

УДК 629.45/.46:614.718

*Л.Ф. Долина**, *А.А. Мищенко**,
*Т.Т. Данько***

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕ- ГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДООЧИСТКИ ОКРАСОЧНЫХ КАМЕР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

**Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, **Институт проблем природопользования и экологии
НАН Украины. Днепропетровск, Украина*

Проведено аналіз забруднення стічних вод технологій лакофарбового виробництва в системі залізничного транспорту. Розроблена нова технологія з очистки стічних вод камер для фарбування залізничних вагонів.

Проведён анализ загрязнения сточных вод технологий лакокрасочного производства в системе железнодорожного транспорта. Разработана новая технология по очистке сточных вод окрасочных камер железнодорожных вагонов.

Введение

Охрана окружающей среды от загрязнений является одной из главных задач современного общества. Загрязнение окружающей среды прежде всего отражается на качестве поверхностных и подземных вод за счет сброса сточных, ливневых и талых вод.

Основным стратегическим направлением реконструкции водного хозяйства промышленных предприятий остается создание замкнутых систем водного хозяйства, которое невозможно без переоборудования и совершенствования существующих очистных со-

оружений и внедрения новых прогрессивных технологий и оборудования. К перспективным методам очистки сточных вод относятся флокуляционные, сорбционные, мембранные, окислительные. Только за счет внедрения физико-химических методов очистки промышленных сточных вод с применением коагулянтов и флокулянтов можно обеспечить эффективное 97-98 % удаление коллоидных и высокодисперсных примесей, таких как нефтепродукты, жиры, масла, красители, поверхностно-активные вещества и т. д.

Характеристика основных загрязнителей технологий лакокрасочного производства

Краскосодержащие сточные воды в окрасочном производстве образуются при окраске вагонов методом пневматического распыления, который наиболее широко используется при нанесении лакокрасочных покрытий. Недостатком метода являются большие потери ЛКМ (20 – 75%).

Основными загрязнителями сточных вод являются остатки ЛКМ, в состав которых входят: пленкообразующие полимерные смолы; лаки; эмали; краски; пигменты; наполнители; пластификаторы; растворители; сиккативы; добавки; вспомогательные материалы – различные составы и пасты

для подготовки поверхности и ухода за покрытием, а также мастики, применяемые для уменьшения шума, возникающего от вибрации кузова вагона или локомотива во время работы двигателя или движения, и защиты от коррозии.

Большинство из перечисленных выше веществ являются высокотоксичными для живых организмов [1, 2], и их сброс в водоемы и в городскую канализационную сеть лимитируется санитарными органами.

Сточные воды окрасочных камер железнодорожных вагонов характеризуются сложным составом загрязнителей, отличающимся различной дисперсностью, термодинамической устойчивостью, химической активностью и высокой токсичностью и представляют собой седиментационно и агрегативно устойчивые коллоидные системы, в

© Долина Л.Ф., Мищенко А.А.,
Данько Т.Т., 2012

которых органические вещества могут находиться в растворенном, суспендированном и эмульгированном виде. Смолистые вещества присутствуют в виде устойчивой суспензии мелких частиц, которые не задерживаются обычными фильтрующими материалами [3]. Другими словами, образуется система, в которой одна часть веществ подвержена седиментации, а другая часть сохраняет равно-

мерное распределение по объему дисперсной среды. Эти частицы заряжены отрицательно. Наличие одноименного заряда препятствует их сближению и коалесценции. В связи с этим одним из приемов повышения эффекта очистки является процесс коагуляции электролитами-коагулянтами и флокулянтами, а также применения электрофлотации с растворяющимися анодами.

Реагенты, применяемые в очистке сточных вод, содержащих лакокрасочные материалы

Реагенты, применяемые для очистки сточных вод от ЛКМ, должны обладать коагулирующим и флокулирующими свойствами, снижать липкость, адгезионные свойства ЛКМ и тем самым облегчать эксплуатацию гидрофильтров окрасочных камер. Так как большинство частиц ЛКМ имеют отрицательный заряд, то наиболее эффективными флокулянтами будут реагенты катионактивного класса. Большой спектр водо- и органо-разбавляемых ЛКМ и сложность их состава определяют и большое разнообразие коагулирующих и флокулирующих средств для их извлечения.

В технологии очистки воды гидрофильтров окрасочных камер могут быть использованы как традиционные коагулянты: сернокислотный алюминий, гидроксохлорид алюминия, хлорид алюминия, сернокислое закисное и окисное железо, алюмо- и железосодержащие отходы производства [4], так и специфические: соли магния, кальция, цинка [5], а также элюаты (сточные воды) Na-катионитовых фильтров водоумягчительных установок [6]. Применение различных флокулирующих добавок позволяет увеличить эффективность осветления очищаемой воды, уменьшить дозу коагулянта [7]. Кроме перечисленных реагентов для очистки воды гидрофильтров получили распространение специальные многокомпонентные составы [5, 7].

Коагулянты нового поколения – это полиоксихлориды алюминия (ПОХА) (торговое название «Аква-АУРАТ™30»; «Бопак-Е») и оксихлориды алюминия (ОХА). Производятся ОХА из металлического алюминия, в результате получают жидкий реагент с содержанием $Al_2O_3 \sim 20\%$, а в кристаллическом ПОХА содержание $Al_2O_3 \sim 30\%$. ПОХА частично гидролизован, вследствие

чего его полный гидролиз протекает значительно быстрее, чем при использовании сернокислого алюминия, что позволяет осуществлять коагуляцию с высокой скоростью даже при низких температурах [8]. Впервые эти реагенты были разработаны в Японии в 60-х годах прошлого столетия [9]. К коагулянтам нового поколения относится «Сизол-2500» – бесцветная жидкость без запаха с содержанием активного вещества – 2,5-25%, негорючая, нетоксичная. Разработчик этого реагента является НПП «Альфа-стевия ЛТД» и Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины.

При очистке сточных вод могут быть использованы органические соединения - флокулянты с большой молекулярной массой, достигающей нескольких миллионов. Эти реагенты в ряде случаев оказываются более эффективными, чем коагулянты. Франция (представительство в Украине НПП «СЛАФ») предлагает потребителям флокулянты нового поколения на основе полиакриламида и его сополимеров: катионактивные серии FLOPAM™ FO 4000 PWG; анионактивные серии AT 900 PWG; неионогенные серии AN 912 PWG –FA 920 PWG. Доза флокулянта очень мала в пределах от 0,01 до 0,5 мг на $дм^3$.

АО НПП «Экология Украины» поставляет высокоэффективные флокулянты для обработки коммунальных и промышленных сточных вод и шлаков типа – MAGNAFLOC, Сива, ZETAG. Фирма «Дау кемикалко» (США) производит группу органических флокулянтов под общим названием «PURIFLOC», которые могут быть различных классов: неионогенные (PURIFLOC N), анионактивные (PURIFLOC A) и катионактивные (PURIFLOC C). Английская фирма «Эллайд коллоидс мэнюфэчуринг лтд»

выпускает группу флокулянтов различных классов под общим наименованием «Magnafloc».

Приведенные выше коагулянты и флоку-

лянты являются лишь небольшой частью того большого ассортимента, который присутствует на рынках Украины, России и других стран.

Технология очистки сточных вод окрасочных камер железнодорожных вагонов

В каждом отдельном случае необходимо разработать оптимальную технологию применения реагентов – при этом, главным образом, учитывают вид ЛКМ, применяемых в окрасочных камерах. При очистке сточных вод от ЛКМ на основе эпоксидных и алкидных смол применение хлорида и сульфата алюминия в дозировочном количестве 8-16 мг/дм³ (по Al³⁺) позволяет получить эффект очистки от взвешенных веществ – 88-90% и по ХПК – 65-68%. При этом токсичность воды гидрофилтров окрасочных камер снижается в 10–30 раз [5].

Для очистки сточных вод от нитроцеллюлозных, а также алкидноакрилатных ЛКМ могут быть применены щелочные составы с добавками декстрина. Эффективен щелочной состав на основе едкого натра, кальцинированной соды и полиакриламида. Для очистки от вододисперсных ЛКМ на латексной основе более эффективно использование коагулянтов на основе солей алюминия и флокулянтов катионактивного и неионогенного классов при дробной их подаче.

Особое внимание при разработке технологии очистки сточных вод окрасочных камер (рис.) уделено точкам подачи коагулянтов и флокулянтов. Реагенты могут вводиться непосредственно в ванну гидрофилтра (один из вариантов подачи), которая должна иметь зону повышенной турбулентности для смешения реагента с водой.

Обязательно дают реагенты в трубопровод подачи сточной воды из окрасочной камеры в смеситель. Экспериментальным путем определяют подачу одного коагулянта или подачу двух реагентов (коагулянт + флокулянт), а также определяют точку подачи в трубопроводе или дробную подачу (в нескольких точках) реагентов. Дробная подача реагентов улучшает смешивание их со стоками и сокращает время перемешивания (до 30-40 сек).

Локальные очистные сооружения, входящие в технологическую схему (рис.) состоят из: смесителя, тонкослойного пласти-

кового отстойника, электрокоагулятора - флотатора с растворимыми алюминиевыми анодами и фильтра доочистки с пластмассовой загрузкой. При добавке в воду реагентов образуются коллоидные частицы, теряющие агрегативную устойчивость и выпадающие в осадок.

Достигнуть высоких показателей степени очистки сточных вод при разделении жидкой и твердых фаз становится возможным при использовании электрофлотационного способа. В процессе флотации гидрофобные частицы ЛКМ за счет пузырьков газа: водорода и кислорода, образующихся при электролизе воды, выносятся на поверхность аппарата. Пузырьки газа при всплытии сталкиваются с частицами дисперсных загрязнений и флотируют их на поверхность раствора, образуя устойчивый пенный продукт (слой). Сюда же выносятся отдельные растворимые примеси, физически адсорбирующихся на частицах загрязнений. Переходу ЛКМ в пенный слой способствует растворение, под действием тока алюминиевых анодов, что равносильно подаче алюминиевых коагулянтов. Растворение в воде 1г алюминия эквивалентно введению 6,3г – Al₂(SO₄)₃. Для 1г железа – 2,9 г FeCl₃ или Fe₂(SO₄)₃ [10].

Основным преимуществом электрофлотации является: простота изготовления установки и несложность ее обслуживания; возможность регулировать степени очистки стоков в зависимости от фазово-дисперсного состояния путем изменения только одного параметра – плотности тока; дополнительная минерализация растворимых органических соединений с одновременным обеззараживанием воды за счет образующихся на аноде продуктов электролиза – атомарного кислорода и активного хлора.

Флотошлам, представляющий собой пастообразную массу, состоит из частиц ЛКМ (в том числе пигментов) и компонентов пленкообразователя, которые могут использоваться в качестве модифицирующих добавок в шпатлевках, мастиках и грунтовках для окрашивания менее ответственных дета-

лей, а также при ремонте и окрасочных работах в строительстве [3].

Электрофлотация осуществляется при следующих параметрах: плотность тока – 100-150 А/м²; рН – 6-8,0. Эффект очистки составляет: по ХПК – 95-98%, взвешенным веществом – 98-99%.

Комбинированные методы (коагулирование и флокулирование, флотация и фильтро-

вание) являются наиболее эффективным и экономически выгодным способом создания бессточной системы гидрофильтров окрасочных камер железнодорожных вагонов. Данная технология обеспечивает практически 100%-ное извлечение ЛКМ, снижая липкость образующего осадка, и позволяет повторное использование очищенной воды.

Практическое использование предлагаемой технологии очистки сточных вод от окрасочных камер железнодорожных вагонов

К предприятиям системы железнодорожного транспорта Украины, где применяются технологические процессы по окраске вагонов с последующей очисткой воздуха и сточных вод окрасочных камер относятся вагоностроительные и вагоноремонтные заводы. Вагоностроительные заводы: Крюковский ВСЗ (г. Кременчуг), Стахановский ВСЗ (г. Стаханов), Дарницкий ВСЗ (г. Киев), Укрспецвагон (г. Панютино, Харьковской обл.). Вагоноремонтные заводы: г. Попасная (Донецкой обл.), г. Стрий (Львовской обл.), Днепропетровский ДВРЗ.

Наибольшее количество вагонов, подлежащих окраске, производится на Стахановском и Крюковском вагоностроительных заводах. Очистка сточных вод окрасочных камер на этих вагоностроительных заводах осуществляется по примерной технологической схеме, которая представлена на рисунке.

Стахановский вагоностроительный завод получает воду из города Стаханова, который собственных источников водоснабжения не имеет. Водоснабжение города и завода осуществляется от пяти водоводов Светличного управления и Западной фильтровальной станции ОКП «Лугансквода». Источником водоснабжения являются также артезианские скважины и пойма реки Северский Донец в районе поселка Светличное, поселка Крымское и поселка Белогорвка. Объем речной воды составляет примерно 33–34% от общего объема подаваемой воды.

Речная вода не отвечает требованиям ГОСТ 2874-82 и ГОСТ 2761-84 по общей жесткости (8–14,5 мг-экв/дм³) и сухому остатку (больше 1000 мг/дм³). Общая минерализация питьевой воды г. Стаханова, которая используется при очистке воздуха окрасочных камер «Вагоностроительного завода»

составляет от 1136 до 1320 мг/дм³ (сухой остаток), сульфатно-гидрокарбонатно и гидрокарбонатно-хлоридный состав, загрязнены марганцем, литием и нефтепродуктами. Содержание хлоридов 230-350 мг/дм³, нитратов - до 50 мг/дм³, сульфатов - больше 500мг/дм³, железа –0,1-0,5 мг/дм³, общая жесткость воды составляет 14,5–15,3 мг-экв/дм³; преобладают ионы Ca²⁺, Mg²⁺ и HCO₃. Такой состав воды требует дополнительного повышенного расхода реагентов: коагулянтов - сульфата алюминия до 1–1,2 кг /м³ и флокулянтов на полиакриламидной основе – от 0,8 до 1,5 мг/дм³ по безводному продукту.

На **Крюковском вагоностроительном заводе** окрашивается ежемесячно 980-1050 грузовых вагонов и 290-320 пассажирских вагонов в год. Для покраски вагонов используется эмаль ПФ-115 производства ОАО «Аврора» Черкасского лакокрасочного завода (Украина) и, гораздо реже, европейских фирм «Brossal» или «Lancvitre», что усложняет процесс очистки воздуха и сточных вод, вследствие изменения состава красок. Количество отсасываемого воздуха систем воздухоочистки на Крюковском вагоностроительном заводе составляет 100-120000 м³/ч. На гидрофильтрах степень очистки воздуха от красочной пыли достигает 90-95%, от паров растворителей 30-35%.

Водоснабжение Крюковского ВСЗ обеспечивается из р. Днепр. Общая жесткость воды составляет 2–5 мг-экв/дм³, сухой остаток до 1000 мг/дм³, рН – 6,8–7,8; содержание сульфатов от 280 до 385 мг /дм³, хлоридов от 200 до 250 мг /дм³. Вода Крюковского ВСЗ существенно отличается по своему составу от воды Стахановского ВСЗ, что способствует лучшей очистке сточных вод и меньшему расходу реагентов.

Технологическая схема очистки сточных вод, представленная на рисунке, используется на Крюковском вагоностроительном заводе. В качестве коагулянта используется полихлорид алюминия $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m(SO_4)_x$, (где $1 \leq n \leq 5$, $m \leq 10$); расход $0,2-0,3 \text{ кг/м}^3$, определенный экспериментальным путем. В качестве флокулянтов используются новые реагенты фирмы «ALCHEMIA S.r.L» (Италия) [11]. Флокулянт АК 347 FLOCAVER P/A – катионактивное флокулирующее средство, служащее для сгущения очень легких коллоидных остатков, которые в результате выпадают в осадок, отделяясь от воды, что облегчает их удаление, особенно рекомендуется для обработки красок на водной основе. Расход $0,1-0,2 \text{ г/м}^3$. Флокулянт АК 348 FLOCAVER P/L – щелочное анионактивное флокуляционное средство, служащее для сгущения

очень легких коллоидных остатков, которые в результате выпадают в осадок, отделяясь от воды; это облегчает их дальнейшее удаление. Особенно рекомендуется для обработки красок на основе воды и растворителей. Расход реагента определяется экспериментальным путем и составляет порядка $0,3-0,4 \text{ г/м}^3$ [11]. Количество циркулируемой воды составляет от 350 до $500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Как видно из технологической схемы (рисунок 1) сточные воды на Крюковском ВСЗ могут использоваться в циркуляционной системе гидрофильтров окрасочных камер без сброса их в городскую канализацию. Отходы перерабатываются в ЛКМ, используемые для бытовых нужд, окраски изделий с несколько пониженными требованиями по коррозионной стойкости и декоративному виду. В гидрофильтрах также задерживаются частично и пары растворителей.

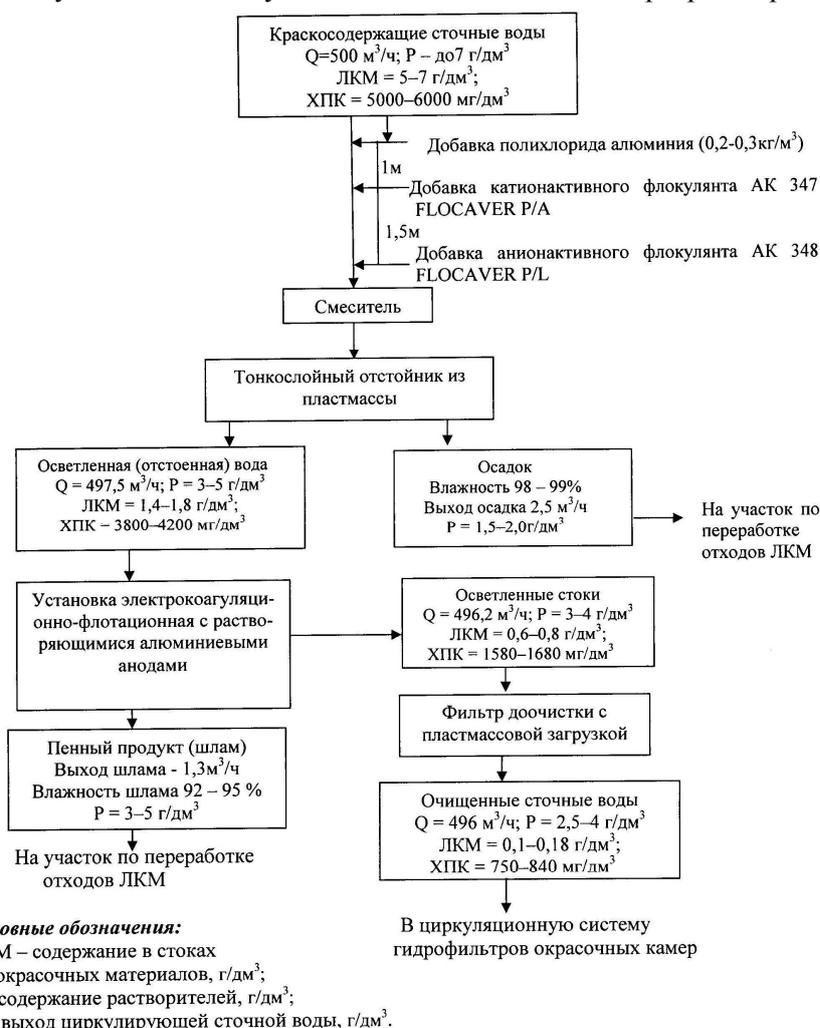


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки сточных вод окрасочных камер железнодорожных вагонов Крюковского вагоностроительного завода

Выводы

Предложенная технология очистки сточных вод окрасочных камер железнодорожных вагонов обеспечивает практически полное извлечение лакокрасочных материалов и позволяет повторное использование очищенной воды, а также использование отходов очистки - шламов. Как показывает практика, комбинированные методы очистки сточных вод лакокрасочного производства являются наиболее эффективным способом

создания бессточной системы гидрофильтров окрасочных камер, в данном случае, железнодорожных вагонов. Использование такой технологии на предприятиях лакокрасочной промышленности является экономически выгодной и экологически целесообразной. Технология является ресурсосберегающей в плане рационального использования водных ресурсов и утилизации отходов (шламов).

Перечень ссылок

1. Шабельский В.А. Защита окружающей среды при производстве лакокрасочных покрытий / Шабельский В.А, Андреев В.Н, Евтюков Н.З. – Л.: Химия, 1985. – 187 с.
2. Требования безопасности и эргономики к лакокрасочным материалам: методические указания. – М.: ВЦНИИОТ ВЦСПС : Минхимпром, 1987.
3. Ильин В.И. Электрофлотационная очистка сточных вод предприятий лакокрасочной промышленности/ Ильин В.И., Колесников В.А. // Химическая промышленность. – 2002. – №11. – С.30–32.
4. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 355 с.
5. Коагулянты для очистки краскосодержащих сточных вод окрасочных производств / [Гандурина Л.В., Буцева Л.Н, Штондина В.С, Фомичева Е.В.] // Водоснабжение и санитарная техника. –2001. – №4. – С.33–35.
6. Установка «Луокса» для очистки сточных вод гидрофильтров окрасочных камер : проект НИЦ «Потенциал». – Ровно.: УНИВХ, НИЦ «Потенциал», 1994.
7. Интенсификация процессов обезвоживания: монография / [Каминский В.С., Барбин М.Б, Долина Л.Ф и др.] – М.: Недра, 1982. – 224 с.
8. Гетманцев С.В. Использование коагулянтов в водоподготовке Сибири/ Гетманцев С.В. // Водоснабжение и санитарная техника. –2004. – №10. – С. 6-8.
9. Долина Л.Ф. Использование ПАВ для интенсификации процессов обезвоживания и осветления сточных вод обогатительных фабрик/ Долина Л.Ф. – М.: ЦНИИ цветмет экономики и информации, 1984. – 50 с.
10. Долина Л.Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для физико-химической очистки производственных сточных вод: учебное пособие./ Долина Л.Ф. – Днепропетровск: Континент, 2004. – 127 с.
- 11.11. Проспект фирмы «ALCHEMIA S.r.L» (Италия) ООО «Укртехноком». – Днепропетровск, 2011.

*L.F. Dolina**, *A.A. Mischenko**,
*T.T. Dan'ko***

**TO DEVELOP NEW APPROACHES USING
RESOURCE TECHNOLOGIES IN PRO-
DUCTION PROCESSES THE RAILWAYS**

**Dnepropetrovsk National University of Railway Transport name academician V.Lazaryan,
**Institute of Nature Management Problems & Ecology of National Academy of Sciences of
Ukraine, Dniepropetrovsk, Ukraine*

The analysis of sewage pollution of paint production technology in rail transport system. New technology to treat the wastewater after colour chambers where the railway carriages are under colouring.

*Надійшла до редколегії 10 жовтня 2011 р.
Рекомендовано членом редколегії канд. техн. наук П.І. Копач*