



УДК 622.696.24:678.06:621.64:001.895

Революционные инновации в очистке нефтехранилищ

Revolutionary Innovations in Oil Tank Farm Cleaning



Р.А. Полосин

roman.polosin@ru.kaercher.com
Тел.: +7 (495) 662-19-19 (*1469)
+7 915 463-9112
/ООО «Керхер», г. Москва/

R.A. Polosin / «Kärcher», Moscow/

Рассмотрена проблема очистки резервуаров от отложений. Изучаются технологии и оборудование, предназначенные для решения этой задачи. Дан краткий анализ современных методов чистки РВС, представленных на рынке. Рассказывается об одном из успешных новаторских решений – чистке резервуаров водой под высоким давлением. Представлен роботизированный моечный комплекс с дистанционным управлением, в состав которого входят шасси с высокой несущей способностью, форсунки высокого давления и вакуумная установка. Показаны возможности и преимущества новой технологии.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, резервуар вертикальный стальной (РВС), механизированная очистка резервуаров, пожары на РВС, чистка резервуаров высоким давлением, роботизированный комплекс для очистки РВС.

The paper discusses the problem of storage tanks cleaning from deposits and considers the issues related to the technology and equipment applied to resolve this issue. The author provides the brief analysis of modern storage tank farm cleaning processes that are presented at the market and describes one of the most successful innovative solutions, i.e. cleaning of oil tanks with water under high pressure. He also presents the remote-controlled robotic washing system that includes high load-carrying chassis, high pressure injectors and a vacuum station. The paper also describes the possibilities and advantages of this new technology

Key words: oil and gas industry, vertical steel tank (RVS), mechanized storage tank cleaning, fires with RVS, high pressure tank cleaning procedure, robotic complex for RVS cleaning.

Россия – страна, уже более 100 лет тесно связанная с нефтегазовой отраслью. Для всех процессов, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением и отгрузкой нефти и нефтепродуктов, требуются резервуары.

Немного истории. Первый металлический резервуар был построен в США в 1864 г., он имел прямоугольную форму. А вот первое в мире цилиндрическое нефтехранилище из склепанных стальных листов было построено в Баку в 1878 г. знаменитым инженером Владимиром Григорьевичем Шуховым по заказу нефтяной компании братьев Нобель. До этого нефть хранилась на российских промыслах в прудах под открытым небом. В 1883 г. Шухов в работе «Механические сооружения нефтяной промышленности» доказал, что оптимальной формой резервуара является цилиндр, покрытый сверху конической или плоской крышей, со стенками ступенчатой толщины. Шухов исследовал распределение напряжений, используя дифференци-

альные уравнения 4-го порядка. Он стандартизировал основные типоразмеры, благодаря чему в России по его чертежам только до 1917 г. было построено более 20 тысяч резервуаров-нефтехранилищ. Современные цилиндрические РВС (резервуар вертикальный стальной) и сейчас строятся по принципам Шухова.

В сегодняшней России эксплуатируются почти 40 тысяч РВС [1] общим объемом более 100 млн м³.

ЗАЧЕМ НАДО ЧИСТИТЬ РВС?

Во всех нефтяных резервуарах образуются нефтешламы, которые необходимо оттуда извлекать специальными методами, потому что шлам состоит не только из жидких нефтепродуктов и воды, но и из песка, глины и множества прочих нетекучих примесей.

КАК ВОЗНИКАЮТ ОТЛОЖЕНИЯ

При эксплуатации РВС для нефти и темных нефтепродуктов на их днищах образуются отложения, размер которых зависит от длительности эксплуатации резервуаров, качества нефтепродуктов и технологии их хранения. Наличие отложений, превышающих уровень «мертвого остатка», уменьшает полезный объем резервуара, увеличивает износ и загрязнение оборудования.

В связи с определенными трудностями при проведении очистки и захоронения удаляемых отходов резервуары очищаются от донных отложений по мере необходимости. Отложения темных нефтепродуктов (мазута) являются продуктом естественного «старения» топлива. Вследствие повышенной плотности продукты «старения» (асфальтены, карбены, карбоиды) осаждаются на дно резервуара. Смешение мазута с другими нефтепродуктами (крекинг-остатки, дизтопливо, битумы, жидкие присадки) при транспортировке или хранении ускоряет процесс образования отложений.

Дизельное топливо используется на ТЭС в качестве заменителей мазута, и в процессе хранения возможны случаи смешения его с мазутом. Интенсивному отложению осадков способствует подогрев топлива внутри резервуарными пароподогревателями.

Ежегодно в российских РВС образуется 450 тыс. т нефтешламов [1].

Помимо чистки РВС от нефтешламов, уменьшающих полезный объем, есть и другие важные причины для периодической очистки РВС:

- регулярное освидетельствование и регламентные работы;
 - смена продукта;
 - опасность самовозгорания пирофорных отложений.
- Основные причины пожаров на РВС [2]:
- а) от атмосферного электричества;
 - б) от самовозгорания пирофорных отложений, при длительной эксплуатации резервуаров без очистки.

Пирофорность – способность к самовозгоранию при контакте с кислородом воздуха при отсутствии нагрева отложений.

КАК ЧАСТО НАДО ЧИСТИТЬ РЕЗЕРВУАРЫ?

Периодичность мероприятий по очистке резервуаров регламентируется нормативными документами [3, 4, 5], в которых установлены следующие сроки очистки:

- не менее двух раз в год – для топлива реактивных двигателей, авиационных бензинов;
- не менее одного раза в год – для присадок к смазочным маслам и масел с присадками;
- не менее одного раза в два года – для остальных масел, автомобильных бензинов, дизельных топлив, парафинов и аналогичных нефтепродуктов.

Металлические и железобетонные резервуары для нефти, мазутов, моторных топлив и аналогичных нефтепродуктов следует зачищать по мере необходимости, определяемой условиями эксплуатации. Отстой воды и загрязнений из резервуаров следует удалять не реже одного раза в год. Таким образом, согласно требованиям, резервуары должны зачищаться примерно раз в год, а в действительности ежегодный объем РВС, подвергаемых очистке, в 2018 г. составил всего 11,4 млн м³ [1] – то есть 11 %.

Основные заказчики (см. таблицу) – резервуарные парки. В частности, это:

- нефтеналивные терминалы;
- энергетические компании;
- нефтеперевалочные базы;
- месторождения;
- НПЗ;
- аэропорты.

Компании-заказчики с парком более миллиона кубометров [1]

Компания	Емкость парка, млн м ³
Транснефть	27
Роснефть, вкл. Башнефть и 50 % Славнефть	16
Лукойл	7,9
Росрезерв	7,2
Газпром, вкл. Газпромнефть и 50 % Славнефть	6,5
СургутНефтеГаз	3,7
Татнефть	2,7
Т Плюс	1,5
Каспийский трубопроводный консорциум	1,2
Усть-Луга Ойл	1,0

ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ОЧИСТКИ

Согласно классификации взрывоопасных зон [6], нефтяные резервуары относятся к самой сложной, нулевой зоне, а оборудование для очистки должно быть искробезопасного исполнения и иметь сертификаты взрывозащиты [7]. Практически это означает, что использование привычных (то есть массовых и доступных) устройств с приводами от электрического мотора или двигателя внутреннего сгорания здесь невозможно. Спецоборудование



Рис. 1. Комплекс очистки резервуаров от нефтепродуктов. Моечная установка



Рис. 2. Универсальная раздвижная установка мойки вагонов-цистерн под высоким давлением, а также пропарки и сушки



Рис. 3. Устройство слива нефтепродуктов из вагонов-цистерн УСН, герметичное, прямооточного типа, исключающее застывание продукта и посторонних предметов

для эксплуатации в зоне 0 должно быть создано в рамках следующих требований:

- Искробезопасные материалы: нержавеющая сталь, алюминий, латунь.
- Искробезопасный привод: гидравлический или пневматический.
- Скорости перемещения и вращений: предельно малые.

Еще одной важной особенностью является «вход» в резервуар – так называемый люк-лаз (ЛЛ). С учетом требований к прочности и надежности он весьма невелик (типовые размеры ЛЛ: овальный 600×900 мм и круглый Ø 500 или 600 мм) и является единственным «окном» для доступа внутрь.

Таким образом, механизмы, призванные заменить тяжелый и опасный ручной труд, должны быть весьма компактными или модульно-разборными, что никак не способствует повышению их мощности и доступности.

РЕЗЮМИРУЕМ СОСТОЯНИЕ РЫНКА ОЧИСТКИ

Исходя из вышеописанных факторов, компаниям, предлагающим услуги по очистке, проще нанять работников из сопредельных государств и снабдить их пластиковыми лопатами и скребками, чем инвестировать колоссальные средства в сертифицированные моющие пушки, орбитальные моющие головки и роботизированные аппараты. Неудивительно, что с сегодняшним невысоким (по меркам стран-производителей спецоборудования – Евросоюз, США) уровнем зарплат сегодняшнее отношение ручной очистки к механизированной составляет 9:1.

КАКИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ЕСТЬ НА РЫНКЕ

Помимо хорошо известных сложных и дорогостоящих систем химической очистки (разбавление подогретым нефтепродуктом или активными химикатами), около 10 лет назад на рынке появились первые решения для механизированной очистки резервуаров. Пионерами стали компании, применявшие мобильные вакуумные установки для откачки

из резервуаров жидких нефтепродуктов: к сборному шлангу диаметром 100–150 мм «добавили» миниатюрную тележку-манипулятор на гидравлическом ходу, способную пройти в люк-лаз. Для сбора более вязких продуктов, чем бензин и дизтопливо, установили шнек. С учетом применения масляного двустороннего гидропривода на шнек и на одну ведущую ось, от колесного шасси пришлось отказаться в пользу гусениц. Получившийся узкий длинный гусеничный робот практически не мог ни маневрировать, ни тянуть за собой тяжелые шланги собственных гидроприводов и откачки. Несколько неудачных попыток использовать подобные решения в РВС с высоким уровнем отложений нефтешлама обусловили использование таких роботов исключительно на «чистой» работе с бензинами, керосином и прочими светлыми продуктами. Размыв для таких работ не особенно нужен, поэтому решения с подачей воды обычно реализованы на низком давлении (до 30 бар) – малоэффективном, но простом и доступном способе.

ЧТО ПРЕДЛАГАЕТ КОМПАНИЯ «КЕРХЕР»

Alfred Kärcher SE & Co. KG – мировой лидер в производстве оборудования для чистки и уборки, компания имеет полувековую историю создания успешных решений чистки резервуаров высоким давлением. Для очистки РВС «Керхер» предлагает свой роботизированный комплекс, в состав которого входят мощная моечная установка («робот»), аппарат высокого давления (порядка 500 бар), работающий на горячей воде (около 95 °С), и вакуумная установка.

Смысл применения высокого давления (от 100 бар) состоит в том, что это позволяет доставлять огромную энергию на большие расстояния (сотни метров), расходуя при этом в 5–10 раз меньше воды, чем при низком давлении. Меньший объем воды проще и дешевле нагреть, собрать и отделить. Более дорогое решение «на входе» быстрее и эффективнее делает свою работу, а значит, и окупается.

Значительная в размерах (около метра в ширину) и массе (более полутонны) моечная установка доставляется к люку-лазу в разобранном виде и собирается из отдельных узлов внутри РВС двумя операторами за четверть

часа. После сборки к роботу подключаются внешние конторы:

- рабочая жидкость (горячая вода) – по трубопроводу от насоса высокого давления;
- вакуум – по трубопроводу от вакуумного насоса;
- система управления – по пневмошлангам от пульта управления с компрессором;
- видеонаблюдение с подсветкой – по оптоволоконным кабелям.

Управление процессом очистки производится от пульта дистанционного управления, находящегося на базе комплекса. Запускаются насос высокого давления, система нагрева воды и вакуумная установка. Включается привод колес и шнека, а также форсунки размыва шлама.

Оператор посредством пульта дистанционно управляет процессом сбора и откачки водонефтяной эмульсии из РВС. Поток рабочей жидкости размывает и разжижает густые нефтепродукты и шлам до консистенции, позволяющей собрать их шнеком и перекачать вакуумным насосом по гибкому шлангу в сборную емкость, расположенную снаружи резервуара.

Если заказчик ставит задачу возврата нефтепродукта в оборот – используется дополнительный модуль, разделяющий собранную эмульсию на продукт, воду и осушенный шлам (так называемый «кекс»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заметным преимуществом Kärcher в сравнении с любой другой фирмой является наличие разветвленной сервисной сети, позволяющей в любом регионе мира оказать квалифицированную техническую поддержку, в том числе в рамках гарантийного обслуживания.

Важной составляющей любого оборудования является его надежность, а для комплексного решения надежность зависит от каждого компонента. Kärcher предпочитает работать с мировыми лидерами в своих отраслях, закупая комплектующие у Parker, Bosch, Festo, StoneAge.

Без должной подготовки весьма непросто решиться на борьбу с такими вязкими продуктами, как мазут или газовый конденсат, к тому же во взрывоопасной зоне и зачастую на сибирском морозе. Уверенность «Керхер» в России базируется на многолетнем опыте в области чистки темных нефтепродуктов на базе технологии высокого давления, так что новаторское немецкое решение создано на прочном российском фундаменте. Среди клиентов «Керхер» есть и не-

большие компании-подрядчики, осуществляющие промышленный клининг, и крупные фирмы, такие как РОСНЕФТЬ, ЛУКОЙЛ, ТРАНСОЙЛ, Первая грузовая компания. Для каждой задачи приходилось подбирать оптимальное соотношение потока, давления, температуры, химии и времени воздействия в полном соответствии с «кругом Зиннера» [8].

Приведем такой пример-сравнение: для очистки внутренней поверхности котла вагона-цистерны от мазута по классической технологии низкого давления вам понадобится 40-минутная промывка горячей водой потоком 30 м³/ч, то есть надо нагреть около 20 м³/ч. Тот же результат достигается технологией высокого давления за 12 минут потоком 15 м³/ч; а нагреть надо менее 3 м³/ч. Итог: мойка быстрее втрое, а воды надо греть в шесть раз меньше [9]!

Помимо экономичности и скорости очистки немаловажную роль играет безопасность. Очевидно, что само присутствие персонала в емкости с нефтепродуктами, потенциально взрыво- и пожароопасными, несет в себе высокие риски (а Россия имеет одни из самых высоких в мире показателей смертей, происходящих из-за пожаров). Основной опасностью является токсичность нефтепродуктов и их паров, приводящая к потере сознания и остановке дыхания у пострадавших. Даже в таких развитых по всем показателям регионах, как Западная Европа и США, каждый год происходят сотни смертей в замкнутых объемах. Лучший способ спасти жизни людей – не допускать их до проведения работ в нефтехранилищах, ограничившись операциями подготовки и сборки оборудования непосредственно возле люка с доступом свежего воздуха. Сами работы должны управляться и контролироваться только дистанционно.

БИЗНЕС-ПОДХОД ШВАБСКИХ ИНЖЕНЕРОВ

Последний, как говорят, по списку, но не по смыслу аспект любого проекта – экономический. Сегодня 90 % рынка услуг реализуется ручным методом в силу высокой стоимости очистки при любой механизации в зоне 0. Kärcher как крупная западная фирма (оборот – более 2,5 миллиарда евро) может не только выпускать технологичные решения по доступным ценам, но и реализовывать проекты с окупаемостью в 3–5 лет, что не под силу большинству российских частных компаний. Бизнес-логика нового решения позволит даже средним фирмам брать дорогой комплекс в аренду на условиях, позволяющих сервис-контрактору остаться в прибыли, качественно и безопасно сделав свою работу.

Литература

1. Исследование рынка очистки РВС в РФ. АТ КОНСАЛТИНГ, 2009–2019.
2. Калагина Ю.М. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли. – Омск: ОмГАУ, 2017.
3. ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
4. Инструкция по зачистке РВС от остатков нефтепродуктов, АО СКБ «Транснефтеавтоматика».
5. РД 153-30.4-078-01 Правила тех. эксплуатации РВС магистральных нефтепроводов и нефтебаз.
6. ГОСТ 31610.10-2012/ИЕС 60079-10:2002. Электрооборудова-

ние для взрывоопасных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон.

7. ТР ТС 012/2011, ГОСТ 31441.1-2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

8. Herbert Sinner. Über das Waschen mit Haushaltwaschmaschinen in welchem Umfang erleichtern Haushaltwaschmaschinen und gerate das Waschehaben im Haushalt // German: Hamburg Haus – Heim-Verl. – 1959.

9. Полосин Р.А. Перспективы развития мобильных систем мойки вагонов-цистерн // Техника железных дорог. – 2020. – №1 (49). – Февраль.