

## РАССМОТРЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПО БОРЬБЕ С ОТЛОЖЕНИЯМИ В РЕЗЕРВУАРАХ

Андреева Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Самарский государственный технический университет, Самара, e-mail: andreevalli@mail.ru*

---

### Аннотация (150-250 слов)

Данная статья посвящена анализу актуальных методов по борьбе с накоплением донных отложений в вертикальном стальном резервуаре на нефтяных, нефтехимических и нефтеперерабатывающих базах. В статье подробно рассмотрены наиболее перспективные и эффективные технологии, которые справляются с загрязнением с минимальным вредом как для эксплуатационной среды, так и для внешней среды и людей, которые находятся в непосредственной близости к объекту загрязнения и последующей очистки. Здесь подробно рассмотрены преимущества и ограничения каждого метода, а также их применимость в условиях вертикальных стальных резервуаров. Особое внимание уделяется практическим аспектам использования этих методов, предлагая рекомендации для операторов и инженеров, занимающихся обслуживанием и управлением резервуарами. В статье представлены результаты экспериментов и исследований, поддерживающие эффективность выбранных методов и их применимость в различных условиях эксплуатации.

Из проведенного анализа были отобраны наиболее перспективные и максимально применимые в реальных условиях эксплуатации на опасных производственных площадках нефтяных компаний. Выделяются недостатки и достоинства каждого рассмотренного способа. Путем систематизации результатов исследований предлагается надежный критерий выбора методов для специалистов и операторов, которые стремятся повысить надежность и эффективность мониторинга размыва отложений в резервуарах. Статья выделяет тот факт, что в области анализа размыва отложений в вертикальных стальных резервуарах найти действительно эффективные методы представляется непростой задачей. Однако в данной работе сосредоточено внимание на тщательно отобранных и проверенных методах, которые демонстрируют выдающуюся эффективность.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар, анализ методов размыва, нефть, удаление донных отложений, нефтепровод.

---

## EXPLORATION OF PROMISING METHODS FOR COMBATING DEPOSITS IN TANKS

Andreeva E.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Samara State Technical University, Samara, e-mail: andreevalli@mail.ru*

---

### Аннотация на английском языке (150-250 слов)

This article is devoted to analyzing current methods for addressing the accumulation of bottom deposits in vertical steel tanks at oil, petrochemical, and oil processing bases. The article extensively explores the most promising and effective technologies that manage contamination with minimal harm to both the operational and external environment, as well as to individuals in close proximity to the contamination and subsequent cleaning process. The advantages and limitations of each method, along with their applicability in the conditions of vertical steel tanks, are detailed. Special attention is given to the practical aspects of employing these methods, offering recommendations for operators and engineers involved in the maintenance and management of tanks. The article presents experimental results and research supporting the effectiveness of the selected methods and their applicability in various operating conditions.

From the conducted analysis, the most promising and highly applicable methods for real operating conditions on hazardous production sites of oil companies were selected. The strengths and weaknesses of each method are highlighted. By systematizing research results, a reliable criterion for method selection is proposed for specialists and operators aiming to enhance the reliability and efficiency of monitoring deposit erosion in tanks. The article emphasizes the challenging nature of finding truly effective methods in the field of deposit erosion analysis in vertical

steel tanks. However, the focus of this work is on meticulously selected and verified methods that demonstrate outstanding efficiency.

---

Keywords: Vertical Steel Tank, Analysis of Erosion Methods, Oil, Bottom Deposits Removal, Oil Pipeline.

## **Введение**

В России имеется большая и хорошо развитая система нефтепроводов и большое количество резервуарных парков (РПЗ), хранящих большое количество нефти. Резервуарные парки, предназначенные для хранения нефти и нефтепродуктов, считаются одними из наиболее опасных промышленных объектов как для работников, так и для окружающей среды [2]. Это связано с высоким уровнем опасности, обусловленным большим количеством опасных веществ, присутствующих в технологических процессах. Помимо содержания опасных веществ, также зачастую происходят непредвиденные ситуации, которые могут негативно сказаться на рабочем процессе и повлиять на жизнь и здоровье человека.

Для анализа были выбраны методы с различным способом взаимодействия с накопившемся донным отложением. Это как физическое воздействие, термическое или же кинематическое, которое является наиболее эффективным и связано с взаимодействием струей самой нефти, которая подается под давлением через специальные устройства размыва [1].

## **Цель исследования**

Рассмотреть и проанализировать наиболее эффективные методы, которые в большой степени подходят под транспорт различных сортов нефти и способны наилучшим образом справляться с различной степенью загрязнения нефтяным осадком резервуара.

## **Материал и методы исследования**

Среди оцененных вариантов одним из самых эффективных признана гидравлическая система очистки с использованием веерного сопла. В этой системе струя углеводорода распространяется на дно резервуара, очищает отложения со дна, и затем общая объединённая масса откачивается из резервуара. Эта система устраняет необходимость в трудоемкой периодической очистке резервуара [2]. Система также помогает сохранить и повторно использовать осадок, который является ценным источником энергии, увеличить полезную емкость резервуара и предотвратить загрязнение окружающей среды. Один из вариантов данной системы представлен на рисунке 1. Однако, несмотря на свою эффективность, система имеет ряд серьезных недостатков. Наиболее серьезными проблемами являются быстрый износ трубопроводов и загрязнение движущихся частей оборудования, что в конечном итоге снижает эффективность работы [2]. Самым главным из них является быстрое разрушение обвязки трубопровода и загрязнение подвижных частей устройства, тем самым эффективность снижается [2].

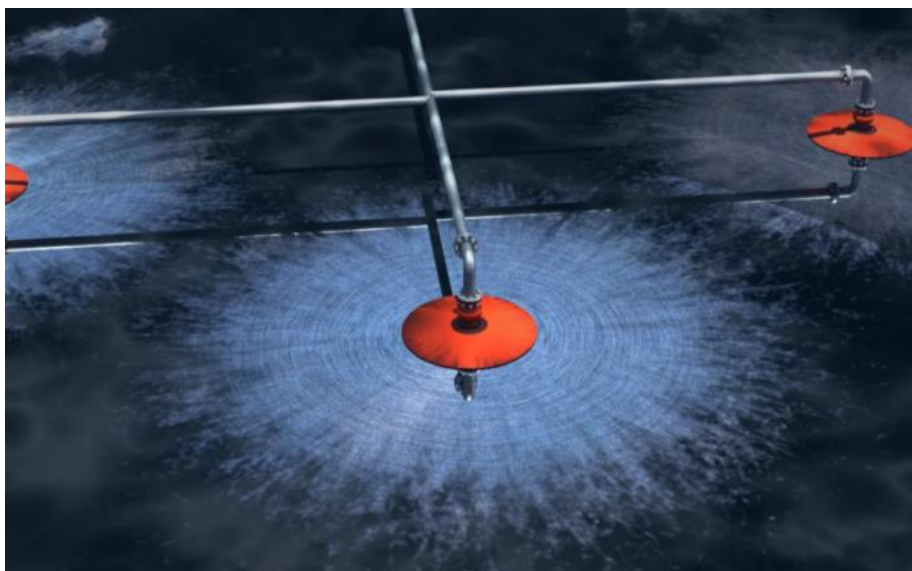


Рисунок 1. Система погружных веерных сопел в резервуаре

Другим же способом борьбы с отложениями является метод очистки от донных отложений резервуаров, в которых разжижаются высокопарафинистые виды нефти, посредством естественной конвекции, возникающей в результате нагрева нефти [3]. Были исследованы различные методы нагрева нефти, включая секционные паровые нагреватели, электрические нагревательные кабели и плоские гибкие электронагреватели. Помимо предложенного метода, основанного на нагреве нефти и естественной конвекции, в данной работе анализируются другие методы предотвращения оседания донных отложений без ликвидации водоема [5].

Исходя из анализа сохранения резервуара в рабочем состоянии и изучения методов подогрева резервуара с использованием пара или электроэнергии в качестве теплоносителя (см. Таблицу 3), можно прийти к заключению, что наиболее эффективным из рассмотренных методов является применение плоских гибких электрических нагревателей для сжижения донных отложений [3].

*Таблица 1*

Сравнительная характеристика методов подогрева резервуара с разными вариантами теплоносителя

№	Параметры	Секционные паровые подогреватели	Электрические нагревательные кабели	Плоские гибкие электрические нагреватели
1	Теплоноситель	водяной пар	электроэнергия	электроэнергия
2	Температура, °С	от-10 до 100	от-50 до 100	от-60 до 130

№	Параметры	Секционные паровые подогреватели	Электрические нагревательные кабеля	Плоские гибкие электрические нагреватели
3	Пожаробезопасность	безопасные	безопасные при целостности изоляции	безопасные
4	Монтаж	сложный	простой	простой
5	КПД, %	60-70	75-80	Не менее 90

Следующим эффективным методом является модернизированное прямо-раздаточное устройство, которое располагается в первом поясе резервуара и в обычном своем функционале выполняет откачивание и закачивание продукта в емкость. В данном случае устройство дополняется направляющими отверстиями откуда под давлением выходит закачиваемый продукт и смывает осадок, расположенный вдоль стенок и у днища резервуара. Размыв происходит за счет кинетической энергии потока подаваемой жидкости, а конкретно в условиях эксплуатации нефтью [4].

В устройстве находится несколько отверстий, и они находятся под разными углами, за счет этого распространение струи жидкости происходит в разные стороны и охватывает хороший радиус днища. Направленные отверстия разделяют общий поток на три части, после этого жидкость закручивается и создается мощная струя с большой скоростью выбороа продукта (все ещё зависит от технологических параметров закачивания нефти, установленных базой эксплуатации). Совокупное применение с подогревом или системой винтовой мешалки достаточно эффективно позволяет избавить резервуар от отложений.

Во время эксплуатации ПРУ в РВС необходимо переводить работу устройства с одного направление на другое, это связано с тем, что проведение работ по одной стороне скопит осадок в противоположной. Все компоненты и запчасти устройства должны быть устойчивы к агрессивной среде эксплуатации и быть защищены от механического повреждения.

Предлагаемое изобретение относится к области хранения нефти и предназначено для использования при транспортировке, хранении и переработке нефти. В рамках предложенного способа хранения нефти создается специальный слой жидкости, известный как гидравлическая подушка, на дне резервуара. Для формирования этого слоя используются многоатомные спирты,

например, глицерин и его производные. Эти жидкости не смешиваются с нефтью и имеют более высокую плотность.

В процессе хранения нефти, жидкость для гидравлической подушки периодически циркулирует через внешнюю систему нагрева. Это создает конвекционные токи в резервуаре вблизи границы раздела фаз нефти, что помогает предотвратить осаждение тяжелых компонентов нефти. Также жидкость для гидравлической подушки регулярно проходит через внешнее фильтрующее устройство, чтобы удалить неорганические примеси. Кроме того, глицерин, который является гигроскопичным агентом, способен поглощать воду с примесями, которая может накапливаться в резервуаре во время хранения нефти.

Таким образом, предложенный способ хранения нефти с использованием гидравлической подушки и соответствующих процессов циркуляции, нагрева и фильтрации помогает поддерживать оптимальные условия хранения нефти и предотвращает негативные последствия, связанные с осаждением тяжелых компонентов и наличием примесей в резервуаре.

### **Заключение**

Все рассмотренные методы выполняют свою функцию и уменьшают объем накопления донного осадка, но по отдельности имеют низкую эффективность и сложность в удалении размытого осадка, имеется несколько слепых зон. Комбинированное применение веерных сопел и гидравлической подушки в поэтапном применении этих двух методов наиболее эффективно справляется с поставленной задачей, количество слепых зон снижается до минимума и тем самым повышается надежность эксплуатации всего резервуарного парка.

### **Список литературы**

1. Мустафин Ф.М., Жданов Р.А., Каравайченко М.Г. и др. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкции и оборудование: учебник для вузов. – СПб.: Недра, 2010. – 480 с.
2. Гималетдинов Г.М., Саттаров Д.М. Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах // Нефтегазовое дело. – 2006. – Т. 1.
3. Мельников З.Г., Коноплев В.Н. Сохранение стабильности свойств добытой нефти при транспортировке за счет размыва донных отложений при помощи плоских гибких электрических нагревателей как один из способов ее обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. №3. – С. 148-158.
4. Хризалид А., Кызас Г. З. Применяемые методы очистки нефтяных остатков из промышленных резервуаров // Международный рецензируемый журнал "Процессы". 2020.
5. Бутов. В.Г. Никульчиков А.В. и др. «Исследование процесса струйного размыва донных отложений в нефтяных резервуарах» // Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. №9. 93-100