

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ ПУТЕМ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ НА УЧАСТКЕ НАРУЖНОЙ МОЙКИ

А. Л. КАЗАКОВ, канд. техн. наук, доцент
В. М. ГОРЕЛЬКО, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Среди мер по охране и рациональному использованию водных ресурсов и экосистем приоритетными являются те, которые не требуют больших затрат, но обладают значимой социально-экономической эффективностью. К ним, среди прочих, относится и качественное улучшение систем очистки сточных вод [1]. Главным показателем рационального использования воды является кратность ее использования, то есть отношение валового водопотребления к объему потребления свежей воды. Повышения данного показателя на сельскохозяйственных предприятиях можно добиться очисткой и повторным использованием воды или водных растворов синтетических моющих средств, использующихся при наружной мойке машин.

Основная часть. В настоящее время наиболее часто в сельскохозяйственных организациях применяется наиболее простой способ наружной мойки – шланговая на открытой площадке (рис. 1) [2, 3].

Основным недостатком данной схемы является необходимость длительного отстаивания загрязненной воды, что снижает возможности оборотного водоснабжения. К данной схеме очистки конструктивно наиболее близок пост наружной мойки типа Нева-8, снабженный гидроциклоном для центробежной очистки воды. Рассмотрим устройство и принцип работы поста наружной мойки Нева-8 [4] (рис. 2).

Принцип работы системы заключается в следующем. Для очистки машин используется высоконапорная моечная машина. Очищаемая машина, как правило, устанавливается на специальную эстакаду, снабженную приемной емкостью для загрязненной воды. После автоматической мойки машины загрязненная вода сливается из емкости эстакады в приямок, который организуется непосредственно рядом с постом мойки. На почвах с глиняным составом объем приямка должен составлять не менее 2 м^3 , а на песчаных – не менее 1 м^3 .

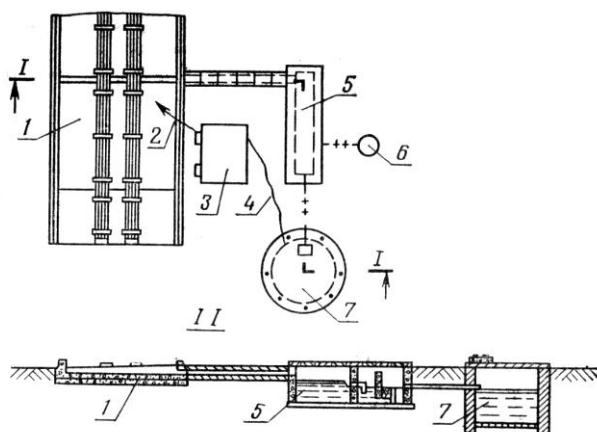


Рис. 1. Площадка для наружной мойки машин с обратным водоснабжением
 1 – площадка; 2 – напорный рукав; 3 – насосная; 4 – всасывающий рукав;
 5 – грязеотстойник с маслоуловителем; 6 – маслосборный колодец;
 7 – резервуар для воды.



Рис. 2. Пост наружной мойки Нева-8

Загрязненная вода очищается в результате действия центробежных сил в гидроциклоне, фильтре грубой очистки и порононовом фильтре. Происходит осаждение взвешенных частиц в результате действия силы тяжести в многоступенчатом горизонтальном отстойнике.

Основные технические данные установки Нева-8 приведем в таблице.

Технические характеристики установки для мойки колес Нева-8

Параметры	Значение
Пропускная способность, маш/ч	5
Рабочее давление, атм.	8
Производительность нагнетательного насоса, л/мин	10
Напряжение, В	220
Количество моечных пистолетов, шт.	1
Стандартная длина шлангов высокого давления, м	15
Длина, ширина, высота	1350 × 680 × 1300

Данное решение по наружной очистке является в настоящее время наиболее простым и доступным для большинства хозяйств Республики Беларусь. При незначительной доработке системы очистки можно повысить степень очистки сточных вод и кратность ее использования, что позволит повысить экологическую безопасность и снизит экономические затраты хозяйства.

Описанная система наружной мойки Нева-8 имеет ряд недостатков: громоздкое очистное сооружение, расположенное на поверхности; отсутствие очистного приспособления в приемном приямке; отсутствие очистного устройства между поддоном эстакады и приямком. Все это снижает качество очистки воды и кратность ее использования. Существуют простые и доступные устройства очистки, позволяющие видоизменить описанную систему наружной мойки.

Нами предлагается схема участка наружной мойки машин (рис. 3), содержащая бак-отстойник и первичное очистное устройство, установленное между баком-отстойником и поддоном эстакады.

Работа системы заключается в следующем. Предварительно отстаивающаяся вода из поддона 2, расположенного в эстакаде 1 самотеком поступает в очистное устройство 3, где происходит отделение твердых и волокнистых загрязнений. Предварительно очищенная вода поступает в бак-отстойник 4, где за счет разделения его на зоны перегородками происходит ее дальнейшая очистка. Очищенная вода забирается из бака 4 через фильтр 5 насосом моечной машины 6 и с помощью моечного пистолета 7 подается на объект очистки 8.

Предложенная технологическая схема участка наружной мойки является схемой с системой оборотного водоснабжения оборудованной

очистной установкой. Сброс сточных вод предусматриваем в канализацию [5].

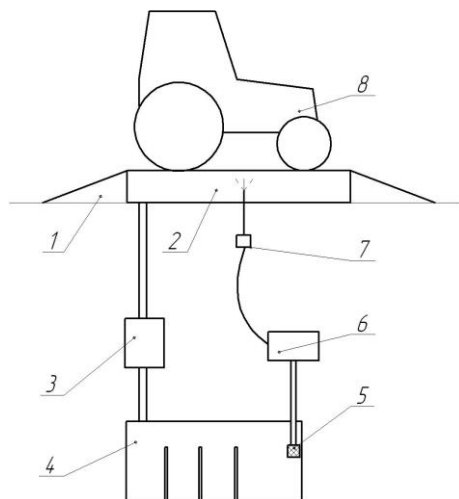


Рис. 3. Предлагаемая схема участка наружной мойки машин
1 – эстакада; 2 – поддон; 3 – очистное устройство; 4 – бак-отстойник; 5 – приемный фильтр; 6 – моечная машина; 7 – моечный пистолет; 8 – объект мойки

Устройство для очистки жидкости [6] (рис. 4) содержит неподвижный перфорированный конус 1, вращающееся коническое доочистное сито 2, привод 3 для вращения сита 2 и шламоотводящую трубу 4, устье которой расположено около узкого основания конуса 1 и сита 2. Наружная поверхность конуса 1 прилегает к внутренней поверхности сита 2. Оси отверстий соответственно сита 2 и конуса 1 расположены под углом к их образующим.

Загрязненная жидкость поступает к внутренней поверхности конуса 1, проходит через его отверстия 8 и отверстия 7 сита 2 и очищенная поступает к потребителю.

Загрязняющие частицы, попавшие в отверстия 8 и 7 конуса 1 и сита 2 разрушаются острыми краями прилегающих друг к другу отверстий 8 и 7. При взаимном перекрытии отверстий 8 и 7 обратным потоком воды частицы выталкиваются из отверстий 8 и 7 при создании гидравлического удара, однако основная масса частиц загрязнений

скользит вблизи поверхности конуса 1, не подходя к нему по причине гидравлических ударов, постоянно возникающих при вращении сита 2.

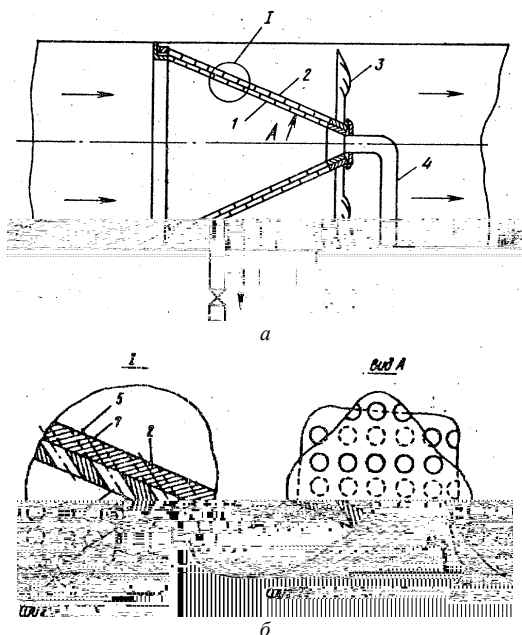


Рис. 4. Устройство для очистки жидкости
а – общий вид; б – расположение отверстий в конусах

Устройство работает следующим образом. К параметрам системы наружной мойки машин относятся: размеры и тип эстакады; объем приемного бака в эстакаде; параметры бака-отстойника; размеры очистного устройства; параметры гидроциклона и насоса.

Машина во время наружной мойки должна располагаться на специально устроенной эстакаде. Эстакада на участке мойки должна устанавливаться на специально подготовленном бетонном основании. Эстакада должна иметь габариты, позволяющие установить транспортное средство, обеспечить сбор и отведение сточных вод в бак-отстойник, не допускать утечку сточных вод в грунт и обеспечить более удобный доступ к местам обмыва.

Эстакады с поддоном предназначены для оборудования пунктов мойки, когда по каким-либо условиям невозможно заглубить песко-

ловку (отстойник) в землю. Поддон выполняет роль горизонтальной песколовки.

На эстакады разрешается заезжать автомобильному транспорту с максимальной нагрузкой на ось до 15 т. Углы въезда (съезда) на эстакаду не превышают 20°. Самотечный трубопровод отвода сточных вод от эстакады должен иметь диаметр не менее 150 мм и уклон не менее 3 % в сторону водосборного устройства [5].

Принимаем конструкцию эстакады, состоящую из оснований, изготовленных в виде сварной конструкции из швеллера 16 мм, уголка 63×63×5 мм и обшитых стальным листом толщиной 2,5 мм. Для сбора грязной воды, эстакада оснащена двумя поддонами, которые установлены у оснований и изготовлены из стального листа толщиной 2,5 мм. Для съезда и заезда машин у эстакады предусматриваем трапы, которые крепятся к основанию. Основания, поддоны и трапы соединяем между собой при помощи болтов М12.

Исходя из размеров колеи сельскохозяйственных машин (ориентировочно 2 м) примем размеры эстакады. Ширина оснований и трапов 800 мм, ширина поддонов 1200 мм. Длина эстакады должна быть больше габаритного размера очищаемых машин. примем за эталонную очищаемую машину трактор БЕЛАРУС 3522 у которого габаритные размеры составляют $D \times Ш \times B = 6100 \times 2850 \times 3350$, колея передних колес 2000 мм, задних – 2050 мм [7].

Принимаем длину одного поддона равной 2900 мм. Полученные габаритные размеры эстакады составят: длина 7800 мм, ширина – 2800 мм. Суммарная высота эстакады составит 210 мм. Исходя из размеров эстакады, объем поддона составит 1,11 м³, что достаточно для приема воды при мойке трактора. Согласно данным [8] на наружную мойку грузового автомобиля с помощью аппарата высокого давления расходуется 400–500 л воды.

Принимаем тип бака-отстойника – призматический с горизонтальным течением воды. В таком типе отстойников загрязнения под действием силы тяжести выпадают в осадок. Объем бака-отстойника зависит от расхода воды на мойку машин. Примем пропускную способность участка наружной мойки машин 2 маш/ч. При принятом расходе $q = 400\text{--}500$ л на одну машину необходимый объем бака V определится по формуле:

$$V = \Sigma q \cdot k_3, \quad (1)$$

где k_3 – коэффициент запаса объема, $k_3 = 1,05\text{--}1,1$.

$$V = 1000 \cdot 1,1 = 1100 \text{ л.}$$

Геометрические размеры бака-отстойника: высота 1200 мм, ширина 600 мм, длина 1600 мм. По длине бака устанавливаем перегородки высотой 600 мм, разделяющие бак на зоны и препятствующие взмучиванию осевших загрязнений и их движению к насосу.

Предусматриваем способ удаления загрязнений из отстойника вручную. Удаление осадка необходимо производить по окончании каждой смены.

Определим степень извлечения $\mathcal{E}$ взвешенных частиц из отстойной зоны глубиной 1200 мм через 30 мин отстаивания.

При свободном осаждении среднюю величину C_{τ} / C_n во всей зоне отстаивания можно вычислить как среднюю арифметическую значений C_{τ} / C_n для разных глубин отстаивания экспериментально полученных [9]. Здесь, C_{τ} – концентрация твердой фазы в суспензии через время τ ; C_n – начальная концентрация твердой фазы.

$$(C_{\tau} / C_n)_{\text{cp}} = (h_1 + h_2) / 2, \quad (2)$$

где $h_1 = 0,10$, $h_2 = 0,62$ м – значения глубины осаждения частиц загрязнений за определенное время, полученные опытным путем.

$$(C_{\tau} / C_n)_{\text{cp}} = (0,10 + 0,62) / 2 = 0,36.$$

Степень извлечения равна

$$\mathcal{E} = 1 - (C_{\tau} / C_n)_{\text{cp}} = 1 - 0,36 = 0,64 = 64 \%. \quad (3)$$

Учитывая наличие очистного устройства на входе в бак-отстойник, принимаем начальную концентрацию загрязнений $C_n = 400$ мг/л. Найдём конечную концентрацию

$$C_k = C_n \cdot (C_{\tau} / C_n)_{\text{cp}} = 400 \cdot 0,36 = 144 \text{ мг/л.}$$

Данное значение конечной концентрации допустимо для технической воды, использующейся при наружной мойке машин [8].

Согласно рекомендациям [8] принимаем значение диаметра сливной трубы, связывающей поддон эстакады и бак-отстойник, равным $d_{\text{сл}} = 150$ мм.

Очистное устройство устанавливаем на сливной трубе.

К параметрам очистного устройства относятся (рис. 5): диаметр основания конуса $d_{o.к.}$, диаметр вершины конуса $d_{в.к.}$ равный диаметру шламоотводящей трубы, высота конуса $h_к$.

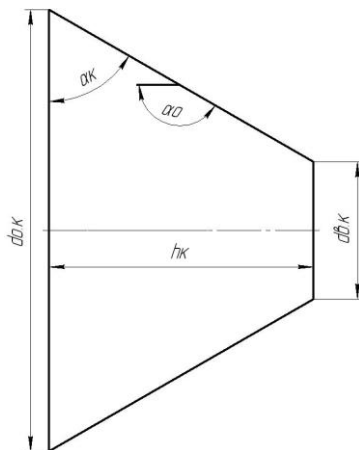


Рис. 5. Схема к определению параметров очистного устройства

Толщину стенки неподвижного конуса и подвижного сита принимаем равной 2 мм. Материал для изготовления – лист тонкий горячекатаный из стали 09Г2, сортамент ГОСТ19903-74.

Диаметр основания конуса определим по формуле:

$$d_{o.к.} = d_{сл} - 5 \text{ мм} = 150 - 5 = 145 \text{ мм.} \quad (4)$$

Диаметр шламоотводящей трубы примем из соотношения

$$d_{шл} = (0,2 - 0,3) \cdot d_{сл} = (0,2 - 0,3) \cdot 150 = 30 - 45 \text{ мм.} \quad (5)$$

Принимаем трубу бесшовную холоднодеформированную с наружным диаметром 45 мм и толщиной стенки 2 мм. Труба изготавливается из стали 10, сортамент ГОСТ 8734-87.

Угол наклона образующей конуса принимаем $\alpha_k = 60^\circ$, тогда, зная $d_{o.к.}$ и $d_{в.к.}$ получим значение высоты конуса $h_к = 87$ мм.

Подвижное сито плотно прилегает к наружной поверхности конуса. Размеры сита определим конструктивно при выполнении чертежей.

Подвижное сито жестко связано с крыльчаткой привода. Крыльчатку выполним из листа тонкого горячекатанного из стали 09Г2, сортамент ГОСТ19903-74.

Отверстия в конусе и сите выполнены под углом к их образующим. Величину угла принимаем равной $\alpha_0 = 150^\circ$. При таком расположении отверстий линии тока жидкости будут параллельны стенкам трубы, что снизит гидравлическое сопротивление устройства.

Достижение высокого качества наружной мойки обходится дорого. Это обусловлено большой энергоемкостью процесса очистки, сложностью и ненадежностью моечно-очистного оборудования, высокой стоимостью воды и моющих средств, наличием малопроизводительного ручного труда и другими факторами.

Повышение качества наружной мойки в хозяйстве приводит к увеличению как капитальных затрат (приобретение нового моечного оборудования, строительство дополнительных сооружений), так и текущих затрат (в случае применения синтетических моющих средств). Поэтому эти затраты могут привести к повышению себестоимости очистки. Но ресурс машин и их надежность во многом зависят от качества наружной мойки. Повышение ресурса машин обеспечивает экономию, которая реализуется в процессе эксплуатации машин.

Технико-экономическое обоснование применения предложенной схемы очистки проведем путем определения предполагаемого экономического эффекта от разработки участка наружной мойки машин. За базовый вариант примем случай, когда мойка машин на площадке осуществляется с помощью моечной машины высокого давления без повторного использования воды; новый вариант мойка машин на предложенном участке наружной мойки с системой оборотного водоснабжения.

Выполненные расчеты показали, что балансовая стоимость моечного оборудования увеличится на 2544 руб. Новый вариант наиболее экономичен по расходу воды, за счет использования очистки и повторного ее использования. Это позволит снизить суммарные приведенные затраты и получить снижение себестоимости наружной мойки машин на 1,006 руб. Годовая экономия средств составит 2982,3 руб. при сроке окупаемости 1,83 года.

Заключение. Предложенная схема участка наружной мойки машин сельскохозяйственных предприятий предполагает оборотное водоснабжение с использованием предложенного очистного устройства и бака-отстойника. Обоснованы основные параметры эстакады и очист-

ных устройств на участке. Обоснована экономическая целесообразность использования участка наружной мойки с оборотным водоснабжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 годы / Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 01 февраля 2021 г. № 59 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>. – Дата доступа: 12.04.2022.
2. Козлов, Ю. С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю. С. Козлов. – Москва: Транспорт, 1981. – 151 с.
3. Садовский, А. П. Методические рекомендации по очистке машин при ремонте и техническом обслуживании / А. П. Садовский, Ю. С. Козлов. – Москва: ГОСНИТИ, 1977.
4. Мойки колес для стройплощадок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.procatspb.ru/catalog/moyka-koles-dlya-stroyploshchadok-neva-8.html>. – Дата доступа: 23.04.2022.
5. Рекомендации по устройству пунктов мойки (очистки) колес автотранспорта на строительной площадке. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opengost.ru/iso/20421-52-03-rekomendacii-po-ustroystvu-punktov-moyki-ochistki-koles-avtotransporta-na-stroitelnoy-ploschadke.html>. – Дата доступа: 23.04.2022.
6. Устройство для очистки жидкости: а. с. 1274725 СССР, МПК В 01D 35/02 / А. Д. Солодкий, [и др.]; заявитель Украинский институт инженеров водного хозяйства – № 3921166/31-26; опубл. 07.12.1986 // Открытия. Изобретения. – 1986. – № 4.
7. Руководство по эксплуатации БЕЛАРУС 3522. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/service/operation-manual/>. – Дата доступа: 11.05.2022.
8. Мойка автомобилей и оборудование для моечных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://motorzlib.ru/books/item/f00/s00/z0000019/st020.shtml>. – Дата доступа: 11.05.2022.
9. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – Москва: Химия, 1989. – 512 с.

Аннотация. Предложена технологическая схема участка наружной мойки машин с использованием оборотного водоснабжения. Обоснованы параметры предложенного очистного устройства, бака-отстойника, эстакады. Определен предполагаемый экономический эффект от использования оборотного водоснабжения.

Ключевые слова: участок наружной мойки машин, очистное устройство, оборотное водоснабжение.