

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ

Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М.

Одной из важных проблем эксплуатации резервуаров является очистка резервуаров.

На днищах резервуаров с течением времени при длительной эксплуатации накапливается осадок, сокращающий полезную емкость и затрудняющий эксплуатацию резервуаров. Осадок по площади распределяется неравномерно, наибольшая его толщина создается в участках, удаленных от приемо-раздаточных патрубков, что не позволяет точно замерять фактическое количество нефти в резервуаре. Со временем осадок уплотняется и в отдельных зонах трудно поддается размыву. Для надежной эксплуатации резервуаров их необходимо периодически очищать от накопившегося осадка.

Периодичность очистки резервуаров с нефтепродуктами устанавливается ГОСТ 1510 – 84 [1], резервуары из-под нефти зачищаются при необходимости: для освобождения от пирофорных отложений, высоковязких осадков, при проведении диагностики резервуара.

Способы очистки резервуаров и емкостей подразделяются на три вида: ручной, механический (механизированный) и механизированный способ очистки с применением моющих средств.

При ручном способе очистки емкость после удаления твердых остатков пропаривают, промывают горячей (30 – 50) °С водой из пожарного ствола при давлении (0,2 – 0,3) МПа. Промывочную воду с оставшимся нефтешламом откачивают насосом.

Механизированный способ очистки танков на танкерах широко применяется в нашей стране и за рубежом. Первые опыты применения механизированной очистки осуществили в 30-х гг. на судах пароходства “Совтанкер”. При механизированном способе очистки загрязнение поверхности отмывают горячей или холодной водой, подаваемой под давлением через специальные моечные машинки – гидромониторы.

Механизированный способ очистки значительно сокращает время очистки, уменьшает простой резервуара, уменьшает объем тяжелых операций, вредных для здоровья человека, и снижает стоимость процесса очистки резервуара.

К недостаткам механизированного способа очистки резервуаров следует отнести большой расход тепловой энергии на подогрев холодной воды,

необходимость откачки загрязненной воды на очистные сооружений, сравнительно большие потери легких фракций из нефтеостатков.

При исследовании влияния гидромеханических параметров струи на эффективность процесса очистки было установлено, что сила ударной струи, взаимодействующей с донными отложениями, имеет оптимальное значение, и не находится в прямой зависимости от диаметра сопла и напора струи моющей жидкости. При достаточно большом давлении в гидромониторе (2,0 – 2,5) МПа возникает “режущий” эффект струи, что снижает эффективность очистки.

Химико-механизированный способ очистки резервуаров с применением растворов моющих средств способствует повышению качества очистки, интенсивности процесса очистки, характеризуется незначительной степенью применения ручного труда. Основными недостатками способа, ограничивающими возможности его практического применения, являются необходимость использования специального реагента и дальнейшая очистка растворов моющих средств от нефтешламов (нефтеостатков).

Современные технические моющие средства (ТМС), используемые при очистке резервуаров, должны удовлетворять следующим основным требованиям: обеспечить в относительно короткие сроки высокое качество очистки поверхности металла; многократно использоваться по системе замкнутого цикла; иметь простую технологию проведения работ при высокой степени автоматизации; быть взрывобезопасными и негорючими в условиях использования; обладать биологической разлагаемостью и нетоксичностью; не вызывать коррозии металла; способствовать регенерации промывочных растворов и утилизации отмытых нефтеостатков; быть экономически и технологически выгодными.

Взрыво- и пожароопасность очищаемого резервуара зависит не только от свойств моющего раствора, но и от свойств нефтеостатков, которые в процессе очистки активизируются и существенно изменяют состав газовой среды, что может привести к опасным концентрациям паров в воздухе. Поэтому целесообразно нефтеостатки разжижать самой нефтью и удалять вместе с ней, что осуществляется на практике, при размыве донных парафинистых осадков.

С применением нефти в качестве моющего средства исключается применение специальных химических реагентов и решается проблема регенерации промывочного раствора и утилизации нефтеостатков путем сбора их в системе транспорта нефти.

При применении нефти в качестве моющего средства в целях пожаро- и взрывоопасности необходимо обеспечить насыщение углеводородов в резервуаре выше предела взрывоопасности и исключить нарушение концентрации за счет поступления (подсоса) воздуха. Известно, что при перемешивании остатков нефти в резервуаре выделяются углеводороды, равновесие газовой смеси смещается в сторону от пределов взрываемости, поэтому при промывке резервуара нефтью выделение углеводородов в газовое пространство гарантирует безопасность работ.

Очистка резервуаров от отложений – опасная и трудоемкая работа, требующая значительных материальных затрат. Даже самый прогрессивный метод зачистки – химико-механизированный не исключает ручной труд и пребывание людей в загазованной зоне внутри резервуара.

В зависимости от конкретных условий (типа, вместимости резервуара, наличия в нем стационарной системы размыва донных отложений, количества и механических свойств твердых нефтеостатков) для очистки резервуара могут применяться различные способы и технологические схемы.

Известен ряд конструкций механических очистных устройств [2], включающих управляемые скребки для очистки днища резервуара и подъемные устройства (средства) для удаления грязевой массы из резервуара. Однако при очистке с помощью этих устройств возникает ряд осложнений: работа подъемных средств часто сопровождается ударами о стенки резервуаров, размыв донного остатка происходит неравномерно, вследствие чего остается неудаленная масса и т.п.

В США предложен способ извлечения донного осадка из резервуаров с нефтепродуктами и последующей обработки извлеченной массы для регенерации некондиционного продукта [2]. Способ предусматривает подключение к резервуару передвижной установки на автоматическом ходу, в состав которой входят насосный агрегат для отсоса из резервуара донного осадка и воды и последующей его зачистки; емкость для обработки донного остатка; подогревательный агрегат, включающий горелку и змеевики; необходимая оснастка (трубы, шланги, задвижки, клапаны и др.). Регенерированный продукт закачивается в товарный резервуар, а вода и твердый остаток сбрасываются в соответствующие емкости.

При очистке резервуаров больших размеров обычно прибегают к подогреву остатков нефтепродуктов, разбавлению их более легкими нефтепродуктами, использованию вакуумного отсоса и т.п. Однако ни один из этих методов не обеспечивает полного удаления остатков тяжелых

нефтепродуктов, и завершающий этап очистки резервуаров обычно заключается в использовании механических скребков. Очень часто с этой целью в корпусе резервуара вырезается проем, через который в резервуар подается ковшовый погрузчик с опрокидывающимся назад ковшом или другое механическое приспособление, используемое для максимально возможного удаления остатков тяжелых нефтепродуктов из резервуара.

Фирмой Nalw Chemical (США) разработана новая технология очистки нефтяных резервуаров, предусматривающая использование растворителя парафина и диспергирующего агента в сочетании с перемешиванием и подогревом водо-грязевого отстоя [2].

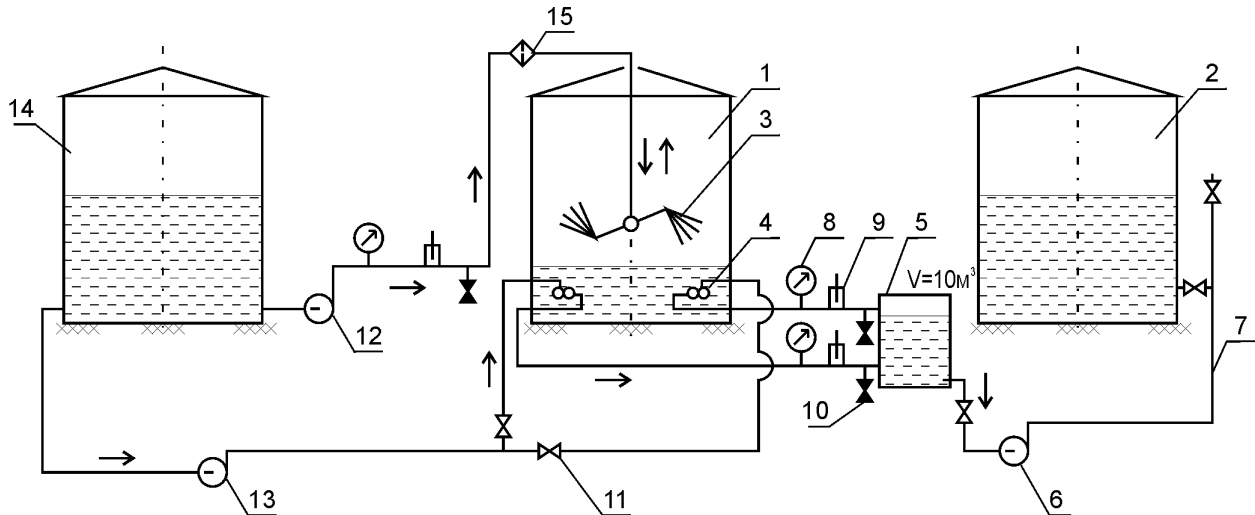
Опыт применения подобной технологии при очистке нефтяных резервуаров больших диаметров свидетельствует о том, что она существенно сокращает затраты времени и труда и, кроме того, позволяет извлекать из отстоя большую часть нефти, что имеет очень важное значение, поскольку углеводородная часть составляет от 60 до 90 % всего осадка.

Разработчики данной технологии приводят примеры эффективности различных вариантов очистки нагретым дистиллятом. При очистке резервуара объемом 23,8 тыс. м³ было переработано 684 т осадка, и полученные продукты дали прибыль около 60 тыс. долларов при затратах на очистку порядка 8 тыс. долларов. В другом случае при очистке резервуаров объемом 22,9 тыс. м³ экономия оценена в 120 тыс. долларов. Аналогичные результаты получены при очистке горячей водой с добавлением поверхностно-активной присадки.

Для резервуаров без стационарной системы размыва отложений с большим количеством остатков и с затруднительным доступом оборудования внутрь резервуара целесообразно использовать гидромониторы с ручным управлением типа ГМ, устанавливаемые на люках-лазах первого пояса резервуара.

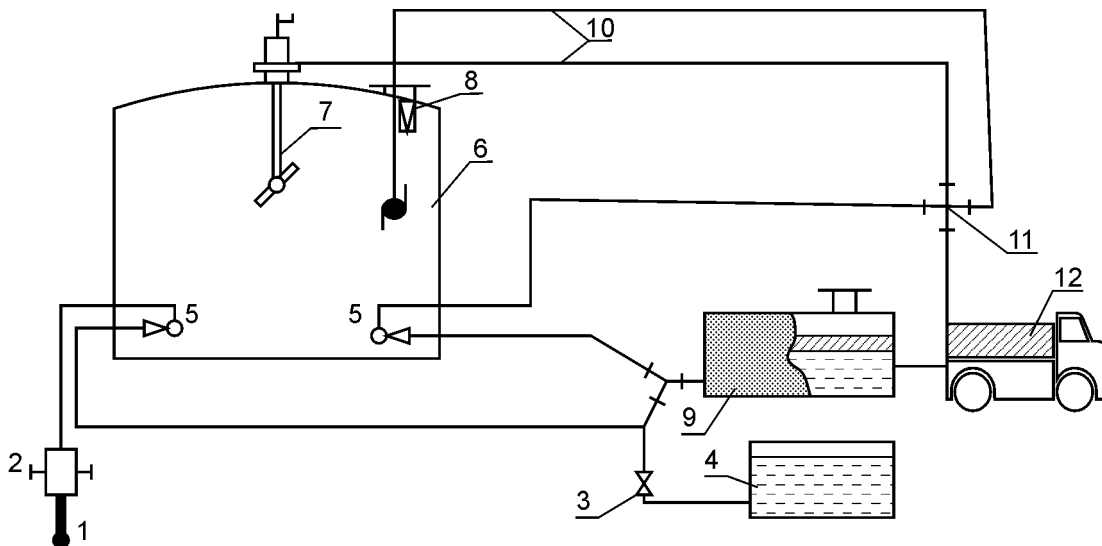
Основным специальным узлом системы мойки является напорно-откачивающий блок, включающий гидромонитор с ручным приводом, смонтированный на фланцевой крышке люка-лаза резервуара и позволяющий изменить направление струи; напорный трубопровод и патрубок для откачки размытого нефтеостатка.

Гидравлические схемы мойки резервуара представлены на рис. 1, 2. Напорно-откачивающие блоки подключаются к коллекторам подачи нефти и откачки размытого нефтеостатка, которые в свою очередь подключаются к приемо-раздаточным трубопроводам резервуара.



1 – резервуар очищаемый; 2 – резервуар-отстойник; 3 – машинка моечная; 4 – гидроэлеватор; 5 – емкость накопительная для откачиваемого гидроэлеваторами осадка; 6 – насос откачивающий; 7 – коллектор; 8 – манометр; 9 – термометр; 10 – вентиль для отбора проб; 11 – задвижка; 12 – насос для закачки нефти в машинку моечную; 13 – насос для закачки нефти к гидроэлеваторам; 14 – резервуар, действующий с нефтью; 15 – фильтр

Рисунок 1- Технологическая схема мойки струей нефти с промежуточной емкостью и закачкой смывок в резервуар



1 – пожарный гидрант (водоем); 2 – мотопомпа; 3 – задвижка; 4 – резервуар отстойник; 5 – эжектор; 6 – резервуар; 7 – моечная машинка ММПУ, моечная машинка ММС – 100; 8 – датчик контроля статического электричества; 9 – РГС-25; 10 – напорные рукава; 11 – трехходовое разветвление РТ-80; 12 – мотонасос

Рисунок 2 - Технологическая схема очистки резервуаров объемом 20000 м³ и более с помощью моечных машинок ММС-100 и ММПУ

Моечное оборудование устанавливают в резервуаре через люки-лазы первого пояса на специальных устройствах, обеспечивающих их устойчивость от действия реактивных струй; его можно также устанавливать на крыше резервуара через световые люки. Размещают моечные машинки в резервуаре так, чтобы расстояние до очищаемых стенок было не более эффективной длины струи, т.е. (8 – 10) м.

Эффективность очистки резервуара можно значительно повысить, если укрепить моечные машинки на специальном поворотном устройстве. Моечные машинки размещают в центре резервуара на вращающихся устройствах с длиной плеча (3 – 5) м. Таким образом, достигается равномерная очистка стенок и днища резервуара за счет вращения устройства. Высота установки моечных машинок составляет (1,5 – 2,0) м от днища резервуара.

Перед началом промывки из газового пространства резервуара газоанализатором отбирают пробы нефти. Концентрация паров нефти в резервуаре должно превышать верхний предел воспламенения не менее чем 2 раза.

Если требуемая концентрация паров нефти в резервуаре не достигнута, то в резервуар через гидромониторы при небольшом давлении (0,1 – 0,2) МПа подают свежую нефть для насыщения газового пространства парами. При необходимости для насыщения газового пространства производится отстой нефти в течение суток.

В процессе отмывки необходимо контролировать давление и температуру нефти в напорной подающей линии (температура нефти должна быть на 20 °С выше ее верхнего предела воспламенения), температуру удаляемых нефтеостатков, а также состав газовой фазы.

Другой способ очистки резервуаров от загрязнений заключается в промывке очищаемого резервуара адсорбентосодержащей эмульсией с последующим ополаскиванием водой. Причем для снижения себестоимости очистки, в качестве адсорбента используют порошкообразный мел. Работы можно производить при любой плюсовой температуре. Меловая эмульсия содержит минимум компонентов, взрывобезопасна, а способ ее приготовления весьма прост [6].

Одной из последних разработок в области очистки резервуаров является устройство Gamajet HV–8 [7]. Устройство Gamajet HV–8 разработано для обеспечения такого же расхода жидкости, что и традиционные большеразмерные очистители резервуаров, но в виде независимой установки меньших размеров. Устройство легче, короче и уже, чем любая другая приводимая в действие жидкостью система с подобными характеристиками течения. Ее компактность и легковесность обеспечивают гибкое управление и маневренность. В дополнение к большому расходу жидкости, необходимому для очистки резервуаров больших

размеров, установка HV-8 в два раза больше воздействует на осадок, чем другие очистители резервуаров. Это гарантирует его полное удаление с каждого квадратного метра поверхности резервуара или технологической емкости. Выбор размеров сопла и статора позволяет изменить расход жидкости, давление и продолжительность цикла промывки.

Применяемые в настоящее время способы очистки резервуаров связаны с промывкой, пропариванием и вентиляцией внутреннего пространства резервуара, а также вывозом твердого остатка (нефтешлама).

За последние годы в нашей стране широко применяются резервуары больших объемов с плавающими крышами. Диаметр резервуара более 60 м, а высота между днищем и плавающей крышей, находящейся во время очистки на опорных стойках в нижнем положении лежит в пределах (1200 – 1800) мм. В пространстве между плавающей крышей и днищем находится большое количество конструкций: опорные стойки, система удаления атмосферных осадков с крыши, предупреждения выпадения осадка из нефти, система подогрева и другое оборудование – все они затрудняют очистку резервуара.

Лабораторией наземного хранения нефти и нефтепродуктов ВНИПИнефти разработаны рекомендации по проектированию установок очистки нефтяных резервуаров емкостью 5 и 50 тыс. м³ с плавающей крышей [8]. Для очистки применяют раствор технического препарата МП – 72, разработанный Институтом океанологии им. П.П. Шершова Академии наук СССР. Препарат МП – 72 хорошо растворяется в морской и пресной воде. Раствор готовят в емкости с водой, куда закачивают препарат. Для растворения его в воде и нагрева раствора до требуемой температуры осуществляют циркуляцию раствора по схеме: емкость для приготовления раствора – центробежный насос-теплообменник – емкость для приготовления раствора.

Далее готовый раствор центробежным насосом через теплообменник подается в очищаемый резервуар. Массовая доля МП – 72 в растворе составляет от 0,1 до 0,2 %, температура раствора 80 °С. Раствор разрушает структуру отложения за счет воздействия температуры, ударной силы, а также эмульгирования размытых углеводородов и превращает их в легкоподвижную массу. При нахождении плавающей крыши на плаву в специально предусмотренные на крыше люки устанавливаются моечные машины, которые подключаются к подающему раствор коллектору. Нефть из резервуара откачивается, пока плавающая крыша не опустится на стойки, далее коллектор гибким шлангом подсоединяется к трубопроводу, подающему раствор от установки. В разработку этого метода очистки положены требования

максимальной механизации процесса очистки, защиты окружающей среды от загрязнений, а также сокращение потерь нефти.

К одному из перспективных методов удаления нефтеотложений относится универсальная передвижная автоматизированная система SUPERMACS (СуперМакс). Система предназначена для очистки резервуаров технологического оборудования с утилизацией нефтешламов.

Одним из вариантов решения проблемы очистки резервуаров является предотвращение накопления осадков.

Наиболее рациональным из всех существующих методов по борьбе с накоплением донных осадков в резервуарах являются гидравлические системы размыва, в частности система, разработанная ВНИИСПТнефть и внедренная в резервуарах многих нефтеперекачивающих станций и нефтебаз. Система состоит из группы веерных сопел, из которых струи нефти распространяются по днищу резервуара, смывают осадок, и затем взвешенный осадок вместе с нефтью откачивается из резервуара. Эта система позволяет исключить трудоемкие периодические зачистки резервуаров, сохранить и перевести в нефть осадок, представляющий собой ценный энергоресурс, увеличивает полезную емкость резервуара и устраняет загрязнение окружающей среды.

Разновидностью этой системы являются системы размыва осадков СР–5000 МН и СР–20000 МН.

Вместо системы веерных кольцевых сопел может применяться также компактная струя с медленно вращающимся соплом, также обеспечивающая высокую эффективность перемешивания осадка с нефтью [3].

Недостатком подобных систем является то, что со временем трубопроводы обвязки разрушаются, подвижные части сопел засоряются, снижая эффективность размыва [5].

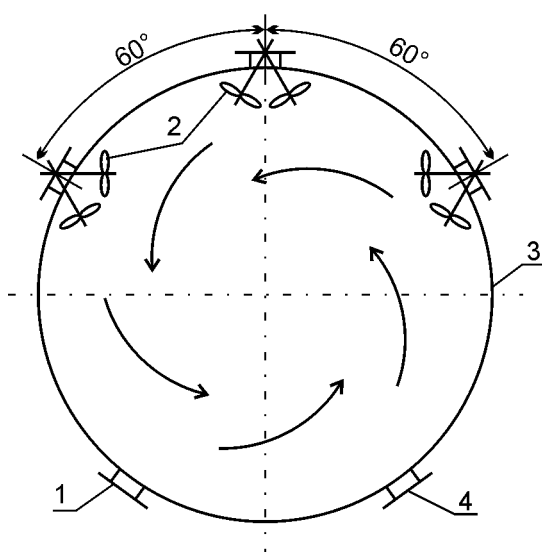
В конце 80-х годов начал применяться другой способ размыва донных отложений, при котором объем нефти внутри резервуара приводится в интенсивное движение с помощью специальных устройств (миксеры, мешалки). Размыв отложений осуществляется подвижной затопленной струей.

Смесительные устройства обычно устанавливают в резервуарах, часто получающих высоковязкую или загрязненную сырую нефть. Их назначение – не допускать образования осадков в нижней зоне резервуара, поддерживая во взвешенном состоянии тяжелые и вязкие компоненты нефти. За рубежом преимущественно применяют винтовые смесители с тремя лопастями. Рекомендуется, чтобы мощность привода смесителей в резервуарах для хранения сырой нефти была не менее 1,5 кВт на 1000 м³ вместимости резервуара.

Винтовые смесители устанавливают под нижним уровнем опускания плавающей крыши резервуара напротив всасывающих и нагнетательных патрубков на угловом расстоянии друг от друга в 60° (рис. 3). Положение вала

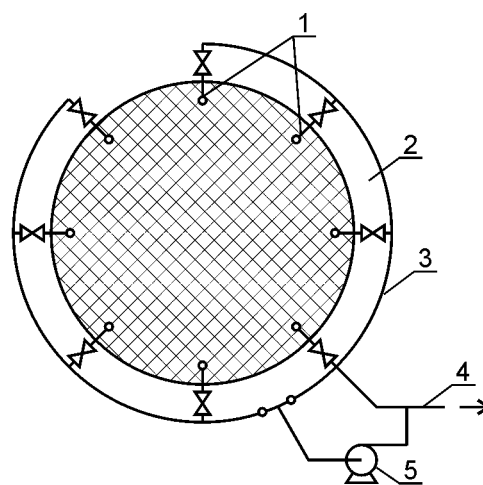
винта смесителя в горизонтальной плоскости может меняться на 30° , что дает возможность улучшить зачистку дна резервуара.

Эффективность смесителей в резервуарах большой вместимости (около 100 тыс. м^3) повышается при сочетании их работы с системой подогрева, когда за счет конвекции продукта, вызываемой теплообменом, улучшается перемешивание. Эффективно также устройство на равном расстоянии друг от друга в нижней части стенки резервуара нескольких отсосов (как это показано на рис. 4), соединенных с откачивающим насосом, который работает во время опорожнения резервуара.



- 1 – наливной патрубок;
- 2 – винтовой смеситель;
- 3 – стенка резервуара;
- 4 – сливной патрубок.

Рисунок 3 - Схема установки в резервуаре винтовых смесителей



- 1 – отсосы;
- 2 – стенка резервуара;
- 3 – обвязка отсосов;
- 4 – отсасывающий трубопровод;
- 5 – откачивающий насос

Рисунок 4 - Схема устройства отсосов в резервуаре

В настоящее время имеется большое количество подобных устройств. Сравнительные технико-экономические показатели отечественных и зарубежных аналогов устройств размыва донных отложений в резервуарах с нефтью приведены в таблице 1. Из отечественных аналогов заслуживает внимания устройство для размыва донных отложений “Диоген”.

Работа подобных устройств не влияет на прочность конструкции плавающего покрытия, в том числе не происходит накопление статического электричества.

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические показатели отечественных и зарубежных аналогов устройств размыва донных отложений в резервуарах с нефтью [5]

Показатели	Модель устройства, фирма-изготовитель				
	Prematechnic 177S20, Prematechnic CmbH (Германия)	Jensen 620VA 25/29, Jensen mixer, inc. (США)	Plenty 28P-8TM25, Plenty mixer CmbH (США)	НХ 63.00.000, “КБ им. академика В.П. Макеева” (Россия)	“Диоген-700” ОАО “Центрсибнефт епровод” (Россия)
Диаметр пропеллера, мм	660	730	700	600	700
Мощность электродвигателя, кВт	20,0	18,5	18,5	22,0	18,5
Привод поворота	ручной	автоматически, непрерывный	автоматический, непрерывный	ручной, дискретный через 10°	автоматический, непрерывный
Допускаемые протечки через торцевое уплотнение, см ³ /ч	нет	нет	нет	50	нет
Способ размыва	перемешивание объема нефти в фиксированных направлениях	сканирующая по всей поверхности днища затопленная направленная длинная струя	сканирующая по всей поверхности днища затопленная широкая, короткая струя	перемешивание объема нефти в шести фиксированных направлениях	сканирующая по всей поверхности днища затопленная направленная струя длиной 45 м
Назначение устройства	предотвращение выпадения осадков, гомогенизация продуктов в резервуаре	предотвращение выпадения осадков, гомогенизация продуктов в резервуаре	размыв накопленных осадков, предотвращение выпадения осадков, гомогенизация продуктов в резервуаре	предотвращение выпадения осадков, гомогенизация продуктов в резервуаре	размыв накопленных осадков, предотвращение выпадения осадков, гомогенизация продуктов в резервуаре
Способ управления процессом размыва	местный, ручной с остановкой для смены положения устройства	дистанционный, автоматический, непрерывный	дистанционный, автоматический, непрерывный	местный, ручной с остановкой для смены положения устройства	дистанционный, автоматический, непрерывный
Сертификат соответствия. Разрешение Госгортехнадзора России на применение и изготовление	нет данных. Разрешение Госгортехнадзора России не выдавалось	№ UA1.012.05264.96 УкрСЕПРО (Украина). Сертификат и разрешение Госгортехнадзора России не выдавались	нет данных. Разрешение Госгортехнадзора России не выдавалось	нет сертификата. Разрешение Госгортехнадзора России не выдавалось	ОССТУ.Н001.В0005 № 35 15939 от 20.11.00 г. (Россия). Разрешение Госгортехнадзора России на применение и изготовление выдано

Стоимость с учетом НДС и таможенных пошлин, тыс. руб.	544,4	704,5	873,5	339,0	554,2
Количество устройств, необходимых для размыва одного РВС-20000	2	2	1	2	1
Стоимость комплекта устройства размыва на один РВС-20000, тыс. руб.	1088,6	1409,0	873,5	678,0	554,2

Наиболее оптимальным является стационарное оснащение каждого резервуара устройствами размыва донных отложений.

Таким образом, проведенный обзор показывает, что очистка резервуара довольно трудоемкий процесс, сопровождается выводом резервуара из эксплуатации на длительный срок. Для предотвращения накопления донных отложений и увеличения продолжительности эксплуатации резервуара между его зачистками рекомендуется оснащение резервуара стационарно установленными системами размыва донных осадков.

Для резервуаров вертикальных стальных наиболее предпочтительными являются смесительные устройства, для железобетонных резервуаров-гидравлическая система размыва (размывающие головки).

Однако накопление осадков не всегда удается предотвратить. В этом случае применяют различные способы очистки. И наиболее эффективным методом очистки является химико-механизированный, заключающийся в использовании растворителя парафина в сочетании с перемешиванием и подогревом осадков. Подобная технология сокращает затраты времени и труда и позволяет извлекать из осадков углеводородную часть.

Литература

1. ГОСТ 1510–84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
2. “Hydrocarbon Processing”, 1980, 1, VOL. 60 № 1.
3. Тюрин Н.А. Устройство, предотвращающее накопление осадков в мазутных резервуарах. – М.: ЦНИИТ Энефтехим. НТРС. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1980, № 4.
4. А.С. 698686 (СССР). Способ очистки резервуаров для хранения горючих продуктов. Управление магистральных нефтепроводов Центр.Сиб. Авт. издательство Р.Л.Бухтаренко. Заяв. 03.03.78 № 2577098. Опубликовано. 28.11.79. Б.И. 1979 № 43.
5. Штин И.В. и др. Технология размыва донных отложений в резервуарах типа РВС. Трубопроводный транспорт нефти. Приложение, 2001, № 12.
6. А.С. 6342415 (СССР). Способ очистки емкостей от загрязнений нефтепродуктами. Авт. изобретательство А.И. Шаханов. Заяв. 19.01.77 № 2445948. Опубликовано. 15.11.78. Б.И. 1978, № 42.
7. Нефтегазовые технологии, 2001, № 5.
8. Драцковский К.М., Евтихин В.Ф., Николаев В.Н. Очистка нефтяного резервуара с плавающей крышей.- М.: ЦНИИТ Энефтехим. НТРС. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1981, № 1.
9. РД 39-30-587-81. Инструкция по эксплуатации системы размыва и предотвращения накопления парафинистого осадка в нефтяных резервуарах.-Уфа: ВНИИСПТнефть, 1981.
10. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод.-М.: Химия, 1984.