – М. :М. : Изд-во стандартов, 2008. – 19 с.
28. Гурвич, Л. М. Мойка машин в сельском хозяйстве синтетическими моющими средствами [Текст]: дис. ... канд. тех. наук / Гурвич Л. М. – М., 1973.

29. Гурвич, Л.М. Применение моющих средств при очистке тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин [Текст] / Л. М. Гурвич. – М. : ЦНИИТЭМ, 1976.
30. Дитякин, Ю. Ф. Распыливание жидкостей [Текст] / Ю. Ф. Дитякин, Л. А. Клячко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1977. – 208 с.
31. Завьялов, С. Н. Мойка автомобилей. (Технология и оборудование) [Текст] / С. Н. Завьялов. – Изд. 2-е, перераб. – М. : Транспорт, 1984. – 184 с. : ил.
32. Загрязнения сельскохозяйственных машин и устройства для их очистки [Текст] / А.В. Шемякин, А.В. Кирилин, С.А. Кожин, Е.Г. Кузин // В сборнике: Технические науки - от теории к практике сборник научных публикаций. Сер. "Научный журнал "Globus"" 2016. С. 40-46.
33. Иванов, Б. И. Мойка металлических поверхностей пожаробезопасными составами [Текст] / Б. И. Иванов. – М. : Машиностроение, 1979. – 183 с. : ил.
34. Исследование способа мойки деталей сельскохозяйственных машин от консервационного материала с использованием устройства струйно-щеточного действия [Текст] / А. В. Шемякин, М. Ю. Костенко, А. С. Попов [и др.] // Вестник РГАТУ. – 2012. - № 3. – С. 51-53.
35. Киббель, Ф. А. Механизированные мойки автомобилей [Текст] /Ф. А. Киббель, В. И. Владимиров // Автомобильный транспорт. – 1979. - № 12.
36. Кибзун, А.И. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]// А.И. Кибзун. ФИЗМАТЛИТ. - 2002.
37. Кирилин А.В. Анализ технологического процесса подготовки техники к хранению [Текст] / А.В. Кирилин, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 192-197.
38. Кирилин А.В. Влияние гидравлического давления вращающейся струи на загрязненную поверхность [Текст] / А.В. Кирилин, О.А. Ваулина, В.В.

Терентьев, А.В.Шемякин. // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 2 (5) С. 138-144.

39. Кирилин А.В. Мойка сельскохозяйственных машин перед подготовкой к хранению [Текст] / А.В. Кирилин // В сборнике: Инновационные технологии в сельском хозяйстве, материалы III международной научной конференции. 2017. С. 44-48.

40. Кирилин А.В. Мойка сельскохозяйственных машин с использованием жидкостных струй высокого давления [Текст] / А.В. Кирилин. // Молодой ученый. 2017. № 11-3 (145). С. 20-22.

41. Кирилин А.В. Перспективный способ мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / А.В. Кирилин // Новая наука: От идеи к результату 2016. № 11-2. С. 102-105..

42. Кирилин А.В. Перспективный способ очистки сельскохозяйственных машин [Текст] / А.В. Шемякин, А.В. Кирилин С.А. Кожин // В сборнике: Технические науки - от теории к практике сборник научных публикаций. Сер. "Научный журнал "Globus"" 2016. С. 70-73.

43. Кирилин А.В. Стенд для сравнительных испытаний моечных машин [Текст] / А.В. Кирилин, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин //В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник II Всероссийской (национальной) научной конференции. Новосибирский государственный аграрный университет. 2017. С. 441-444.

44. Кирилин А.В. Устройство для очистки и мойки автомобилей водовоздушной струёй [Текст] / А.В. Кирилин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016) сборник статей VIII Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Е.В. Агеев. 2016. С. 175-178.

45. Кирилин А.В. Экспериментальная установка для мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / А.В. Кирилин, С.А. Кожин. Морозова Н.М. // В сборнике: Инновационное развитие современного комплекса России.

Материалы национальной научно - практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". 2016. С. 75-78.

46. Козлов, Ю. С. Мойка изделий в машиностроении [Текст] / Ю. С. Козлов, О. К. Кузнецов, Н. Ф. Тельнов. – М. : Машиностроение, 1982. – 264 с.

47. Козлов, Ю. С. Рекомендации по очистке машин при ремонте и техническом обслуживании : методические рекомендации [Текст] / Ю. С. Козлов, А. П. Садовский ; под общ.ред. Ю. С. Козлова. – М. : ГОСНИТИ, 1977.

48. Колегаев, Р. Н. Экономическая оценка качества и оптимизации системы ремонта комбайнов / Р. Н. Колегаев. – Новосибирск : [СО РАН], 2009.

49. Конкин, Ю. А. Экономика ремонта сельскохозяйственных машин [Текст] / Ю. А. Конкин. – М. : АНО "ИПЭВ», 2008.

50. Космачев, О. П. Теоретические и экспериментальные исследования скоростного режима истечения жидкости через различные насадки [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Космачев О. П. . – Грозный, 1975.

51. Куликов, А. А. Исследование процесса мойки деталей пульсирующими струями при ремонте сельскохозяйственных машин[Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Куликов Алексей Андреевич. – М., 1973.

52. Латышенок, М. Б. Методика оценки качества подготовки сельскохозяйственных машин к хранению [Текст] / М. Б. Латышенок, Е. М. Астахова // Сборник науч. тр. профессорско-преподавательского состава РГСХА. – Рязань, 2006. – С. 391-394.

53. Латышенок, М. Б. Обоснование ресурсосберегающих технологических приемов и разработка средств механизации для подготовки сельскохозяйственных машин к длительному хранению [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01, 05.20.03 / Латышенок Михаил Борисович. – Рязань, 1999. – 332 с.

54. Левитский, И. С. Качество машин и вопросы ремонта [Текст] / И. С. Левитский // Сельский механизатор. – 1977. – № 5. – С. 15-16.
55. Луховицкий, Ф. Н. Механизированные средства для технического обслуживания машинно-тракторного парка : учебное пособие [Текст] / Ф. Н. Луховицкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1978.
56. Макаркин, Н. П. Оценка экономической эффективности и оптимизация надежности техники [Текст] : монография / Н. П. Макаркин. – Саратов : Саратовский университет, 1981. – 310 с.
57. Машков, С. В. Экономическая оценка сельскохозяйственных машин в технологии производства растениеводческой продукции: на материалах Самарской области [Текст] : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Машков Сергей Владимирович. – М., 2009. – 194 с.
58. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Изд. 2-е, перераб. – Л. : Колос, 1980. – 168 с. : ил.
59. Михаличенко, А. А. Тенденции и основные пути повышения приспособленности сельскохозяйственных комбайнов к техническому обслуживанию / А. А. Михаличенко, А. Т. Остапко // Сельскохозяйственные машины, агрегаты и узлы. – Вып 5. – М. : ЦНИИТЭИ трактор-сельмаш, 1991.
60. Моделирование, как метод оптимизации в сельском хозяйстве [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенок, С. Г. Малюгин, Е. Ю. Макеева // Сборник науч. тр. профессорско-преподавательского состава РГСХА. – Рязань, 2006. – С. 376-378.
61. Мойка поверхности [Текст] / Н. С. Смирнов [и др.]. - М. : Металлургия, 1978.
62. Наволочный, А.А. Устройство для электрогидравлической мойки [Текст]/А.А. Наволочный А.А., Зорькин П.Г.//Сельский механизатор. - 1994.
63. Организация хранения техники в колхозах и совхозах : информ. отчет /Госагропром СССР, АгроНИИТЭИИТО ; [исполн.: В. З. Сергеев и др.] – М., 1987.

64. Основные параметры абразивно-кавитационной струи и их влияние на интенсивность мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / М. Б. Латышенок, А. В. Шемякин, Е. М. Астахова, Н. М. Тараканова // Вестник РГАТУ. – 2010. - № 4. – С. 65-66.

65. Основы хранения сельскохозяйственных машин в сельскохозяйственном производстве [Текст] / С. А. Бохуленков, А. В. Шемякин, М. Б. Латышенок, С. Г. Малюгин // Сборник науч. тр., посвященный 55-летию инженерного факультета РГСХА. – Рязань, 2005. – С. 26-28.

66. Оценка качества хранения сельскохозяйственных машин [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенок, Е. Ю. Шемякина, Е. М. Астахова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. - № 11. – С. 2-3.

67. Пажи, Д. Г. Распыливающие устройства в химической промышленности [Текст] / Д. Г. Пажи, А. А. Корягин, Э. Л. Ламм. – М. : Химия, 1975. – 200 с.

68. Пат. 125897 Российская Федерация, МПК В05В07/12. Пневматический распылитель [Текст] / Шемякин А. В., М. Б. Латышенок, М. Ю. Костенко, С. Д. Полищук, А. В. Подъяблонский, В. Н. Володин; заявитель и патентообладатель Рязанский гос. агротехнол. ун-т. - № 2012128602/05; заявл. 06.07.12 ; опубл. 20.03.13, Бюл. № 8. – 9 с. : ил.

69. Пат. 15469 Российская Федерация, МПК В60S3/04. Устройство для мойки транспортных средств [Текст] / Латышенок М. Б., Попов А. С., Широкова Э. А. ; заявитель и патентообладатель Рязанская гос. с.-х. академия. - № 2000109023/20 ; заявл. 10.04.00 ; опубл. 20.10.00. – 4 с. : ил.

70. Пат. 183001 Российская Федерация, МПК В05В 3/02 (2006.01), В05В 3/12 (2006.01). Устройство для создания вращающейся гидравлической струи [Текст] / Шемякин А.В., Терентьев В.В., Латышенок М.Б., Кожин С.А., Кирилин А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

(ФГБОУ РГАТУ). - № 2018119651 заявл. 28.05.18; опубл. 07.09.18, Бюл. № 25. – 9 с. : ил.

71. Пат. 2441781 Российская Федерация, МПК В60S1/00, В08В3/02. Устройство для мойки двигателей [Текст] / Шемякин А. В., Жильцов К. А., Тараканова Н. М. ; заявитель и патентообладатель Рязанский гос. агротехнол. ун-т. - № 2010132396/11 ; заявл. 02.08.10 ; опубл. 10.02.12, Бюл. № 4. – 7 с. : ил.

72. Пат. 26498 Российская Федерация, МПК В60S1/00. Устройство для мойки транспортных средств [Текст] / Паюров Р. А., Латышенок М. Б., Малюгин С. Г., Шемякин А. В.; заявитель и патентообладатель Рязанская гос. с.-х. академия. - № 2002113262/20 ;заявл. 24.05.02 ; опубл. 10.12.02. – 4 с. : ил.

73. Пат. 8464 Российская Федерация, МПК В60S3/04. Устройство для мойки транспортных средств [Текст] / Ретюнских В. Н., Латышенок М.Б.; заявитель и патентообладатель Рязанская гос. с.-х. академия. - № 98103727/20; заявл. 04.03.98; опубл. 16.12.98. – 6 с. : ил.

74. Пат. № 115250 Российская Федерация, МПК В08В1/00. Устройство для механической мойки деталей [Текст] /Шемякин А. В., Латышенок М. Б., Костенко М. Ю., Подъяблонский А. В., Володин В. Н., заявитель и патентообладатель Подъяблонский Алексей Валерьевич. - № 2011146177; заявл. 14.11.11 ;опубл. 27.04.12, Бюл. № 12. - 9 с. : ил.

75. Пат. № 25477 Российская Федерация, МПК В60S3/04. Сопло для моечных установок / Шемякин А. В., Малюгин С. Г., Латышенок М. Б., Паюров Р. А.; заявитель и патентообладатель Рязанская гос. с.-х. академия. - № 2002106051/20; заявл. 15.03.02 ; опубл. 10.10.02 . - 4 с.

76. Паюров, Р. А. Технология наружной мойки сельскохозяйственных машин с разработкой устройства акустико-кавитационного действия [Текст] :дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03/ Р. А. Паюров. - Рязань, 2004.

77. Петров, Н.П. Гидравлика [Текст] // М.: Машиностроение, 1988.

78. Петухов, Р. М. Методика экономической оценки износа и сроков службы машин [Текст] / Р. М. Петухов. - М. : Экономика, 1965.

79. Пирсол, И. Кавитация [Текст] : пер. с англ. / И. Пирсол. - М. : Мир, 1975.
80. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами [Текст] / А.В. Шемякин, М.Б. Латышёнок, В.В. Терентьев, К.В. Гайдуков, И.В. Зарубин, А.В. Подъяблонский, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 2 (65). С. 87-91.
81. Поцкалёв, А. Ф. Организация хранения сельскохозяйственных машин [Текст] / А. Ф. Поцкалёв. – М. : Колос, 1981.
82. Применение метода катодной протекторной защиты для снижения потерь металла при хранении сельскохозяйственной техники [Текст] / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Н.М. Морозова, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 4 (32). С. 93-97.
83. Проблемы подготовки сельскохозяйственных машин к длительному хранению в условиях малых и фермерских хозяйств [Текст] / В.В. Терентьев, Н.М. Морозова, А.В. Кирилин, С.А. Кожин // В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2017. С. 325-328.
84. Программа для ЭВМ – STATISTICA v 8.0. StatSoft. – 2007.
85. Пухов Е.В. Разработка методики проведения эксперимента по очистке конвейера свеклоуборочных машин [Текст] / В.С. Волков, В.А. Следченко, Е.В.Пухов, С.С. Мешкова, К.Р. Казаров, С.И. Коржов. // В сборнике: Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном

комплексе Материалы международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 118-122.

86. Пухов Е.В. Разработка технологии и технического средства для очистки конвейера свеклоуборочных машин [Текст] / В.С. Волков, Е.В. Пухов, В.А.Следченко // Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в различных режимах движения материалы международной научно-практической конференции, посвященной 115 годовщине со дня рождения профессора Харитончика Ефима Мироновича. Редколлегия: Н. И. Бухтояров, В. А. Гулевский, В. И. Оробинский; под общей редакцией: О. И. Поливаева, О. М. Костинова, А. В. Божко. -2017. -С. 252-255.

87. Пухов Е.В. Разработка технологии мойки колес автомобилей при транспортировке сельскохозяйственной продукции [Текст] /И.С. Киселев, Е.В. Пухов, А.И.Королев. // В сборнике: Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского. -2017. -С. 172-175

88. Пухов Е.В. Совершенствование технологического процесса антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники [Текст] / Д.А. Григорьев, А.Д. Бровченко, Е.В. Пухов, И.А. Спицин. // В сборнике: Современные научно-практические решения в АПК Материалы международной научно-практической конференции. -2017. - С. 155-158.

89. Пухов Е.В. Экспериментальные исследования по совершенствованию очистных работ колес сельскохозяйственной техники, тракторов и автомобилей [Текст] / И.С. Киселев, А.И. Королев, Е.В. Пухов // В сборнике: Наука, образование и инновации в современном мире: материалы национальной научно-практической конференции. -2018. - С. 390-393.

90. Ретюнских, В. Н. Способ и установка для беспылевого гидropескоструйного удаления загрязнений с наружной поверхности сельскохозяйственной техники [Текст]: дис. ... кандидата технических наук :

05.20.03 / Ретюнских, Вячеслав Николаевич; Рязанская гос. сельскохозяйств. академия. - Рязань, 2001.

91. Руденко, О. В. Теоретические основы нелинейной акустики [Текст] / О. В. Руденко, С. И. Солуян. - М. : Наука, 1975.

92. Руководство по хранению техники в объединениях Сельхозхимия [Текст] / В. М. Янкин [и др.] – Рязань :ВНИПИАгрохим, 1984.

93. Румшинский, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст] / Л. З. Румшинский. – Барнаул : Сельхозтехника, 2008.

94. Русанов, А. И. О работе смачивания и формулировке правила Дюпре [Текст] / А. И. Русанов, Ю. А. Голгер // Коллоидный журнал. – 1970. - № 4.

95. Савченко, В. И. Мойка и мойка машин [Текст] / В. И. Савченко. - М. :Россельхозтехника, 1974.

96. Садовский, А.П. Мойка деталей гидравлическими струями при ремонте тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / А.П. Садовский. - М., 1972. – 175 с.

97. Серпокрылов, Н.С. Водоохранные технологии как источник воздействия на окружающую среду / Н.С. Серпокрылов, В.А. Онкаев, В.Д. Бараев, О.Ш. Кедеева, Т.К. Шушунова // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: сб. материалов. – 2018. – С. 117-122.

98. Серпокрылов, Н.С. Воздействие минеральных масел и нефтепродуктов на экологическое равновесие окружающей среды / В.Г. Эрендженов, Н.С. Серпокрылов, В.А. Онкаев, Т.К. Эрмеков, А.В. Онкаев // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: сб. материалов. – 2018. – С. 153-156.

99. Серпокрылов, Н.С. К вопросу о предотвращении коррозии канализационных трубопроводов / Н.С. Серпокрылов, К.О. Хуторненко // Строительство и архитектура-2017. Инженерно-строительный факультет: сб. материалы науч.-практич. конференции. – 2017. – С. 244-248.

100. Серпокрылов, Н.С. Оптимизация выбора технических и технологических решений (на базе систем водоотведения): Учебное пособие / Н.С. Серпокрылов, А.С. Смоляниченко, Е.Н. Серпокрылов. – Ростов-на-Дону, 2018. – 93 с. 328
101. Серпокрылов, Н.С. Оптимизация опытно-промышленной мойки химически загрязненных сточных вод заводов машиностроительного профиля / Е.В. Яковлева, Н.С. Серпокрылов, Е.В. Самсонова, Г.С. Хачатурян, П.О. Банников, П.А. Ермаченко // Вода: химия и экология. – 2015. – № 4. – С. 21-29.
102. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: ФИЗМАТЛИТ/МФТИ, 2002.
103. Сигачёв, Е.А. Устройство с циклическим использованием энергии воздуха [Текст]// Труды ГОСНИТИ, т. 80, 1987.
104. Сиов, Б. Н. Истечение жидкости через насадки в среды с противодавлением [Текст] / Б. Н. Сиов. - М. : Машиностроение, 1968.
105. Система моечных машин для ремонтно-обслуживающих предприятий Госкомсельхозтехники СССР [Текст] : каталог. - М. : ГОСНИТИ, 1983.
106. Скороходов, Е. А. Общетеchnический справочник [Текст] / Е. А. Скороходов. - М. : Металлургия, 1990.
107. Совершенствование процесса межсезонного хранения сельскохозяйственных машин [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенок, Н. М. Морозова, А. В. Подъяблонский // Вестник РГАТУ. - 2010. - № 3. - С. 69-70.
108. Сопло для моечных установок / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенок, В.В.Терентьев, Е.Ю. Шемякина // Описание полезной модели к свидетельству РФ № 73293, 2008 г.
109. Сопло для мойки и обезжиривания поверхностей сельскохозяйственных машин при подготовке их к покраске [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенок, С. Г. Малюгин, Р. А. Паюров // Сб. науч. тр. СПбГАУ. – СПб., 2003. – С. 57-58.

110. Спиридонов А.А., Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов [Текст] / А.А. Спиридонов, Г.Н. Васильев. – Свердловск: Изд-во Статистика, 1975.
111. Спринг, С. Мойка поверхностей [Текст] : пер. с англ. / С. Спринг. - М. : Мир, 1966.
112. Тельнов Н.Ф. Мойка - основа качественного ремонта // Техника в сельском хозяйстве, 1980, № 6.
113. Тельнов, Н. Ф. Качественная мойка ремонтируемых объектов - важное условие повышения их надежности. [Текст] / Н. Ф. Тельнов // Науч. тр. - Русе (Болгария) : ВИММЭСС, 1979. - 21 т. - Серия 5.
114. Тельнов, Н. Ф. Классификация способов мойки и мойки деталей машин. [Текст] / Н. Ф. Тельнов // Доклады МИИСП : науч. тр. - М., 1966. - 3 т. - вып. 4.
115. Тельнов, Н. Ф. Мойка-качество хранения сельскохозяйственных машин [Текст] / Н.Ф. Тельнов // Техника в сельском хозяйстве. – 1981. - № 9.
116. Тельнов, Н. Ф. Основные итоги и перспективы совершенствования мойки и мойки сельскохозяйственных машин [Текст]. Сб. научи, трудов МИИСП. - М., 1978. - Т. XV. - вып.15.
117. Тельнов, Н. Ф. Технологические основы качественной мойки сельскохозяйственных машин. [Текст] / Н. Ф. Тельнов. - М. : ЦБНТИ, 1979.
118. Тельнов, Н.Ф. Мойка поверхностей струей гранулированной кислоты [Текст] / Н. Ф. Тельнов, Ермак Ю. Г. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981.- № 7.
119. Тельнов, Н.Ф. Технология мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / Н.Ф. Тельнов. - М.: Колос, 1983.
120. Толинский В.П. Динамика жидкостей и газов. Минск. – 1989 г.
121. Улучшение условий труда операторов моечных установок [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенок, Е. Ю. Шемякина, Е. М.Астахова, Н. М. Тараканова // Вестник РГАТУ. – 2010. - № 1. – С. 46-49.

122. Универсальная установка [Текст] / А. В. Шемякин, С. Г. Малюгин, М. Б. Латышенко, Р. А. Паюров // Сельский механизатор. – 2003. - № 4. – С. 83-84.

123. Устройство для безопасной мойки техники [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенко, Е. Ю. Шемякина, Н. М. Тараканова // Грузовик. – 2010. - № 10. - С. 16-17.

124. Устройство для очистки сельскохозяйственных машин с использованием энергии вращающейся жидкостной струи [Текст] / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Н.М. Морозова, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 3 (31). С. 77-80.

125. Устройство для ультразвуковой мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / А. В. Шемякин, С. Г. Малюгин, М. Б. Латышенко, Р. А. Паюров // Сб.научн. тр. СПбГАУ. – СПб., 2003. – С. 21-22.

126. Фадеев, И.В. К расчету продолжительности мойки загрязненных деталей / И.В. Фадеев, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – №27. – С. 5-8.

127. Фадеев, И.В. Мойка деталей при ремонте автомобилей с применением нового соединения тетраформамид пентабората аммония / И.В. Фадеев, К.А. Краснова, Ш.В. Садетдинов // Техника, дороги и технологии: перспективы развития: сб. трудов 7-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова. – Чебоксары, 2015. – С. 95-99.

128. Фадеев, И.В. Выбор рационального режима мойки деталей, узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 5. – С. 28-31.

129. Фадеев, И.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте узлов и агрегатов транспортных средств: монография / И.В. Фадеев – Чебоксары: Изд-во Волжского филиала МАДИ, 2018. – 284 с.

130. Фадеев, И.В. Экологически безвредные добавки к синтетическим моющим средствам для мойки деталей / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов //

Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: материалы 73-й науч.-методич. и науч.-исслед. конф. МАДИ. Сб. науч. трудов. – М., 2015. – С. 219-224.

131. Шемякин, А. В. Совершенствование технологии подготовки сельскохозяйственных машин к покраске с обоснованием параметров и режимов работы установки по обезжириванию наружных поверхностей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Шемякин Александр Владимирович – Рязань, 2004.

132. Шемякин, А. В. Современные способы повышения эффективности процесса очистки сельскохозяйственных машин [Текст] / А. В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Е.Г. Кузин // Международный научный журнал. 2017. № 2. -С. 95-99.

133. Шемякин, А. В. Коррозия и её воздействие на технику в сельском хозяйстве [Текст] / А. В. Шемякин, В. Н. Володин, А. В. Подъяблонский // Наука и молодёжь новые идеи и решения : материалы 5-ой Международной научно-практической конференции молодых исследователей. – Волгоград, 2011. - С. 61-65.

134. Шемякин, А. В. Оценка качества хранения сельхозтехники [Текст] / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенок, Е. М. Астахова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. - № 11. - С. 37-38.

135. Шемякин, А. В. Устройство для мойки техники [Текст] / А. В. Шемякин, Е. Ю. Шемякина, К. П. Андреев // Сельский механизатор. – 2009. - № 3.- С. 12

136. Шемякин, А. В. Эффективная установка для мойки техники [Текст] / А. В. Шемякин, Е. Ю. Шемякина, К. П. Андреев // Сельский механизатор. – 2008. - № 6.- С. 44

137. Шемякин, А.В. Анализ условий труда операторов моечных установок [Текст] / А. В.Шемякин, Е. Ю. Макеева, К. В.Гайдуков // Сборник научных трудов РГСХА. – Рязань, 2006. – С. 43-44.

138. Шемякин, А.В. Теоретические основы повышения эффективности струйной мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенко, Н. М. Тараканова // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2010. - № 11. - С. 2.

139. Шемякин, А. В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств : диссертация ... доктора технических наук : 05.20.03 / Шемякин Александр Владимирович; [Место защиты: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Мичуринский государственный аграрный университет"]. - Мичуринск, 2014.

140. Шемякина, Е. Ю. Технология очистки сельскохозяйственных машин с обоснованием параметров и режимов работы моечной установки с воздушным экраном [Текст]: дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Шемякина Евгения Юрьевна; Рязан. гос. с.-х. акад. им. П.А. Костычева. - Рязань, 2009.

141. Экспериментальная установка для мойки двигателей перед ремонтом [Текст] / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, А. М. Баусов, К. А. Жильцов, В. Н. Володин // Вестник АПК Верхневолжья. – 2011. - № 1 (13). – С. 82-84.

142. Agrartechnik. - 1978, № 1, 9, 10 ; 1979, № 2 – 11; 1980 № 1-12.

143. Dispositif de protection cathodique de pieces metalliques contre la corrosion. - WO 87/94334.

144. Graham, A. K. Electroplating Engineering Handbook, 2-nd ed. (Ed.) Lux. - Linford., 1962.

145. Improved process of preventing oxidation of metal capacitive coupling. - WO 88/94334.

146. James, J. Technical Service in American Economy 1972.

147. Kirilin A.V. Experimental researches of agricultural machinery engines cleaning by icy and cavitation jet. / A.V. Shemyakin, V.V. Terentyev, N.M. Morozova, A.V. Kirilin. // Modern Science. 2016. № 10. С. 34-37.

148. Kirilin A.V. The theoretical aspects of removing contamination of agricultural machinery /A.V. Kirilin // Modern Science. 2017. № 4-1. C. 38-41.
149. Mason, W. P. Physical acoustics and properties of solids. – New Jersey, 1927.
150. Musgrave M. I. Crystal acoustics. – San Francisco, 1970.
151. Nolting, B. E. Cavitation produced by ultrasonics / Nolting, B. E., Neppiras E.A. – Proc. Phys.Soc.,1950.
152. Schwartz A.M., Perry J.W. Surface active Agents and Detergents. v.2, Interscience. Publ., N.Y. - Lnd., 1958.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 183001

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ
ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СТРУИ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)*

Авторы: *Шемякин Александр Владимирович (RU), Терентьев Вячеслав Викторович (RU), Латышенко Михаил Борисович (RU), Кожин Сергей Александрович (RU), Кирилин Александр Васильевич (RU)*

Заявка № 2018119651

Приоритет полезной модели 28 мая 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 07 сентября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 28 мая 2028 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

183 001⁽¹³⁾ U1

(51) МПК
B05B 3/02 (2006.01)
B05B 3/12 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
 ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК
B05B 3/02 (2006.01); *B05B 3/12* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018119651, 28.05.2018
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.05.2018
 Дата регистрации:
 07.09.2018
 Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 28.05.2018
 (45) Опубликовано: 07.09.2018 Бюл. № 25
 Адрес для переписки:
 390044, г.Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО
 РГАТУ, Безносок Р.В.

(72) Автор(ы):
 Шемякин Александр Владимирович (RU),
 Терентьев Вячеслав Викторович (RU),
 Латышенко Михаил Борисович (RU),
 Кожин Сергей Александрович (RU),
 Кирилин Александр Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Рязанский государственный
 агротехнологический университет имени
 П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 72901 U1, 10.05.2008. RU
 2176185 C1, 27.11.2001. RU 2152273 C1,
 10.07.2000. SU 604684 A, 03.05.1978. SU 810495
 A1, 07.03.1981. US2393978 A, 05.02.1946.

RU
 183 001
 U1

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СТРУИ**

(57) **Формула полезной модели**

Устройство для создания вращающейся гидравлической струи, содержащее прямоточную неподвижную трубу, на которой посредством поворотной опоры установлен корпус, соединенный через манжетное уплотнение с цилиндрическим патрубком, заканчивающимся струеобразующим веерным насадком, при этом корпус, цилиндрический патрубок и струеобразующий веерный насадок установлены соосно с возможностью вращения относительно общей продольной оси, отличающееся тем, что содержит ведомое колесо с крыльчаткой, установленные в корпусе воздушной камеры, а также канал для подачи воздуха, при этом струеобразующий веерный насадок выполнен с тремя сквозными отверстиями, расположенными под углом 120° друг к другу, причем каждое отверстие имеет конусообразную форму с конусностью 18°, ограниченную двумя плоскими параллельными продольными поверхностями.

Таблица Б.1 - Мойка деталей и сборочных единиц РораV8-3

Места обработки	Очистка	Время очистки мин	Места обработки	Очистка	Время очистки мин
Бункер	Вращающаяся струя	15	Передние колеса	Вращающаяся струя	6,1
Режущий аппарат	Вращающаяся струя	5	Средние колеса	Вращающаяся струя	6,1
Разгрузочный транспортер	Вращающаяся струя	3,3	Задние колеса	Вращающаяся струя	6,1
Опорные колеса капающего агрегата	Вращающаяся струя	5	Лемех копателя	Вращающаяся струя	4
Продольные шнеки	Вращающаяся струя	2,1	Колеса ботвоуборочного агрегата	Вращающаяся струя	2
Сепарирующие звезды	Вращающаяся струя	1,3	Круглый элеватор	Вращающаяся струя	2,1
Кабина	Вращающаяся струя	3	Комкодавитель	Вращающаяся струя	2
			Время очистки : 63,5		

Таблица Б.2 - Мойка деталей и сборочных единиц сеялка КамАЗ.

Места обработки	Очистка	Время очистки мин	Места обработки	Очистка	Время очистки мин
Кабина	Вращающаяся струя	2,2	Крылья передние	Вращающаяся струя	2,1
Гидравлический механизм	Вращающаяся струя	0,1	Передние колеса	Вращающаяся струя	4
рама	Вращающаяся струя	2,3	Верх крыльев задних	Вращающаяся струя	1
Задний мост	Вращающаяся струя	2,4	Низ крыльев задних	Вращающаяся струя	3
кузов	Вращающаяся струя	10	Задние колеса	Вращающаяся струя	8,5
Механизм подвески	Вращающаяся струя	1,2	Время очистки: 37,2		

Таблица Б.3 - Мойка деталей и сборочных единиц сеялка СЗУ-3.6

Места обработки	Очистка	Время очистки мин	Места обработки	Очистка	Время очистки мин
1	2	3	1	2	3
Прицепная скоба	Вращающаяся струя	0,1	Сошник	Вращающаяся струя	3,1
Гидравлический механизм	Вращающаяся струя	0,1	Колеса	Вращающаяся струя	4
Высыпающие аппараты	Вращающаяся струя	0,3	Рама	Вращающаяся струя	1
Семяпроводы	Вращающаяся струя	2,4	Бункер снаружи	Вращающаяся струя	3
Загортач	Вращающаяся струя	3	Подножка	Вращающаяся струя	1
			Время очистки: 18,4		

Операционная карта № 1

Мойка деталей и сборочных единиц СЗУ-3.06

Литература: Каталог деталей и сборочных единиц "СЗУ-3.06".

Приборы, оборудование, инструмент: Установка экспериментальная с вращающимися струями.

Трудоемкость 18,4 ч/мин

Квалификация исполнителя: Оператор моечной установки 3-го разряда.



№ опер	Содержание операции	Технические требования	Кол-во исполнителей	Время операции, мин	Трудоемкость, чел-мин	Примечания			
Подготовительные операции									
1	Подготовить и собрать агрегат	по инструкции	1	1	1				
2	Расположить агрегат вблизи места работы	не ближе 0,4 м	1	0,1	0,1				
3	Заземлить агрегат	по инструкции	1	0,3	0,3				
4	Подключить агрегат к сети	напряжение 220В	1	0,1	0,1				
Дополнительные операции									
5	Отработать приемы мойки машины		1		3				
6	Отдых и естественные надобности оператора		1	3	3				
Вспомогательные операции									

7	Определить участки поверхности по конфигурации и виду загрязнений		1	1	1				
8	Пуск агрегата в работу (по инструкции)	по инструкции	1	0,1	0,1				
9	Остановка агрегата:- уменьшение давления- выключение эл. двигателя насоса и компрессора	по инструкции	1	1	1				
Основные операции									
10	Открыть (включить) вентиль монитора и держать до получения стабильной струи		1	0,5	0,5				
11	Обмывать поверхность на расстоянии 0,5 – 0,7 м		1	16,75	16,75				
12	Перемещать монитор (пистолет) со скоростью 0,25 – 0,6 м/с		1	5,1	5,1				
13	Выключить монитор (пистолета)	по инструкции	1	0,1	0,1				
Заключительные операции									
14	Удалить жидкость из агрегата и прокачать вхолостую		1	1	1				
15	Отключить заземления	по инструкции	1	0,3	0,3				
16	Отключить агрегата от сети	по инструкции	1	0,1	0,1				
17	Разобрать агрегат	по инструкции	1	1	1				

Операционная карта № 2

Мойка деталей и сборочных единиц КамАЗ

Литература: Каталог деталей и сборочных единиц "КамАЗ".

Приборы, оборудование, инструмент: Установка экспериментальная с вращающимися струями.

Трудоемкость 37,2 ч/мин

Квалификация исполнителя: Оператор моечной установки 3-го разряда.



№ опер	Содержание операции	Технические требования	Кол-во исполнителей	Время операции, мин	Трудоемкость, чел/мин	Примечания			
Подготовительные операции									
1	Подготовить и собрать агрегат	по инструкции	1	1	1				
2	Расположить агрегат вблизи места работы	не ближе 0,4 м	1	0,1	0,1				
3	Заземлить агрегат	по инструкции	1	0,3	0,3				
4	Подключить агрегат к сети	напряжение 220В	1	0,1	0,1				
Дополнительные операции									
5	Отработать приемы мойки машины		1	3	3				
6	Отдых и естественные надобности оператора		1	3	3				

Вспомогательные операции									
7	Определить участки поверхности по конфигурации и виду загрязнений		1	4	4				
8	Пуск агрегата в работу (по инструкции)	по инструкции	1	0,1	0,1				
9	Остановка агрегата:- уменьшение давления- выключение эл. двигателя насоса и компрессора	по инструкции	1	1	1				
Основные операции									
10	Открыть (включить) вентиль монитора и держать до получения стабильной струи		1	0,5	0,5				
11	Обмывать поверхность на расстоянии 0,2 м		1	26	26				
12	Перемещать монитор (пистолет) со скоростью 0,25 – 0,6 м/с		1	18,1	18,1				
13	Выключить монитор (пистолета)	по инструкции	1	0,1	0,1				
Заключительные операции									
14	Удалить жидкость из агрегата и прокачать вхолостую		1	1	1				
15	Отключить заземления	по инструкции	1	0,3	0,3				
16	Отключить агрегата от сети	по инструкции	1	0,1	0,1				
17	Разобрать агрегат	по инструкции	1	1	1				

Операционная карта № 3

"RopaV8-3"

Мойка деталей и сборочных единиц RopaV8-3

Литература: Каталог деталей и сборочных единиц "RopaV8-3".
Приборы, оборудование, инструмент: Установка экспериментальная с вращающимися струями.
Трудоемкость 63,5 ч/мин
Квалификация исполнителя: Оператор моечной установки 3-го разряда.



№ опер	Содержание операции	Технические требования	Кол-во исполнителей	Время операции, мин	Трудоемкость, чел/мин	Примечания			
Подготовительные операции									
1	Подготовить и собрать агрегат	по инструкции	1	1	1				
2	Расположить агрегат вблизи места работы	не ближе 0,4 м	1	0,1	0,1				

3	Заземлить агрегат	по инструкции	1	0,3	0,3				
4	Подключить агрегат к сети	напряжение 220В	1	0,1	0,1				
Дополнительные операции									
5	Отработать приемы мойки машины		1	3	3				
6	Отдых и естественные надобности оператора		1	3	3				
Вспомогательные операции									
7	Определить участки поверхности по конфигурации и виду загрязнений		1	4	4				
8	Пуск агрегата в работу (по инструкции)	по инструкции	1	0,1	0,1				
9	Остановка агрегата:- уменьшение давления- выключение эл. двигателя насоса и компрессора	по инструкции	1	1	1				
Основные операции									
10	Открыть (включить) вентиль монитора и держать до получения стабильной струи		1	0,5	0,5				
11	Обмывать поверхность на расстоянии 0,5 – 0,7 м		1	50,2	50,2				
12	Перемещать монитор (пистолет) со скоростью 0,25 – 0,6 м/с		1	19,2	19,2				
13	Выключить монитор (пистолета)	по инструкции	1	0,1	0,1				

Заключительные операции									
14	Удалить жидкость из агрегата и прокачать вхолостую		1	1	1				
15	Отключить заземления	по инструкции	1	0,3	0,3				
16	Отключить агрегата от сети	по инструкции	1	0,1	0,1				
17	Разобрать агрегат	по инструкции	1	1	1				

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Ряжская МТС»

Ряжского района Рязанской
области

Каширский В.Н.

«27» сентября 2016 г.

А К Т

производственных испытаний моечного устройства с вращающейся струей для
очистки сельскохозяйственных машин от загрязнений

Мы, нижеподписавшиеся, главный инженер Еремин С.Н. ООО «Ряжская МТС» с одной стороны, и представители ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» д.т.н., доцент Шемякин А.В., д.т.н., профессор Полищук С.Д., к.т.н., доцент Терентьев В.В., к.т.н., Чурилов Д.Г., аспирант Кирилин А.В. с другой стороны, составили настоящий акт по результатам сравнительных испытаний моечного устройства с вращающейся струей для очистки сельскохозяйственных машин от всех видов загрязнений.

Испытания проводились на сельскохозяйственных машинах серийного производства КамАЗ, Rora Euro Tiger V8 – 3, СЗУ-3.6 в период с июня 2016 г. по сентябрь 2016 г.

Целью испытаний являлось определение технико-эксплуатационных показателей экспериментальной установки с вращающейся струей для очистки и мойки сельскохозяйственных машин и их сравнение с показателями существующих моечных машин.

При проведении сравнительных испытаний наружной мойки сельскохозяйственных машин использовались технологии и средства механизации приведенные в таблице 1:

Таблица 1 - Технические данные установок.

№ п/п	Наименование способа	Марка моечной машины	Технические показатели			t ° раствор а
			Мощность привода насоса, кВт	Рабочее давление , Мпа	Подача жидкости, л/мин	
1.	Мойка высокого давления	Huter W105- GS	1,5	6,8	5,7	20°C
2.	Мойка высокого давления	Karcher K7	3	15	9,1	20°C
3.	Мойка с вращающиеся веерные струи	Эксперимен тальная установка	3	7,8	7,5	20°C

Результаты испытаний представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Эксплуатационные показатели очистки сельскохозяйственных машин от загрязнений.

№ п/п	Наименование способа очистки	Марка установки для очистки	Марка с/х машины	Оценочные показатели				
				Расход электроэнергии, кВт·ч	Расход рабочей жидкости.	Рабочее давление МПа	Время очистки, мин.	Остаточное загрязнение, г/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Мойка высокого давления	Huter W105-GS	C3Y-3.6	0,6	128		25,4	0,85
			КамАЗ	1	229	6,8	49,1	0,88
			РораV8-3	1,7	376		83	0,9
2.	Мойка высокого давления	Karcher K7	C3Y-3.6	0,9	158		20,3	0,74
			КамАЗ	1,6	287	14,3	41,5	0,77
			РораV8-3	2,7	486		70,4	0,79
3.	Мойка вращающейся струёй	Экспериментальная установка	C3Y-3.6	0,8	116		18,5	0,71
			КамАЗ	1,4	205	7.8	37,2	0,73
			РораV8-3	2,3	349		63,5	0,76

Сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей способов очистки сельскохозяйственных машин показал, что очистка жидкостной вращающейся струёй является наиболее экономичным способом очистки и обеспечивает высокую производительность.

главный инженер Еремин С.Н.;

д.т.н., доцент Шемякин А.В.;

д.т.н., профессор Полищук С.Д.;

к.т.н., доцент Терентьев В.В.;

к.т.н., Чурилов Д.Г.;

аспирант Кирилин А.В.

Техническая характеристика контрольно-измерительных приборов, использованных для проведения исследований

Наименование и марка прибора	Техническая характеристика прибора		Погрешность
	Наименование параметра	Величина	
1. Тахометр «DIGITAL TACHOMETER HS2234»	Предел измерения, об/мин.	0...9999	±0,5%
2. Секундомер Интеграл С - 01	Предел измерения, часы, минуты, секунды.	9ч.59м. 59,99с.	0,1%
3. Водомер «ОХТА ГЛ 15»	Предел измерения, м ³ большая шкала малая шкала	0 - 1000 0 - 0,1	± 5%
4. Микромер	Предел измерения, мк большая шкала малая шкала	0...100 0...10	± 5%
5. Электронные весы ВЛКТ-500 г-М	Предел измерения, мг большая шкала средняя шкала малая шкала	0...500 0...100 0...100	± 0,2 %
6. Гигрометр М-68	Предел измерения	0...100	± 1%
7. Прибор замера электроэнергии «LEMANSO LM 602»	Предел измерения, кВт/ч шкала	0...100	0,5%
8. Манометр МТ	Предел измерения, М Па	0...25	± 0,1 %