

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПОСТОВ МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕОДНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

А.В. Крутов,

доцент каф. электроснабжения и электротехники БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

М.А. Бойко,

ст. преподаватель каф. электроснабжения и электротехники БГАТУ

В статье приведены результаты расчета эколого-экономической эффективности установок для очистки сточных вод наружных постов мойки сельскохозяйственной техники. За базовый вариант принята установка МО – 1,5, использующая химический способ очистки. В качестве современного доступного технического решения очистки стоков рассматривается электрохимический способ очистки в гидrocиклоне с применением неоднородных электромагнитных полей. За счет оптимизации энергозатрат очистки, получения коагулянта электрохимическим способом, снижения эксплуатационных расходов экономическая эффективность поста мойки составила 65 тыс. руб/год на одну установку. Уменьшен риск нанесения ущерба окружающей среде и природопользователям.

Ключевые слова: сточные воды, загрязненность, нефтепродукты, экология, очистка, экономический эффект.

The article presents the results of calculating the environmental and economic efficiency of wastewater treatment installations of agricultural machinery outside washing stations. In the basic version, an installation using a chemical cleaning method is adopted. As a modern, affordable technical solution for wastewater treatment, an electrochemical method of treatment in a hydrocyclone using non-uniform electromagnetic fields is considered. By optimizing the energy costs of cleaning, obtaining a coagulant using an electrochemical method, and reducing operating costs, the economic efficiency of the washing station amounted to 65 thousand rubles/year per installation. In addition, the risk of damage to the environment and natural resource users is reduced.

Key words: wastewater, pollution, petroleum products, ecology, cleaning, economic effect.

Введение

В сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь на наружную мойку сельхозтехники (почвообрабатывающих машин, комбайнов, прицепов, тракторов, грузовых автомобилей) ежегодно используется до 28-30 тыс. м³ воды (из расчета 100 л воды на одну единицу техники).

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [1], на начало 2023 года в сельскохозяйственных организациях страны наличие основных видов сельхозтехники составляло (ед.): тракторов – 36300; грузовых автомобилей – 16300; комбайнов: зерноуборочных – 7900; картофелеуборочных – 600; свеклоуборочных – 251; кормоуборочных – 3900; льноуборочных – 355.

В 2023 году во время проведения весенней посевной кампании было задействовано 212 тыс. единиц сельскохозяйственной техники, машин и оборудования. Только при постановке на хранение комбайнов и сель-

хозмашин на их наружную мойку потребовалось около 22 тыс. м³ воды. На периодическую мойку грузовых автомобилей, а также прицепов, используемых на вывозке органики, потребление воды составило 5260 м³.

В результате сброса неочищенных сточных вод постов мойки наносится огромный ущерб водным источникам и почве из-за их загрязнения нефтепродуктами и другими вредными веществами, ухудшаются условия производства экологически чистых продуктов, а также увеличиваются расходы на природоохранные мероприятия. Загрязнение окружающей среды приводит к снижению продуктивности скота и птицы, болезням животных, деградации сельхозугодий, снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В рыбном хозяйстве от загрязнения водных источников гибнет рыба, теряются ее товарные качества, уменьшается продуктивность водоемов. При употреблении в пищу продуктов, произведенных в экологически загрязненных условиях, последствия для здоровья человека могут оказаться непредсказуемыми.

Вопросам определения экономического ущерба от экологических воздействий техногенного характера на гидросферу и природопользование посвящены работы Вершинской М.Е., Пупырева Е.И., Штомпель Б.Н., Колобаева А.Н., Дубенок С.А. [2-5] и других.

Целью данной работы является эколого-экономическая оценка технических средств очистки стоков наружной мойки сельскохозяйственной техники.

Основная часть

В агропромышленном комплексе Республики Беларусь при очистке сточных вод постов мойки сельхозтехники применяются различные технологические схемы. В частности, в сельском хозяйстве широко используется технологическая схема химического способа очистки (рис. 1).

Согласно данной схеме, сточные воды из отделения мойки самотеком поступают в приемный резервуар 1 с контейнером 2, откуда наружными насосами 3 подаются в безнапорные гидроциклоны 4. Осадок из безнапорных гидроциклонов поступает в уплотнитель осадков 10 с бадьями 11, а затем, по мере заполнения, выгружается в самосвал и вывозится. Всплывающие нефтепродукты отводятся через плавающую воронку в передвижной контейнер для нефтепродуктов 12. Из безнапорных гидроциклонов стоки самотеком подаются на скорые открытые фильтры 5 для доочистки воды от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Регенерация фильтрующей загрузки предусматривается промывкой холодной водой после предварительной продувки систем воздухом. Вода подается из емкости для сбора воды от промывки фильтров 13, с введением коагулянта (например, хлорного железа – 30...80 г/м³). Подача сжатого воздуха осуществляется компрессорами 14. После фильтра вода собирается в промежуточную емкость 6, откуда насосом 7 подается в резервуар чистой воды 8 и далее технологическим насосом 9 подается на мойку автотракторной техники, сельхозмашин и другого оборудования.

Подобная схема очистки сточных вод с использованием химических реагентов позволяет уменьшить уровень загрязнений до 95 % [6-8], однако при этом образуется значительное количество осадка, трудно поддающегося обработке и утилизации. В этом состоит недостаток данной технологии очистки.

На кафедре электроснабжения и электротехники Белорусского государственного аграрного технического университета разработана установка «Электромагнитный гидроциклон» электрохимического способа очистки сточных вод в гидроциклоне с неоднородными электромагнитными полями, технологическая схема которой представлена на рис. 2. Основными узлами данной схемы являются: резервуар для сбора сточных вод, электрофлоккоагулятор и электромагнитный гидроциклон.

Технологический процесс очистки осуществляется следующим образом. Вода после мойки автотракторной техники собирается в резервуаре 3, который снабжен перегородкой 4, и представляет собой звено грубой очистки стоков. В силу своих физических свойств в первой камере скапливается некоторая часть нефтепродуктов, всплывающих на поверхность, а также происходит оседание тяжелых частиц (песок и т.д.). Прошедшая грубую очистку вода подается из второй камеры насосом 5 в электрокоагулятор 6, в котором происходит ее электрохимическая обработка. Под действием электрического тока, протекающего между электродами, происходит разложение стального анода и образование хлорида железа. Хлорное железо гидролизует в воде с образованием хлопьев ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) и объединяется с частицами эмульгированных нефтепродуктов и других взвешенных веществ. Выделяющиеся на катоде молекулы водорода, а на аноде – кислорода захватывают хлопья и выносят их на поверхность. Под воздействием магнитного поля в электромагнитном гидроциклоне 7 флокусирующие частицы концентрируются в верхней его части и удаляются в резервуар для загрязнений. Очищенная вода направляется в резервуар 9. Таким образом,

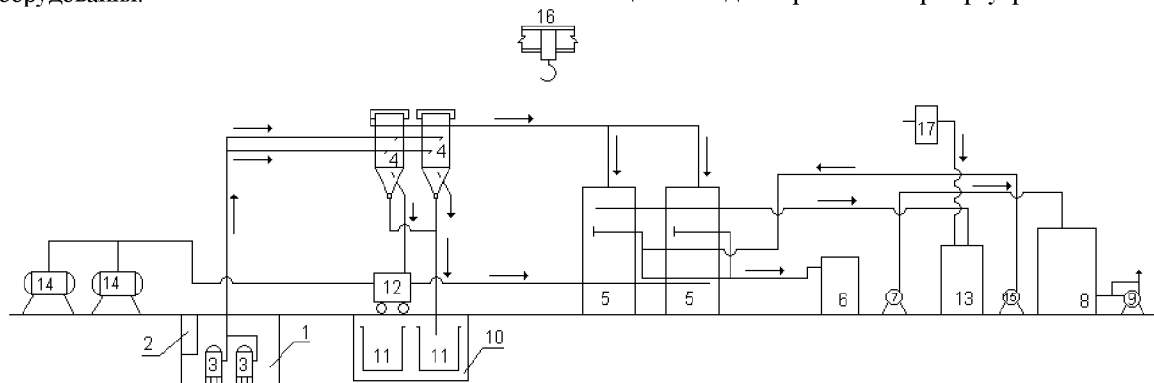


Рисунок 1. Технологическая схема химического способа очистки сточных вод:

- 1 – приемный резервуар; 2 – контейнер; 3 – насосы для подачи воды в безнапорные гидроциклоны; 4 – безнапорные гидроциклоны; 5 – скорые открытые фильтры; 6 – промежуточная емкость; 7 – насос для подачи очищенных стоков в резервуар чистой воды; 8 – резервуар чистой воды; 9 – насос для подачи очищенной воды на мойку; 10 – осадкоуплотнитель; 11 – бадьи для осадка; 12 – контейнер для нефтепродуктов; 13 – емкость для приема воды от промывки фильтров; 14 – компрессоры; 15 – насос для подачи воды на промывку фильтров; 16 – кран однобалочный; 17 – затворно-расходный бак коагулянта (полиакриламида)

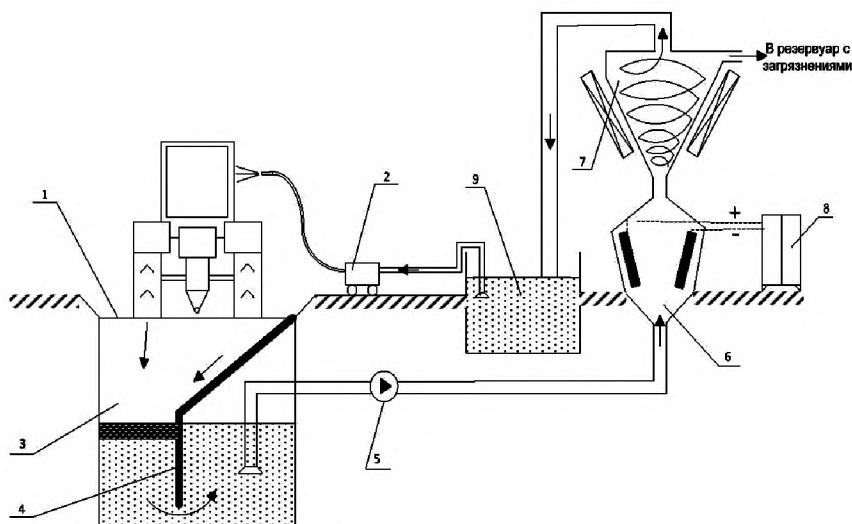


Рисунок 2. Технологическая схема установки «Электромагнитный гидроциклон» для электрохимической очистки сточных вод поста мойки сельскохозяйственной техники:

1 – моечная площадка; 2 – моечная машина; 3 – резервуар для сбора сточных вод; 4 – перегородка; 5 – насос; 6 – электрофлотокоагулятор; 7 – электромагнитный гидроциклон; 8 – источник питания; 9 – резервуар для чистой воды

происходит разделение потока на чистую воду и загрязнители. Доведенная до нормативных требований вода, находящаяся в резервуаре 9, используется повторно моечной машиной 2.

Степень очистки сточных вод в данной установке зависит от скорости движения жидкости в электромагнитном поле и его напряженности в электромагнитном гидроциклоне, а также от направления магнитных силовых линий относительно движения потока воды.

По сравнению с химическими, электрохимические способы очистки сточной воды обладают рядом преимуществ:

- более высокая степень очистки сточных вод;
- уменьшение количества образующихся отходов;
- возможность создания оборотных и замкнутых систем водоснабжения, исключающих сброс воды в канализацию, водоемы или почву;
- простота автоматизации работы очистных установок;
- компактность размещения оборудования, сокращение требуемых для него производственных площадей.

Применение синтетических моющих средств в процессе мойки ведет к эмульгированию нефтепродуктов. Поэтому при очистке этих стоков, кроме отстоя, коагуляции и фильтрации, необходимо использовать электрофлотокоагуляцию.

Комбинированная очистка сточных вод постов мойки сельскохозяйственной техники в неоднородном электрическом поле постоянного тока происходит в электролизере под действием электрического тока, с использованием растворимых электродов. В качестве

растворимых в наших опытах использованы железные электроды (Ст.3), ионы которых, выходя в раствор при электролизе, обладают хорошими коагулирующими свойствами.

Для расчета эколого-экономической эффективности разработанной установки «Электромагнитный гидроциклон» и сравнения ее с лучшим аналогом (МО-1,5) в таблице 1 приведены технические характеристики двух установок очистки.

Расчет эколого-экономической эффективности установки «Электромагнитный гидроциклон» осуществлялся по методикам, приведенным в источниках [2; 9, 10]. При сравнении двух вариантов очистки одинаковыми приняты: площадь моечного отделения (два поста шланговой мойки аппаратами высокого давления); срок службы оборудования; годовой объем очистки стоков; годовой расход электроэнергии на освещение; количество обслуживающего персонала.

В качестве основных показателей, используемых для оценки экономической эффективности очистных сооружений постов мойки автотракторной техники, определены: удельные капитальные и эксплуатационные затраты на очистку воды, руб/м³; удельная установленная мощность, кВт/м³; удельная площадь, занимаемая под очистные сооружения на единицу производительности, м²/м³; удельное энергопотребление, кВт·ч/м³; себестоимость очищенной воды, руб/м³ [3].

Исходные данные (усредненные):

- объем очистки сточных вод хозяйства – 660 м³/год;
- содержание взвешенных частиц в стоках – 2,8 кг/м³;
- содержание нефтепродуктов – 0,2 г/л;

Таблица 1. Технические характеристики установок очистки сточных вод

Установка, способ очистки	Производительность, м ³ /ч	Степень очистки, %	Установленная мощность, кВт	Разработчик
Вариант 1. МО – 1,5 (реагентная обработка, УФ-облучение, обеззараживание гипохлоритом натрия)	1,5	97	5,8	ООО «СТРОЙПРОЕКТ – МО», РФ
Вариант 2. Электромагнитный гидроциклон (электрохимическая очистка, обеззараживание)	1,0	99,9	3,75	БГАТУ

– потребность в коагулянте при химической очистке – 60 г/м³.

Капиталовложения в новое оборудование определяются согласно выражению:

$$K = C_{об} \left(1 + \frac{k_{тр} + k_m}{100} \right),$$

где $C_{об}$ – стоимость оборудования, тыс. руб.;

$k_{тр}$ – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку (10 %);

k_m – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж оборудования и его наладку (15 %).

Стоимость оборудования первого варианта $C_{об1}$ (установка реагентной очистки в комплекте, блок ультрафиолетовой обработки стоков) составляет 77 269,88 руб.

Стоимость оборудования второго варианта $C_{об2}$ (электрофлоккоагулятор, электромагнитный гидроциклон, насос, кондуктометр КП-202-2, контроллер программируемый, панель базовая оператора, датчики и приборы измерительные) составляет 45 214,54 руб.

Годовые эксплуатационные затраты:

$$C_{Э} = C_{зп} + C_{эл} + C_{тэ} + C_v + C_a + C_{пр},$$

где $C_{зп}$ – расходы на заработную плату с отчислениями, тыс. руб;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, тыс. руб;

$C_{тэ}$ – стоимость тепловой энергии, тыс. руб;

C_v – стоимость водоснабжения и водоотведения, тыс. руб;

C_a – амортизационные отчисления, тыс. руб;

$C_{пр}$ – прочие затраты (техническое обслуживание, текущий ремонт и др.), тыс.руб.

Расходы на заработную плату одного оператора:

$$C_{зп} = C_t \cdot Z_{тр} \left(1 + \frac{k_{ст} + k_{вр} + k_{соц}}{100} \right),$$

где C_t – часовая тарифная ставка, руб./ч, (оператор IV разряда) $C_t = 3,90$ руб/ч;

$Z_{тр}$ – расчетная норма рабочего времени в году (принята с учетом замены оператора во время отпуска) $Z_{тр} = 2 176$ ч;

$k_{ст}$ – коэффициент, учитывающий надбавку за стаж (20 %);

$k_{вр}$ – коэффициент, учитывающий надбавку за вредные условия труда (15 %);

$k_{соц}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социальной защиты населения (28 %).

Стоимость электроэнергии: $C_{эл} = 1,2 W T_{эл}$,

где W – годовой объем потребленной электроэнергии, кВт·ч;

$T_{эл}$ – тариф стоимости электроэнергии (на 01.01.2024 г. без учета НДС $T_{эл} = 0,33734$ руб. за 1 кВт·ч, НДС – 20 %).

Расход электроэнергии на работу очистного оборудования

$$W = P_{уст} t_{об},$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

$t_{об}$ – время работы оборудования, ч.

Стоимость тепловой энергии на обогрев помещений:

$$C_{тэ} = 1,2 Q_{тэ год} T_{тэ},$$

где $Q_{тэ год}$ – годовой объем потребления тепловой энергии, Гкал;

$T_{тэ}$ – тариф стоимости тепловой энергии (на 01.01.2024 без учета НДС $T_{тэ} = 151,1356$ руб. за 1 Гкал, НДС – 20 %).

Площадь помещения для мойки в обоих вариантах – 108 м², объем помещения – 432 м³. В первом варианте дополнительно имеется складское помещение для хранения коагулянта, объем которого составляет 36 м³. На отопление одного м³ помещения в условиях Минской области при расчетной наружной температуре $t_{нар} = 24$ °С и внутренней температуре $t_{вн} + 16$ °С, средней температуре наружного воздуха за отопительный период $t_{иср} = 0,9$ °С требуется тепла:

$$Q_{тэ ч} = q_{от} V (t_{вн} - t_{нар}),$$

где $Q_{тэ ч}$ – расход тепла на отопление за один час, Гкал/ч;

$q_{от}$ – удельная тепловая характеристика здания, ккал/(м³·°С);

V – объем помещения, м³;

Принимаем $q_{от} = 1,05$ ккал/(м³·°С). По СНБ 2.04.02 – 2000 (Минская обл.) отопительный период составляет 198 дней.

Годовой расход тепловой энергии рассчитаем по формуле:

$$Q_{тэ год} = 24 \cdot 198 Q_{тэ ч} (t_{вн} - t_{иср}) / (t_{вн} - t_{нар}).$$

Стоимость водоснабжения и водоотведения:

$$C_B = V_B T_{BC} + 1,2 V_B T_{BO},$$

где V_B – годовой объем потребления воды на мойку техники и сельхозмашин, м³;

T_{BC} – тариф стоимости водоснабжения, руб/м³;

T_{BO} – тариф на жидкие коммунальные отходы нежилых помещений, руб/м³ (без НДС).

Тариф на водоснабжение для юридических лиц составляет 2,2985 руб/м³ (установлен решением Минобл-исполкома № 23 16.01.23), на услуги по обращению с жидкими коммунальными отходами – 7,00 руб/м³, в том числе НДС – 20% (установлен ГП «Водоканал Минского р-на 07.10.22 согласно прейскуранту № 01/10-20).

В соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь специальный фонд средств за лимитированный сброс стоков формируется за счет организаций, производящих сточные воды. Он используется для финансирования природоохранных мероприятий. Установлены также тарифы оплаты за согласованный сброс стоков. Норматив оплаты с каждым годом корректируется, в основном в сторону увеличения, что стимулирует хозяйственные организации внедрять замкнутые системы водоснабжения производства. Возмещение вреда, причиненного природе, может значительно превышать затраты на очистку стоков [5; 11]. Так, в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11.04.2022 № 219 «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и порядка ее исчисления» предусматриваются следующие экономические санкции:

– за сброс сточных вод в недра без очистки – 8,20 руб/м³, а после очистки на очистных сооружениях – 0,15 руб/м³;

– за уничтожение и повреждение травяного покрова – 0,25 руб/м² базовой величины (БВ), деревьев (за одно) – 1,3 БВ, кустарников – 1,6 БВ.

Амортизационные отчисления:

$$C_a = K P_a / 100,$$

где P_a – годовая норма амортизационных отчислений ($P_a = 14,2\%$).

При годовой норме 14,2 % срок службы оборудования составит 7 лет.

Прочие затраты (расходы на текущее обслуживание и ремонт):

$$C_{пр} = K P_{топ} / 100,$$

где $P_{топ}$ – годовая норма отчислений на текущее обслуживание и ремонт ($P_{топ} = 5,0\%$).

Годовой эколого-экономический эффект от внедрения установки очистки стоков с замкнутой системой водопотребления определяется по формуле:

$$\Xi = \Delta D + \Delta Y - C \Xi,$$

где ΔD – годовой прирост прибыли за счет сокращения потребления воды в результате внедрения замкнутой системы водоснабжения, реализации нефтешлама, освобождения от налога за сброс стоков, тыс. руб;

ΔY – годовой предотвращенный экономический ущерб в результате снижения уровня загрязнения поверхностных вод, почвы и улучшения санитарно-гигиенических условий, тыс. руб.

Годовой экономический эффект от использования установки достигается за счет:

– сокращения потребления воды и уменьшения водоотведения

$$\Delta C_B = C_{B1} - C_{B2};$$

– использования отходов (получение тепла при их сжигании);

– сокращения вывоза твердых отходов;

– освобождения от налога за сброс стоков.

Так как годовой предотвращенный экономический ущерб в результате снижения уровня загрязнения поверхностных вод, почвы и улучшения санитарно-гигиенических условий оценить сложно, считаем его социальным. Из-за отсутствия данных не были учтены доходы, которые формируются за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, благодаря снижению загрязнения почвы находящимися в стоках эмульсиями поверхностно активных веществ, углеводов.

Определены:

– чистая прибыль при налоге на прибыль 20%:

$$\Delta \text{ЧП} = \Xi (1 - 0,2);$$

– чистый дисконтированный доход (ЧДД) при индексе дисконтирования $E = 12\%$:

$$\text{ЧДД} = \Delta \text{ЧП} \cdot \beta - K_2,$$

где β – дисконтирующий множитель, год;

K_2 – капиталовложения по второму варианту, руб.

$$\beta = \{(1 + E)^T - 1\} / \{E (1 + E)^T\};$$

– индекс доходности:

$$\text{ИД} = \text{ЧДД} / K_2 + 1;$$

– коэффициент возврата капиталовложений:

$$P_B = (\Delta \text{ЧП} / K_2) - E;$$

– динамический срок возврата капиталовложений:

$$T_B = \lg(1 + E/P_B) / \lg(1 + E).$$

Результаты расчета приведены в таблице 2.

Применение технологии электрохимической очистки позволяет организовать замкнутую систему очистки сточных вод наружных постов мойки сельскохозяйственной техники. В результате потребление

Таблица 2. Показатели экономической эффективности установок очистки

Показатели	Вариант 1 химический способ	Вариант 2 электрохимический способ	±
Обработано сточных вод, м ³ /год	660	660	
Использовано отходов (в пересчете на сухую массу), кг/год	66	132	+66
Утилизация отходов с вывозом на полигон ТКО, кг/год	1954	1864	-90
Капитальные вложения, руб	96586,96	56518,18	- 40068,78
Эксплуатационные затраты, руб/год	42266,21	27278,22	-14987,99
Экономическая эффективность, руб/год		65070,78	
Чистая прибыль, руб/год		52056,62	
Чистый дисконтированный доход, тыс. руб		181,38	
Срок окупаемости, год			
– статический		0,87	
– динамический		1,2	
Удельные капитальные затраты на очистку воды, руб/м ³	146,3	85,63	-60,67
Удельные эксплуатационные затраты на очистку, руб/м ³	64,04	41,33	-22,71
Удельная установленная мощность, Вт/м ³	8,79	5,68	-3,11
Удельная площадь, занимаемая под очистные сооружения на единицу производительности, м ² /м ³	0,22	0,16	-0,06
Удельное энергопотребление, кВтч/ м ³	4,14	3,76	- 0,38
Себестоимость очищенной воды, руб/м ³	81,6	52,97	-28,63

воды уменьшится в 10 раз, она потребуется лишь для восполнения потерь в системах мойки и очистки (10 %). Социальный эффект заключается в уменьшении экологического загрязнения окружающей среды.

Заключение

1. Очистка сточных вод постов мойки после отстаивания с применением электрокоагуляции, электрофлотации в электромагнитных гидроциклонах позволяет повысить степень обезвреживания воды и обеспечивает повторное ее использование для технических целей. Это способствует рациональному расходованию водных ресурсов, снижению вредного воздействия загрязняющих веществ на гидросферу и сельскохозяйственные угодья, позволяет создать оборотную систему водоснабжения постов мойки, значительно сократить потребление водных ресурсов, снизить загрязнение окружающей среды нефтепродуктами и другими вредными веществами, патогенными микроорганизмами.

2. Применение установки для электрохимической очистки и обеззараживания сточных вод с использованием неоднородных электромагнитных полей позволяет получить эколого-экономический эффект (экономия эксплуатационных затрат и предотвращение экологического загрязнения) в сумме 65 тыс. руб. в год, без учета предотвращенного экономического ущерба в результате снижения уровня загрязнения поверхностных вод, почвы и улучшения санитарно-гигиенических условий. Себестоимость очистки составляет 53 руб/м³, что в 1,5 раза меньше по сравнению с химическими способами очистки.

3. Установка «Электромагнитный гидроциклон» не требуют складских помещений для хранения химических реактивов и приготовления растворов, наличия дозаторов для обработки стоков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический буклет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/e44/omhrgtzoda196g3yr9b2r81r71vexa2k.pdf/>. – Дата доступа: 04.02.2024.
2. Вершинская, М.Е. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем: монография / М.Е. Вершинская, В.В. Шабанов, В.Н. Маркин. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – 144 с.
3. Пупырев, Е.И. Энергоэффективность очистных сооружений / Е.И. Пупырев // Сантехника. – 2015. – № 1. – С. 24-32.
4. Штомпель, Б.Н. Экономическая экология / Б.Н. Штомпель – Мн.: БГАТУ, 2001. – 349 с.
5. Колобаев, А.Н. Совершенствование методики расчета платы за сброс сточных вод в природные объекты / А.Н. Колобаев, А.А. Мелешко // Природные ресурсы. – 2020. – № 1. – С. 17-22.
6. Кунахович, А.А. Очистка сточных вод от АЗС, автохозяйств, складов ГСМ и других аналогичных объектов. Рубрика: сантехника и водоснабжение / А.А. Кунахович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.trade-house.ru. – Дата доступа: 24.12.2023.
7. Хенце, М. Очистка сточных вод: пер. с англ. / М. Хенце, П. Армоэс, И. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. – М.: Мир, 2004. – 480 с., ил.
8. Ильин, В.И. Электрохимическая очистка промышленных сточных вод с оборотным циклом /

В.И. Ильин, В.А. Колесников // Химическая технология. – 2002. – № 1. – С. 31-38.

9. Методические рекомендации по оценке эффективности научных, научно-технических и инновационных разработок и их внедрению [Электронный ресурс]: постановление Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, 29 апр. 2017 г., № 9 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: mshp.gov.by/documents/nts/a4e25cd93eb26108.html. – Дата доступа: 28.01.2024.

10. Энергоэффективность аграрного производства / В.Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред.

акад. В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 776 с.

11. Охрана окружающей среды и природопользования. Гидросфера. Правила расчета технологических нормативов водопользования: Экологические нормы и правила: ЭКО НИП 17.06.04-004-2022.

12. Беспамятнов, Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник / Г.П. Беспамятнов, Ю.А. Кротов. – Л.: Химия, 1985. – 528 с., ил.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.03.2024

Устройство для сдваивания колес тракторов «БЕЛАРУС»

Предназначено для улучшения агроэкологических свойств тракторов при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ. Предложенное устройство позволяет значительно снизить динамические нагрузки на конечные передачи и полуоси ведущих мостов тракторов, а, следовательно, и трансмиссию в целом, обеспечить повышение ресурса узлов трактора, шин, повысить транспортную скорость, уменьшить расход топлива, улучшить управляемость и поворотливость агрегатов. Эффективность достигается благодаря периодическому отключению и переводу в ведомый режим наружных колес трактора. Для перевода наружных колес на необходимый режим используется имеющаяся на тракторе пневмосистема. Конструкция защищена патентом Республики Беларусь №16282.



Основные технические данные

Максимальные габаритные размеры, мм	420x550
Масса комплекта, кг	90...200
Способ управления включением наружного колеса	периодически от пневмосистемы трактора
Рабочее давление в пневмокамерах, МПа	0,8
Время включения/выключения пневмопривода, с	100/60
Снижения давления на почву ходовой части тракторов, %	25...40