

УДК 66.013.8

**ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ОТ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ,
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОГРУЖНОЙ ОЧИСТКЕ МАШИН И ДЕТАЛЕЙ**

**В.А. ДРОНЧЕНКО; канд. техн. наук, доц. В.И. СЕМЕНОВ
(Полоцкий государственный университет)**

Представлены результаты исследования с целью разработки технологии регенерации и утилизации очистных растворов. Осуществлена оценка объемов отработанных растворов технических моющих средств, образующихся при очистке машин и деталей технологического оборудования. Даны рекомендации, позволяющие уменьшить объем отработанных очистных растворов. Предложен способ утилизации этих растворов.

Ключевые слова: погружные очистные машины, технические моющие средства, отработанные растворы, геоэкология, регенерация, утилизация, эмульсии.

Ремонт технологического оборудования сопровождается одной из важнейших операций – очисткой деталей от эксплуатационных загрязнений, на долю которой приходится 6...8% затрат на капитальный ремонт машин [1]. Затраты на очистку машин и деталей могут быть значительно сокращены при условии использования эффективных технических моющих средств (ТМС) и применении очистного оборудования, обеспечивающего снижение расхода тепла и электроэнергии, экономию ТМС и воды.

По данным профессора Н.Ф. Тельнова [2], предприятия по ремонту машин применяют более 100 наименований различных ТМС, из которых наиболее широкое применение получили средства серий Лабомид (Лабомид-101, Лабомид-102, Лабомид-203), разработанные в ГОСНИТИ (Москва), и МС (МС-6, МС-8, МС-15, МС-32), разработанные в МИИСП (Москва). Основными действующими компонентами этих ТМС являются поверхностно-активные вещества (ПАВ) и щелочные добавки.

Перед многими предприятиями остро стоит проблема утилизации отработанных растворов ТМС. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, сравнительно небольшие объемы этих жидкостей для большинства малых и средних предприятий делают установку специализированного оборудования по переработке и утилизации этих жидкостей экономически нецелесообразной. Во-вторых, ввиду того, что основной компонент отработанных растворов ТМС – вода, а транспортные расходы по доставке на предприятия, обладающие таким оборудованием, велики, то утилизация для таких предприятий оказывается экономически невыгодной. Это вынуждает некоторые предприятия к нелегальному сбросу отработанных растворов ТМС в сточные воды, что представляет потенциальную угрозу окружающей среде.

Для предотвращения этой проблемы необходимо проведение исследований по поиску как способов снижения объема образования этих жидкостей, так и способов их использования непосредственно на предприятии, либо других предприятиях региона.

Уменьшить вредное воздействие на окружающую среду отработанных растворов, образующихся при погружной очистке машин и деталей технологического оборудования, и является целью данной работы.

Материалы, оборудование методы. В Полоцком государственном университете ранее были проведены экспериментальные исследования [3–5], которые позволили определить процентное содержание воды в эмульсии на основе нефтесодержащих отходов (НСО), приготовленной с требуемой стабильностью с помощью ударных волн, генерируемых пневматическим излучателем.

Исследования проводились нами на опытно-промышленной установке по приготовлению эмульсии с помощью ударных волн, генерируемых пневматическим излучателем [3–5], с установленной частотой импульсов 1 Гц при давлении сжатого воздуха в сети подвода 0,4 МПа.

Перед новыми экспериментальными исследованиями были выдвинуты следующие гипотезы:

- возможное использование для приготовления эмульсии отработанных водных растворов ТМС вместо воды;

- возможно снижение количества эмульгатора, необходимого для получения стабильной эмульсии, так как основными действующими веществами при эмульгировании являются ПАВ, а отработанные моечные растворы содержат в своем составе ПАВ и щелочные добавки, благоприятно влияющие на стабильность эмульсии.

Исследования проводились по методике, которая подробно изложена в [5].

Эмульгатор при проведении экспериментальных исследований использовался в долях от объема, использованного при экспериментальных исследованиях, в которых использовались НСО и вода.

Моечные машины, объем отработанных растворов ТМС и их влияние на окружающую среду.

При ремонте технологического оборудования для очистки от остатков масел и смазок, асфальто-смолистых загрязнений, как правило, используют струйные и погружные моечные машины.

Внедрение новых высокоэффективных ТМС способствует тому, что погружные машины постепенно вытесняют с рынка струйные [6]. Это объясняется высоким пенообразованием последних, а также тем, что высокая кратность перекачивания моющего раствора (до 20 ч^{-1}) приводит к образованию стабильных эмульсий частиц загрязнения в растворе, в результате чего растворы быстро загрязняются. При этом большая часть молекул ПАВ адсорбируется на уже очищенных частицах загрязнения и в процессе дальнейшей очистки не участвует. Такие эмульсии практически не поддаются расслоению и регенерации, а их слив в канализацию наносит огромный урон окружающей среде.

На участках по разборке и очистке технологического оборудования, как правило, используют погружные моечные машины, реализующие способ интенсификации процесса очистки линейными возвратно-поступательными колебаниями очищаемых изделий в моющем растворе. Кроме данного типа, используют моечные машины с маятниковыми колебаниями очищаемых объектов; роторные моечные машины; моечные машины с лопастными винтами и роторами-активаторами.

По данным Л.М. Гурвича [7], срок службы растворов ТМС составляет от 1...2 до 2...4 недель. Исходя из этого рассчитан предполагаемый средний годовой объем отработанных растворов ТМС для различных типов моечных машин (результаты приведены в таблице), который составляет на одну моечную машину от $2,25 \text{ м}^3$ (ОМ-9101) до $1320,00 \text{ м}^3$ (ОМ-14286).

Таблица. – Средний годовой объем отработанных растворов ТМС, образующихся при работе моечных машин на участках разборки и очистки технологического оборудования

Марка машины	Производительность очистки деталей машин и оборудования, т/ч	Объем раствора ТМС в моечной машине, м^3	Средний объем раствора, необходимого для очистки единицы массы, $\text{м}^3/\text{т}$	Средний годовой объем отработанных растворов ТМС, м^3
<i>Моечные машины с возвратно-поступательными колебаниями грузовой платформы</i>				
ОМ-9101	0,02	0,07	0,0125	2,25
ОМ-12190	0,05...0,10	0,5	0,034	16,25
Мирин	0,2	0,5	0,0095	16,25
Мингус АЖ-ЛИФ	0,6	1,2	0,0075	39,00
ОМ-22609	1,5	3,0	0,0075	97,50
ОМ-22602	4,0	6,0	0,005	195,00
<i>Моечные машины с маятниковыми колебаниями очищаемых объектов</i>				
ОМ-21630	3	5,0	0,0025	165,00
ОМ-21629	5	10,0	0,0075	330,00
ОМ-21628	8	20,0	0,0095	660,00
<i>Моечные машины с лопастными винтами</i>				
ОМ-28101	1,5	3,6	0,009	117,00
ОМ-14251	4,0	4,6	0,0045	149,50
ОМ-5333	12	22,0	0,007	665,00
<i>Моечные машины с роторами-активаторами</i>				
ОМ-14295	2,7	7,0	0,0095	227,50
ОМ-14286	8	40	0,0185	1320,00

Исходя из результатов расчетов (см. таблицу) видно, что наименьшее потребление раствора при очистке 1 тонны деталей составило $0,0045 \text{ м}^3/\text{т}$ (ОМ-14251) и $0,0050 \text{ м}^3/\text{т}$ (ОМ-22602); наибольшее – $0,0185 \text{ м}^3/\text{т}$ (ОМ-14286). Эти величины не дают ответ на вопрос, какая из машин наиболее или наименее эффективна, так как каждая из машин предназначена для очистки деталей определенной номенклатуры. Однако позволяют дать ориентировочную оценку объему растворов ТМС, который необходим предприятию. Например, для производств с массой очищаемых деталей 100 тыс. тонн в год необходимый объем раствора составляет 1,15 тыс. м^3 .

Из данных О.И. Фокина [8] следует, что моющие растворы ТМС способны накапливать в своем составе до 43 г/л масел. Это около 50 тонн масел применительно к производству по объему ремонта, сопоставимому с производством, приведенным в качестве примера. Отработанные растворы ТМС содержат в своем составе наряду с нефтесодержащими продуктами значительное количество щелочных добавок и различных ПАВ, которые трудно выделить из раствора и утилизировать. Все известные технологии разделения этих растворов на отдельные компоненты требуют не только существенных капитальных

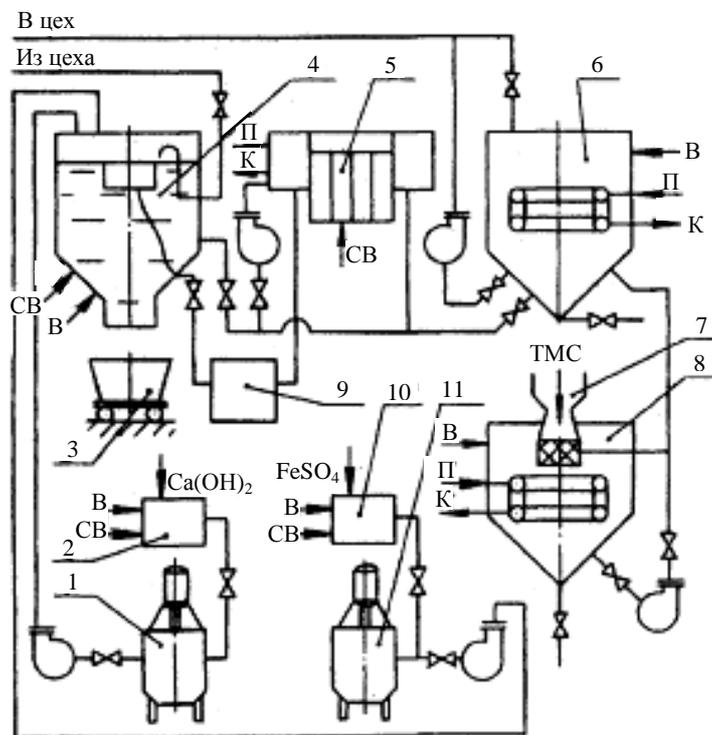
вложений, но и значительных текущих расходов, что для большинства средних и малых предприятий является труднодостижимым.

Современные системы и схемы канализации городов Беларуси предусматривают в большинстве случаев совместную очистку коммунальных и производственных сточных вод в общих очистных сооружениях биологической очистки [9]. Однако при сливе отработанных моющих растворов содержащиеся в них ПАВ, попадая в водоемы, образуют стойкую пену, которая препятствует аэрации и ухудшает очистительную способность водоемов. В пене концентрируются другие органические загрязнения и различные микроорганизмы в такой степени, что содержание их может многократно превышать предельно допустимую концентрацию. Но главная опасность состоит в том, что эмульгированные нефтепродукты и ПАВ вызывают отмирание первичных звеньев пищевых цепей водоемов. Гибель водорослей и планктона в сочетании с замедлением процессов самоочищения водоемов ведет к массовой гибели живых организмов [9]. Кроме того, ПАВ способны проникать в водоносные слои и загрязнять подземные воды, что приводит к снижению количества пресной воды, пригодной к использованию, обостряя проблему ее дефицита, имеющуюся в настоящее время практически повсеместно в мире [9].

Регенерация очистных растворов. Для регенерации отработанных растворов ТМС технологические машины, реализующие способы отстаивания, коагуляции и флотации, применяют при создании индивидуальных и централизованных пунктов регенерации этих растворов. Рациональный путь использования растворов предполагает периодическое удаление загрязнений и добавку свежего продукта.

Мероприятия по восстановлению первоначальных свойств отработанных растворов ТМС, включая своевременную очистку, позволяют продлить сроки службы растворов ТМС в 5...6 раз [10] и тем самым снизить расходы как на покупку ТМС, так и на утилизацию отработанных растворов.

Предложена схема цехового пункта приготовления подачи к технологическим машинам, очистки и регенерации растворов ТМС (рисунок 1). Основные части пункта: дозатор ТМС 7, бак концентрированного раствора 8, бак подготовки раствора 6, бак-отстойник 4, тележка для шлама 3, флотатор 5, сборник нефтепродуктов 9, бак приготовления известкового молока 2, бак смешивания железного купороса 10, расходные баки 1 и 11.



В – вода; П – пар; К – конденсат; СВ – сжатый воздух

Рисунок 1. – Цеховой пункт приготовления, очистки и регенерации растворов ТМС

Свежий раствор готовят с помощью дозатора ТМС, бака концентрированного раствора и бака подготовки раствора. В бак 8 подается вода, где нагревается паровыми регистрами до температуры 50 °С. В корзину бака из бункера дозатора 7 подают порцию ТМС из расчета 100 г/л. Корзина содержит коль-

цевой трубопровод с соплами, из которых поступает под давлением вода и перемешивается с ТМС. Раствор перемешивают до полного растворения порошкового ТМС.

Полученный раствор подают в бак 6, где он подогревается до рабочей температуры и смешивается с находящейся там водой с помощью насоса. Концентрация доводится до 30 г/л. Насосом подают приготовленный раствор к цеховым технологическим машинам.

Загрязненный раствор подают с разборочно-очистного участка в бак-отстойник 4.

На пункте предусмотрены такие фазы очистки и регенерации загрязненного раствора: отстаивание; удаление всплывших нефтепродуктов; удаление выпавшего осадка; коагуляция растворов и осаждение хлопьев гидроксидов; флотация как тонкая очистка с удалением нефтепродуктов и пены; восстановление требуемой концентрации ТМС в растворе.

Слой всплывших нефтепродуктов после отстаивания раствора в баке-отстойнике 4 сдувают струями сжатого воздуха и подают в нефтесборник 9, а после слива раствора из бака-отстойника в бак 6 удаляют осадок в тележку 3. В баке 6, при необходимости, восстанавливают концентрацию раствора путем добавления концентрированного раствора из бака 8.

Раствор после 420 часов работы подвергают коагуляционной очистке, которая сопровождается укрупнением частиц загрязнений и выпадением из коллоидного раствора хлопьевидного осадка. Для коагуляционной очистки используют железный купорос и гашеную известь. В баки 2 и 10 вводят гашеную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в виде пылянки и железный купорос FeSO_4 . В баки 2 и 10 также подают воду и с помощью сжатого воздуха в течение 25...30 минут составляющие перемешивают. Гашеная известь растворяется в воде незначительно и ее в виде известкового молока подают в расходный бак 1. Железный купорос, полностью растворившийся в воде в баке 10, аналогичным образом подают в расходный бак 11. Коагулянты (из расчета их концентрации 4...5 г/л по активному веществу) подают насосами в бак 4 и при интенсивной подаче сжатого воздуха в раствор перемешивают с последним. На коагуляцию и осаждение хлопьев гидроокисей необходимо 8...10 часов работы, причем последние 3,5...4 часа осаждение протекает без подачи барботажного воздуха.

Доочистку моющего раствора производят с помощью ЦНИИ-5 – флотационной установки 5, в которую поступает скоагулированный раствор.

Осадок от коагуляции и отходы от флотации поступают в тележку для шлама 3.

Очищенный раствор подают в бак 6 для восстановления концентрации ТМС, на что необходимо 30...50% от первоначального их количества.

Данные мероприятия позволяют продлить срок службы раствора в 5...6 раз и тем самым уменьшить объем полностью отработанного раствора, подлежащего утилизации.

Необходимо отметить, что по окончании срока службы природоохранный аспект превалирует над экономическим, учитывающим исключительно выгоды и техническую целесообразность повторного использования растворов. Беспредельно их регенерировать невозможно. Наступает необходимость утилизации отработанных водных растворов ТМС.

Утилизация отработанных моечных растворов. Отработанные растворы ТМС подлежат обезвреживанию и утилизации. За рубежом это считают не только экологическим мероприятием, но и источником получения прибыли, поскольку продукты, получаемые при разделении или переработке, могут являться товарными. Наличие в отработанных растворах ТМС нефтесодержащих продуктов повышает экономическую целесообразность их утилизации. Обезвреживание отработанных растворов ТМС, как правило, предполагает их разложение на водную и масляную фазы с последующей очисткой масла и воды. Масло, выделенное из смеси отработанных растворов ТМС, используется в основном в качестве топлива [10].

В качестве термических способов утилизации отработанных растворов используют, как правило, их ресурсозатратное сжигание [10]. Однако простое сжигание в специальных печах требует существенных затрат и экономически невыгодно.

Полностью отработанные растворы ТМС можно нейтрализовать реагентным методом до pH 6,8...8,5 непосредственно в погружных моечных машинах в следующей последовательности [6]. Замеряют концентрацию щелочи в растворе и его объем. Рассчитывают массы нейтрализующего вещества и реагента. Подают нейтрализующее вещество при помощи кислотостойкого насоса в отработанный раствор. Для нейтрализации щелочных растворов применяют серную или соляную кислоту. В течение 10 минут производят перемешивание раствора, например, с помощью воздушного барботажа. Водородный показатель раствора определяют с помощью универсальной индикаторной бумаги.

В Полоцком государственном университете проводятся исследования с целью разработки технологии приготвления мелкодисперсной эмульсии с высокой стабильностью из нефтесодержащих отходов с возможностью дальнейшего использования в технологическом процессе отработанных водных растворов ТМС [3–5; 10]. Эмульгирование основано на разрушении поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей ударными волнами, возникающими при работе пневматического излучателя. Использование этой технологии позволит решить проблему защиты окружающей среды от вредного воздействия отработанных растворов ТМС.

Результаты проведенных экспериментов (доля выделившейся воды в %) представлены на рисунке 2. Получено степенное уравнение регрессии:

$$y(k_3) = 919,53 \cdot k_3^{-1,503},$$

где y – объем выделившейся воды за время, равное одному месяцу, %; k_3 – доля эмульгатора от его объема, необходимого для получения эмульсии из НСО и воды, %.

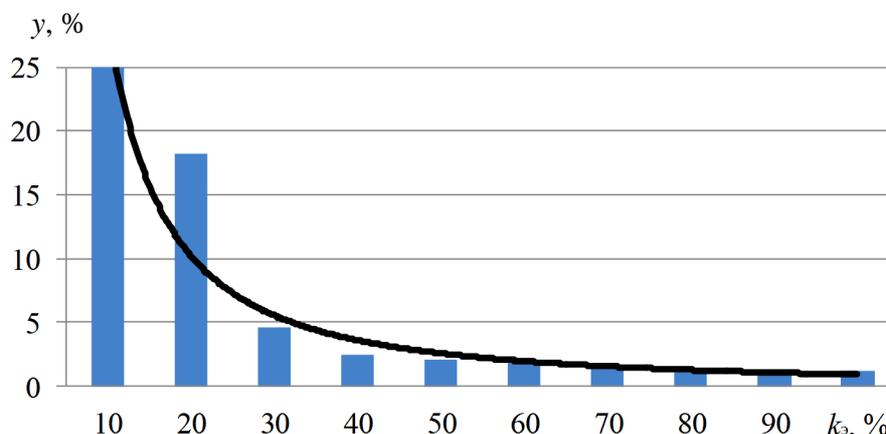


Рисунок 2. – Зависимость доли выделившейся воды y от доли эмульгатора k_3 в % относительно его объема, необходимого для приготовления эмульсии без отработанного раствора ТМС

Адекватность полученного уравнения регрессии была проверена с помощью критерия Фишера при уровне значимости 5%. Для уравнения вычислены расчетные значения критерия F_T . Уравнение признано адекватным и может быть использовано для интерпретации.

Анализ уравнения показывает, что использование вместо воды отработанных водных растворов ТМС позволяет уменьшить применение эмульгатора при сохранении требуемой стабильности эмульсии. При уменьшении концентрации эмульгатора до 59,1% объема, требуемого для получения эмульсии с использованием НСО и воды, получается эмульсия, обладающая требуемой стабильностью (объем выделившейся воды не более 2% за месяц). Таким образом, при использовании вместо воды отработанных водных растворов ТМС содержание эмульгатора можно уменьшить на 40,9% по сравнению с его количеством в эмульсии «НСО – вода».

Полученная эмульсия использовалась в филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» при изготовлении лестничных маршей ЛМП 57.11.14-5. Эмульсию наносили на рабочую поверхность форм, ее расход на одно изделие составил 2,657 кг, что сопоставимо с нормами расхода приобретаемых в 2015 году смазок на единицу продукции при изготовлении лестничного марша ЛМП 57.11.14-5, которые составили для промышленного эмульсола «АТ-5-Б» 2,646 кг, а для эмульсола «Бетанол-С» – 2,275 кг.

Показатели качества поверхностей при использовании предлагаемого материала, смазки «АТ-5-Б» и смазки «Бетанол-С» соответствовали требованиям, предъявляемым предприятием к качеству поверхности лестничного марша ЛМП 57.11.14-5. При этом приготовленный материал покрытия на основе НСО оказался в 1,4...2,5 раза дешевле товарных покрытий.

В заключение проведенного исследования сделаны следующие **выводы**:

- своевременная очистка и регенерация растворов ТМС позволяет продлить сроки службы этих растворов в 5–6 раз и тем самым не только снизить расходы на покупку ТМС и на утилизацию отработанных растворов, но и уменьшить загрязнение окружающей среды;

- использование отработанных водных растворов ТМС вместо воды для приготовления эмульсии уменьшает их объем, подлежащий утилизации, на величину объема использованного раствора, а также количество эмульгатора, необходимого для приготовления эмульсии на 40,9%, тем самым улучшается экологическая обстановка в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология, оснащение и организация ремонтно-восстановительного производства : учебник / В.П. Иванов [и др.]. – Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2015. – 551 с.

2. Тельнов, Н.Ф. Ремонт машин / Н.Ф. Тельнов – М. : Агропромиздат, 1992. – 558 с.
3. Иванов, В.П. Утилизация нефтесодержащих отходов вспомогательного производства нефтехимических предприятий / В.П. Иванов, В.А. Дронченко // Природопользование. – 2016. – № 30. – С. 136–145.
4. Иванов, В.П. Защита окружающей среды от отработавших водных растворов технических моющих средств / В.П. Иванов, В.А. Дронченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия, Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 160–165.
5. Дронченко, В.А. Влияние содержания воды на стабильность эмульсии на основе отработавших нефтесодержащих продуктов / В.А. Дронченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия, В. Промышленность. Прикладные науки. – 2015. – № 11. – С. 82–86.
6. Коробко, В.И. Погружная очистка и утилизация отходов автотранспортных и авторемонтных предприятий / В.И. Коробко, В.И. Семенов, В.П. Иванов. – Полоцк : Наследие Ф. Скорины, 1997. – 112 с.
7. Гурвич, Л.М. Рекомендации по применению новых средств очистки машин и деталей при ремонте / Л.М. Гурвич. – М. : ГОСНИТИ, 1975. – 104 с.
8. Фокин, О.И. Совершенствование технологии регенерации моющих растворов на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / О.И. Фокин ; ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – М., 2009. – 19 с.
9. Мажугин, Е.И. Центробежная очистка моющих растворов при ремонте сельскохозяйственной техники / Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков, А.В. Пашкевич. – Горки : БГСХА, 2015. – 185 с.
10. Иванов, В.П. Охрана труда рабочих и защита окружающей среды от вредного влияния нефтесодержащих отходов / В.П. Иванов, В.А. Дронченко. – Новополоцк : ПГУ, 2016. – 248 с.

Поступила 12.06.2017

**PROTECTING THE ENVIRONMENT
FROM HARMFUL WASTE SOLUTIONS GENERATED
DURING IMMERSION CLEANING MACHINES AND PARTS**

V. DRONCHENKO, V. SEMENOV

The results of the research are presented with the aim of developing a technology for regeneration and recycling of the treatment solutions. The volume of spent solutions of technical detergents formed during the cleaning of machines and parts of technological equipment is estimated. Recommendations are given that allow to reduce the volume of waste treatment solutions. A method for the utilization of these solutions is proposed.

Keywords: *submersible cleaning machines, technical detergents, waste solutions, geoecology, regeneration, utilization, emulsions.*