

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль
«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов
переработки»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти»

УДК 622.692.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2511	Магомедов Т.Х.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Медведев В.В.	д.ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белозерцева О.В.	к.т.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

Томск – 2016г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка используемой литературы. Работа содержит 91 страницу, 19 рисунков и 8 таблиц. Список используемой литературы содержит 48 источников. В выпускной квалификационной работе принята сквозная нумерация формул и рисунков.

Во введении автором выпускной квалификационной работы правильно и грамотно приведена актуальность данной темы и сформулирована цель работы.

В первом разделе, описываются общие подготовительные работы к размыву и удалению отложений из резервуаров, очень содержательно приводится состав донных отложений применительно к резервуарам товарной нефти.

Во втором и третьем разделах, посвященных сравнению методов размыва отложений и очистки резервуаров, представлены результаты структурирования, анализа и сравнения рассмотренных методов, применительно к Российским условиям эксплуатации. Исследуемые методы подробно описаны, и сопровождаются наглядными схемами и рисунками.

В четвертом разделе рассмотрены методы предотвращения накопления осадков. Стоит отметить, что помимо известных и широко применяемых в настоящее время методов, в работе рассматриваются перспективные и более эффективные способы размыва отложений.

Пятый раздел посвящен вопросам социальной ответственности.

Шестой раздел посвящен финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению.

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Аргументация	Лист.	Лист	Листов	
Разраб.		Магомедов							
Руковод.		Медведев					3	88	
Консульт.						ТГУ гр.3-2511			
Зав. Каф.		Рудаченко							

Abstract

Final qualifying work consists of introduction, five divisions, conclusion, list of the used literature. Work contains a 91 page, 19 pictures and 8 tables. The list of the used literature contains 48 sources. Through numeration of formulas and pictures is accepted in final qualifying work.

In introduction by the author of final qualifying work correctly and actuality over of this theme is correctly brought and the aim of work is set forth.

In the first division, general first-minings are described to washing away and moving away of sedimentations from reservoirs, composition over of the ground sedimentations is very richly in content brought as it applies to the reservoirs of commodity oil.

In the second and third the divisions sanctified to comparison of methods of washing away of sedimentations and cleaning of reservoirs, the results of структурирования, analysis and comparison of the considered methods are presented, as it applies to the Russian external environments. The investigated methods in detail are described, and accompanied by evident charts and pictures.

The methods of prevention of accumulation of fallouts are considered in a fourth division. It is needed to mark that besides well-known and widely applied presently methods, the perspective and more effective methods of washing away of sedimentations are in-process examined.

A fifth division is sanctified to the questions of social responsibility.

A sixth division is sanctified to the financial management.

					Abstract	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	8
1.1 Структура парафинистого осадка	9
1.2 Расчет времени опорожнения резервуара	10
1.3 Подготовка резервуара к размыву и удалению донных отложений	12
2. СПОСОБЫ РАЗМЫВА И УДАЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ	13
2.1 Размыв и перемешивание отложений струей воды под давлением	14
2.2 Размыв отложений нефтью	15
2.3 Химико-механизированный способ очистки с применением моющих средств	16
2.3.1 Требования к современным техническим моющим средствам	17
2.4 Разжижение и перемешивание с помощью теплоносителя	18
2.5 Способы извлечения донного осадка из резервуаров	19
3. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ БОЛЬШИХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РОССИИ	26
3.1 Ручная очистка резервуаров	26
3.2 Установка МКО-1000	27
3.3 Технологический комплекс «Техноспас»	28
3.4 Система БЛАБО от компании «Ореко»	29
3.5 Комплекс МегаМАКС производства компании «КМТ Интернешнл»	30
4. МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОСАДКОВ	33
4.1 Электромеханические мешалки типа «Тайфун»	38
4.2 Электромеханические мешалки типа «Диоген»	45
4.2.1 Операции технологического процесса по размыву и удалению донных отложений из резервуаров	49
4.3 Система пригруженных веерных кольцевых сопел типа СПВК-100М.	53

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Магомедов				Оглавление	Лит.	Лист
Руковод.	Медведев						Листов
Консульт.							
Зав. Каф.	Рудаченко						
						4	88
						ТПУ гр.3-2Б11	

4.4 Струйный гидравлический смеситель (СГС).....	53
4.5 Приемо-раздаточное устройство с направляющими конфузорами	58
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	61
5.1 Производственная безопасность	62
5.1.2 Расчет высоты обваловывания резервуарного парка нефти.....	66
5.1.3 Оборудование для безопасной эксплуатации резервуаров	69
5.2 Экологическая безопасность.....	75
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	76
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	77
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	79
6.1 Анализ затрат и преимуществ	79
6.2 Расчет затрат необходимых для механической очистки отложений парафино-смолистых веществ.....	82
6.3 Расчет затрат необходимых для химической очистки отложений парафино-смолистых веществ.....	83
6.4 Сравнение затрат на очистку от отложений парафино-смолистых веществ.....	85
Заключение.....	87
Список использованных источников.....	88

Введение

В процессе хранения парафинистых нефтей в резервуарных емкостях, особенно в емкостях большого объема, происходит образование и накопление донных отложений. Наличие на днищах осадков приводит к недоиспользованию емкости нефтяных резервуаров, а также к возникновению коррозионно-опасных водяных линз под осадком, к затруднению в обследовании состояния резервуара и т.д. Кроме снижения полезного объема резервуара, накопление донных отложений ведет к осложнению процесса эксплуатации резервуаров, к увеличению материальных затрат в системе транспорта и хранения, а в итоге к снижению технико-экономических показателей работы нефтяных резервуаров и транспортной системы в целом. Для повышения эффективности использования резервуарных емкостей необходимо сохранение полезного объема нефтяных резервуаров.

На практике применяются различные комбинации способов борьбы с донными и пиррофорными отложениями для достижения наибольшего технологического и экономического эффекта. Разнообразие таких методов и их комбинаций свидетельствует об актуальности данной проблемы, поэтому изучение и разработка новых методов по решению данной проблемы **является перспективным и актуальным направлением.**

Целью данной работы является проведение анализа современных технологий размыва, очистки и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти, а также выбор наиболее оптимальных методов предотвращения накоплений донных отложений, и их удаления.

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Магомедов			Введение			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Медведев								6	88
Консульт.								ТПУ гр.3-2Б11			
Зав. Каф.		Рудаченко									

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) провести литературный обзор существующих методов размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти;
- 2) сравнить существующие методы размыва донных отложений;
- 3) предложить наиболее оптимальный и экономически выгодный метод, позволяющий предотвратить накопление донных отложений.

					Введение	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Общие положения

Работы по удалению из резервуаров донных отложений и его очистке должны включать:

- подготовку и инструктаж персонала, участвующего в размыве и удалении донных отложений, назначение ответственного лица за производство работ, оформление наряд допуска;
- разработку проекта организации работ (ППР);
- подготовительные работы - откачка нефти из резервуара, монтаж оборудования для размыва;
- контроль готовности резервуара к размыву и удалению донных отложений;
- план размещения оборудования с привязкой к объектам резервуарного парка и очищаемому резервуару;
- технологическую схему с указанием задвижек участвующих в технологическом процессе;
- последовательность технологических операций с указанием необходимых режимных параметров для этих операций;
- перечень и порядок работы грузоподъемных машин и механизмов, транспортных средств, используемых для монтажа и перевозки оборудования;
- меры техники безопасности и пожарной безопасности.

Проект производства работ утверждается главным инженером РНУ.

Ответственность за пожарную безопасность при использовании технологического процесса по размыву и удалению донных отложений из нефтяных резервуаров возлагается на руководителя этих работ назначенного приказом [1].

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Магомедов			Общие положения	Лит.	Лист
Руковод.		Медведев					8
Консульт.							88
Зав. Каф.		Рудаченко				ТПУ гр.3-2Б11	

1.1 Структура парафинистого осадка

Для того, чтобы выработать комплекс мер и методов борьбы с данными видами отложений, необходимо в качестве отправной точки исследовать состав донных отложений. Донные (шламовые) отложения могут иметь достаточно разнородный состав, а именно:

- механические включения;
- химический состав – тяжелые углеводороды (парафины, асфальтены, масла);
- вода;
- соли, сернистые соединения.

Донные парафинистые отложения в резервуарах могут быть по своей структуре рыхлыми и уплотненными. Рыхлые резервуарные осадки - это осадки, которые накапливаются в течение непродолжительного времени и представляют собой осевшие частицы смоло-парафиновой взвеси, непрочно слипшиеся друг с другом с включениями дисперсной среды (нефти). Они по составу и свойствам близки к нефти, из которой они образовались. Уплотненные резервуарные осадки - это слежавшиеся смоло-парафиновые осадки с плотной компактной структурой, подвергшиеся процессу старения, которые накапливаются в процессе длительной эксплуатации резервуаров. Они характеризуются повышенным содержанием парафина, асфальто-смолистых веществ, воды и мехпримесей в сравнении с нефтью, из которой они образовались. В процессе длительного накопления парафинистого осадка наблюдается изменение его структуры и переход рыхлого осадка в уплотненный, время размыва которого до 5-6 раз превышает время взвешивания рыхлого осадка равной высоты [2].

					Общие положения	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Расчет времени опорожнения резервуара

Одной из причин, снижающих эффективность работы трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, насосного оборудования, крупногабаритных резервуаров, является значительная шероховатость поверхностей проточных каналов, определяющая их высокое сопротивление и, как результат этого, существенные энергозатраты на транспортирование нефти и нефтепродуктов. Характерной причиной снижающей эффективность работы различных видов оборудования и сооружений в процессе эксплуатации является образование значительных отложений твердых веществ (парафинов, минеральных солей и др.) на поверхностях проточных каналов, контактирующих с транспортируемым потоком жидкости, что приводит к уменьшению их проходного сечения и, как следствие этого, к снижению пропускной способности.

Чтобы показать степень влияния отложений на эффективность работы резервуара, найдем отношение потерь напора на трение в запарафиненном патрубке к потерям в патрубке без отложений, а также время опорожнения резервуара при запарафинивании:

Для расчета потерь напора на трение используем формулу Дарси-Вейсбаха:

$$h_{TP} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{W^2}{2g}, \quad \text{м} \quad (1)$$

где h_{TP} – потеря напора на преодоление трения по длине трубопровода круглого сечения при любом установившемся режиме течения; λ – коэффициент гидравлического сопротивления, который зависит от числа Рейнольдса (Re) и относительной шероховатости стенки трубопровода; L – длина трубопровода, м; d – внутренний диаметр, м; w – средняя скорость, м/с; g – ускорение силы тяжести: 9,81 м/с².

Примем, что в обоих патрубках установлен ламинарный режим течения:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{Re_1}{Re_2} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{W_2^2}{W_1^2}. \quad (2)$$

Пусть диаметр патрубка изменился на 5%

$$d_2 = 0,95d_1 \quad (3)$$

Скорость потока жидкости в приемо-раздаточном патрубке:

$$W_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{Q}{0,785 \cdot d_1^2} \quad (4)$$

$$W_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{Q}{0,785 \cdot d_2^2} = \frac{Q}{0,785 \cdot 0,95^2 d_1^2} \quad (5)$$

					Общие положения	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Параметр Рейнольдса:

$$\text{Re}_1 = \frac{W_1 \cdot d_1}{\nu} \quad \text{Re}_2 = \frac{W_2 \cdot d_2}{\nu} \quad (6)$$

Если установлен ламинарный режим для обоих трубопроводов, то:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\text{Re}_1}{\text{Re}_2} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{W_2^2}{W_1^2} = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{d_1^4}{(0,95d_1)^4} = \frac{1}{0,95^4} = 1,23 \quad (7)$$

При истечении жидкости при переменном напоре часто требуется определить время для наполнения или опорожнения резервуара.

В общем случае, когда резервуар имеет произвольные очертания, время опорожнения t резервуара может быть определено методами численного интегрирования выражения

$$t = \int_{H_2}^{H_1} \frac{\Omega dh}{\mu \omega \sqrt{2gh} - Q_n}, \quad (8)$$

где Ω – площадь горизонтального сечения резервуара;

dh – изменение уровня жидкости в резервуаре за бесконечно малый промежуток времени dt ;

h – текущее значение уровня жидкости в резервуаре;

H_1, H_2 – уровень жидкости в резервуаре соответственно в начальный и конечный моменты времени;

Q_n – расход жидкости, поступающий в резервуар.

Также, время может быть определено по формуле:

$$t_i = \frac{2SH}{\mu f \sqrt{2gH}}. \quad (9)$$

Рассчитаем изменение времени опорожнения резервуара:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{1}{0,95^2} = 1,11. \quad (10)$$

Таким образом, расчеты показывают, что при уменьшении диаметра патрубка на 5%, напор увеличился на 23%, а время опорожнения резервуара увеличится на 11%.

1.3 Подготовка резервуара к размыву и удалению донных отложений

Подготовленный резервуар должен быть: герметичен по всему корпусу; проверен на исправность дыхательных и предохранительных клапанов; проверен на исправность технологических задвижек; проверен на отсутствие течи на технологических трубопроводах и приемо-раздаточных патрубках.

Перед началом размыва и удаления донных осадков из резервуара необходимо замерить толщину (высоту) донных отложений через замерные люки установленные на крыше резервуара.

По замеренным значениям высоты донного осадка в различных точках определить среднеарифметическое значение высоты и общий объем донного осадка на днище очищаемого резервуара. При подготовке резервуара к монтажу устройств необходимо выполнить следующее:

Откачать нефть из резервуара ниже уровня нижней образующей люка-лаза. Вскрыть люк-лаз. При демонтаже крышки люка-лаза резервуара, для обеспечения безопасности работ, должны быть установлены осевые вентиляторы, обеспечивающие приток чистого воздуха и вытеснение загазованной среды из зоны производства работ. Рабочие, находящиеся в непосредственной близости с люком-лазом, должны быть снабжены шланговыми противогазами или автономными системами воздухообеспечения. Освободить от донного осадка пространство возле люка-лаза достаточное для нормальной работы устройства “Диоген”. Свободная зона от уплотненных (твердых и консистентных) донных осадков должна быть радиусом не менее 1.5 метров от центра крышки люка-лаза нефтяного резервуара и глубиной от нижней образующей люка-лаза не менее 0.3 метра. Произвести разметку и доработку крышки люка-лаза в соответствии с рекомендациями эксплуатационной документацией на устройство.

					Общие положения	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах

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 [6].

Нужно различать операции, проводимые с осадком в резервуаре и операции, осуществляемые с осадком после его изъятия из резервуара. Существует множество технологических и аппаратных решений для сепарации, переработки, очистки и утилизации осадков; это оборудование и технологии дороги и энергоемки и предназначены, по сути дела, для выполнения вспомогательных функций, не принципиальных для решения основной задачи – как можно быстрее подготовить резервуар к проведению ремонтных работ. В то же время, наиболее существенная в этом плане часть технологического цикла – разжижение и изъятие из резервуара отложений - представлена на сегодняшний момент весьма ограниченным количеством технических решений. Наиболее длительным, трудоемким и опасным является процесс подготовки отложений к откачке. Эта часть технологического процесса обуславливает специфичность той или иной технологии.

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Магомедов			Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Медведев					13	88
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б11		
Зав. Каф.		Рудаченко						

2.1 Размыв и перемешивание отложений струей воды под давлением

При данном 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. В воду могут быть добавлены поверхностно-активные вещества (ПАВ), другие растворимые в воде вещества. Размыв водой – наиболее дешевый и относительно быстрый способ подготовки отложений к изъятию из резервуара. Для такого размыва могут быть применены автономные размывающие головки, которые можно установить в резервуаре. Но опыт показывает, что закрепление таких устройств в резервуаре в условиях затемненности, многократного превышения уровня взрывоопасных концентраций паров углеводородов (работа в изолирующих противогазах), на фоне высокого уровня осадка (невозможность свободного перемещения в полости), отсутствия специальных крепежных устройств внутри резервуара (невозможность надежно закрепить устройство, работающее под давлением) – практически невозможно. Кроме того, уровни осадков зачастую делают невозможным вскрытие люков и технологических отверстий. Поэтому на практике автоматизированный (без присутствия людей в полости резервуара) размыв водой не применяется. Наибольшее применение нашел способ размыва отложений с помощью ручных мониторов (типа брандспойт). Работники входят в резервуар и струей воды размывают отложения, откачивая суспензию на разделение, переработку и утилизацию (а во многих случаях – просто на захоронение).

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

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 сооружения, 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.

Механизированный способ удаления отложений с помощью ручного размыва водой нашел применение в технологии очистки резервуаров фирмы «SUPERMAX».

2.2 Размыв отложений нефтью

Размыв отложений нефтью (нефтепродуктами) – одно из исторически первых решений, примененных при очистке резервуаров. Разработаны различные варианты применения этой технологии. Общая черта - размыв осуществляется в закрытом резервуаре. Первый и второй вариант. В резервуар вводятся размывающие мониторы и закрепляются там. Резервуар плотно закрывают и подают нагретую нефть на мониторы под давлением. В первом варианте струи нефти направляются вращающимися мониторами на отложения, разбивают их, растворяют и перемешивают. Смесь нефти и отложений откачивается из резервуара либо на блок центрифуг для удаления механических примесей, «структурной» воды, тяжелых углеводородов (направляемых затем на утилизацию), а очищенная нефть дополнительно разогревается и вновь направляется на размыв отложений. Так как струи нефти, под давлением бьющие в отложения и конструкции резервуара,

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вызывают увеличение статического электричества и его потенциала, а также вызывают значительные нагрузки на конструктивные элементы (что недопустимо при очистке ветхих резервуаров, в том числе мазутных и нефтяных), применяется второй вариант, где струи нефти под давлением направляются под уровень отложений, насыщая их, перемешивая и растворяя. Такой способ требует создания очень высокого давления нефти, а также размещения нескольких мониторов, что не всегда возможно. К недостаткам данного решения можно отнести все то, что сказано выше о механизированном размыве водой. Кроме того, данный способ требует очень высокой степени надежности оборудования, трубопроводов, специальных средств контроля статического электричества, непрерывного мониторинга концентрации паров углеводородов в полости резервуара, высокого уровня ответственности и компетентности персонала организации, выполняющей очистку. К недостаткам может также быть отнесена высокая стоимость блоков центрифуг, обеспечивающих отделение тяжелых углеводородов и мехпримесей от промывочной нефти, а также высокое энергопотребление.

Третий вариант. Нашел отражение в технологии, разработанной фирмой «Alfa Laval». Ее отличие заключается в том, что монитор располагается под верхним центральным люком резервуара. Нефть подается при нормальном давлении и при ее подаче происходит не размыв, а смыв отложений падающими струями. Это обстоятельство снимает некоторые недостатки предыдущих двух вариантов (в том числе и по размещению размывающих систем), но остается проблемы дороговизны сепарации (стоимость комплекта оборудованию –2-3 миллиона долларов) и высокого энергопотребления.

2.3 Химико-механизированный способ очистки с применением моющих средств

Химико-механизированный способ очистки резервуаров с применением растворов моющих средств способствует повышению качества очистки, интенсивности процесса очистки, характеризуется незначительной степенью

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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).

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.

Технология разогрева и перемешивания отложений с помощью теплоносителя (пар, печной газ), может осуществляться как внутри резервуара, так и во внешних теплообменниках различных конфигураций, разработанная и применяемая ООО «ПКП РЕМОС». Фирмой Nalw (Nalco) Chemical (США) разработана новая технология очистки нефтяных резервуаров, предусматривающая использование растворителя парафина и диспергирующего агента в сочетании с перемешиванием и подогревом водогрязевого отстоя. Суть его в том, что в объем отложений вводится растворитель, разжижающий осадок и придающий ему текучесть. У этого метода множество достоинств. Недостаток – дороговизна и необходимость использования промежуточного резервуара в качестве отстойника, а также необходимость специальной переработки суспензии. Кроме того, для эффективного разжижения объема отложений необходим сопоставимый с ним объем растворителя. В России этот способ не нашел широкого применения в связи: с дороговизной реагента, необходимостью отделения и утилизации реагента, большими объемами осадка и, соответственно, большими объемами реагента, удаленностью объектов производства работ от НПЗ и ж/д путей.

2.3.1 Требования к современным техническим моющим средствам

Современные технические моющие средства (ТМС), используемые при очистке резервуаров, должны удовлетворять следующим основным

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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. 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.

2.4 Разжижение и перемешивание с помощью теплоносителя

В основе этого метода лежит идея осуществлять предварительную сепарацию отложений внутри нефтяного резервуара, избегая затрат на дорогостоящие сепараторы (полнообъемная сепарация осадка). В резервуар через верхние люки под уровень отложений вводятся мониторы - открытые

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

теплообменники пар-жидкость оригинальной конструкции и крепятся на фланцах этих люков. На мониторы подается насыщенный водяной пар, с помощью которого происходит разогрев (разжижение) и перемешивание отложений. Одновременно паровой конденсат, скапливаясь, формирует буферный слой. После разогрева и перемешивания отложений, их отстаивают, в результате чего происходит выпадение механических примесей на дно резервуара. С помощью сифонного поворотного крана верхний слой (разогретый парафин) откачивается в технологический трубопровод со скоростью, регламентированной количеством прокачиваемой товарной нефти и расчетами изменения ее качества при добавлении разжиженных парафинов. При необходимости данная фракция может направляться на переработку или обессоливание и обезвоживание с использованием специализированного оборудования ООО «ПКП РЕМОС» После удаления верхнего слоя, из резервуара откачивается вода, фильтруется и после проведения соответствующих анализов – сбрасывается в техническую канализацию. Резервуар дегазируется, в него входят люди и осуществляют сбор выпавшего шлама, состоящего из механических примесей, асфальтов, смол и т.д. Шлам пакуются и обезвреживается в специальной высокотемпературной печи.

2.5 Способы извлечения донного осадка из резервуаров

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

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

резервуаров, размыв донного остатка происходит неравномерно, вследствие чего остается не удаленная масса и т.п.

В США предложен способ извлечения донного осадка из резервуаров с нефтепродуктами и последующей обработки извлеченной массы для регенерации некондиционного продукта. 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 [11].

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

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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. 2.1, 2.2. Напорно-откачивающие блоки подключаются к коллекторам подачи нефти и откачки размытого нефтеостатка, которые в свою очередь подключаются к приемо-раздаточным трубопроводам резервуара.

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

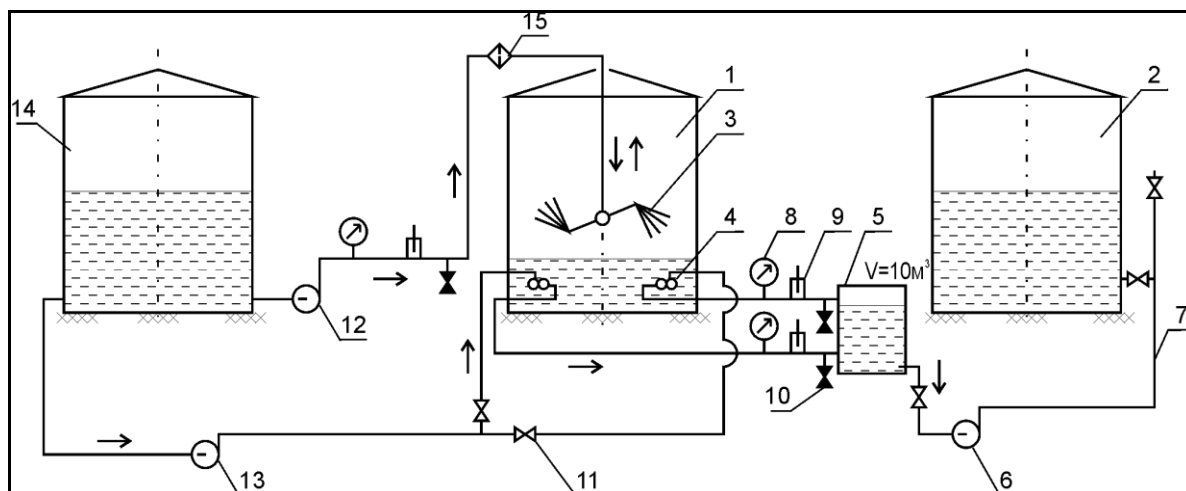


Рисунок 2.1 – Технологическая схема мойки струей нефти

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

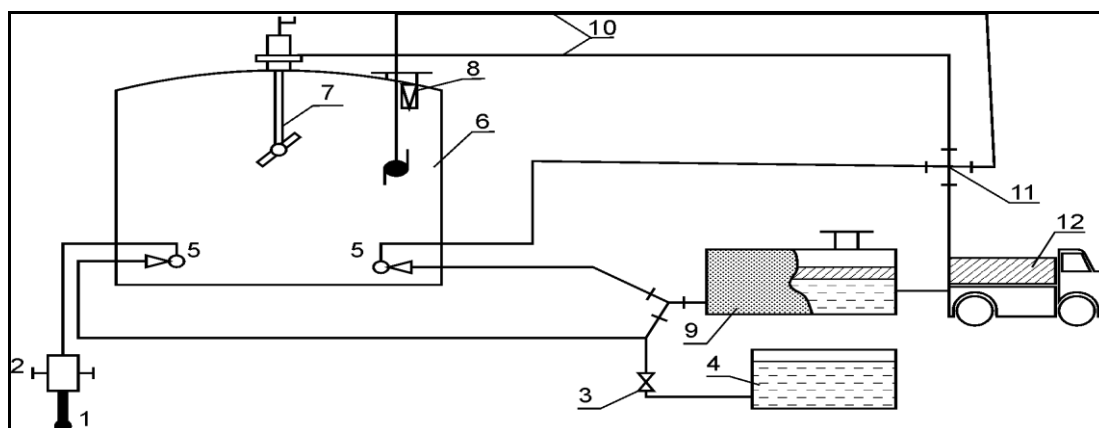


Рисунок 2.2 - Технологическая схема очистки резервуаров объемом 20000 м³ и более с помощью моечных машинок ММС100 и ММПУ

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.

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

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. Концентрация паров нефти в резервуаре должна 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

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

содержит минимум компонентов, взрывобезопасна, а способ ее приготовления весьма прост[10].

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

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 углеводов 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.

					Способы размыва и удаления донных отложений в резервуарах	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Методы очистки больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, используемые в России

3.1 Ручная очистка резервуаров

К сожалению, по-прежнему является самым распространенным на территории России и СНГ. Разжижение шлама, его откачка в емкости и удаление твердых остатков производится вручную (рисунок 3.1). В буквальном смысле — с помощью лопат и носилок образца 1812 года. Такая очистка резервуаров не предусматривает возврата углеводородов заказчику, т.к. вручную их невозможно отделить от воды и мехпримесей — в этом случае шлам просто перевозится на полигон, что приводит к постоянному росту объема нефтешламов.



Рисунок 3.1 - Ручная очистка резервуаров

Плюсы технологии: минимальные стартовые затраты. Минусы технологии: большие сроки зачистки резервуаров приводят к большим финансовым потерям из-за простоя; «перевалка» шлама из резервуара в амбар; работа с риском для жизни людей.

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Магомедов				Методы очистки больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов используемые в России	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Медведев						26	88
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б11		
Зав. Каф.	Рудаченко							

3.2 Установка МКО-1000 (Мобильный комплекс очистной)

Установки производятся компанией «Чистый Мир М» и являются на сегодняшний день наиболее распространенными установками российского производства. Как правило, изготавливаются на базе 20- и 40-футовых стандартных морских контейнеров (рисунок 3.2). Состоят из 3 технических сегментов — емкости технически моющего средства, машинного отделения и емкости под отмытую эмульсию.

План работ на МКО-1000 предусматривает после «вскрытия» резервуара откачку жидкой фазы, после чего моющее средство подается для размывания твердых остатков со дна резервуара. Далее очистка резервуаров предусматривает перенос невыбираемого остатка со дна. Размытый моющим средством осадок со дна резервуаров подается на гидроциклон, установленный внутри комплекса МКО-1000. С помощью гидроциклона из эмульсии выделяются механические примеси, сбрасываемые в технологическую емкость, а смесь углеводородов с моющим раствором разделяются гравитационным методом, после чего углеводороды могут быть возвращены заказчику.



Рисунок 3.2 - Установка МКО-1000

Комплекс энергозависим — требует подключения электроэнергии и при работе в холодное время года или на тяжелых донных осадках — нагрева моющего средства. Поставляется в комплекте с моющими головками, создающими моющую «сферу» диаметром до 24 метров.

					Методы очистки больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, используемых в России	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Плюсы технологии: низкая стоимость комплекса; возможность установки контейнеров на шасси контейнеровоза; полностью российские комплектующие.

Минусы технологии: гидроциклоны и гравитация не в состоянии качественно разделить выбираемые донные остатки и обеспечить качественное отделение нефтепродуктов; установка энергозависима; перекачивающие насосы не в состоянии полностью «поднять» все остатки шламов со дна резервуара, поэтому очистка резервуаров требует дополнительного ручного труда.

3.3 Технологический комплекс «Техноспас»

Установка практически полностью совпадает с принципом работы установки МКО-1000. Так же собирается на базе 20- и 40-футовых контейнеров. По информации производителя, установка комплектуется приборами газового контроля для предотвращения опасности воспламенения или взрыва, а также вентилятором для принудительной дегазации.

Установка для очистки резервуаров комплектуется импортными мембранными насосами с большим ресурсом работы.

Поставляется также в комплекте с ручными шанцевым инструментом. В качестве дополнительной опции может быть укомплектована собственное транспортабельной котельной, также возможен нагрев электротэнами.

Плюсы технологии: низкая стоимость комплекса; возможность установки контейнеров на шасси контейнеровоза; рукава и шланги перевозятся в специально приспособленных желобах внутри установки.

Минусы технологии: гидроциклоны и гравитация не в состоянии качественно разделить выбираемые донные остатки и обеспечить качественное отделение нефтепродуктов; установка энергозависима; перекачивающие насосы не в состоянии полностью «поднять» все остатки шламов со дна резервуара, что требует дополнительного ручного труда.

					Методы очистки больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, находящихся в России	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.4 Система БЛАБО от компании «Ореко»

Одна из лучших, но при этом самых сложных систем импортного производства. Состоит из 4 (и более) 20-футовых контейнеров, выгружаемых рядом с резервуаром заказчика (рисунок 3.3).

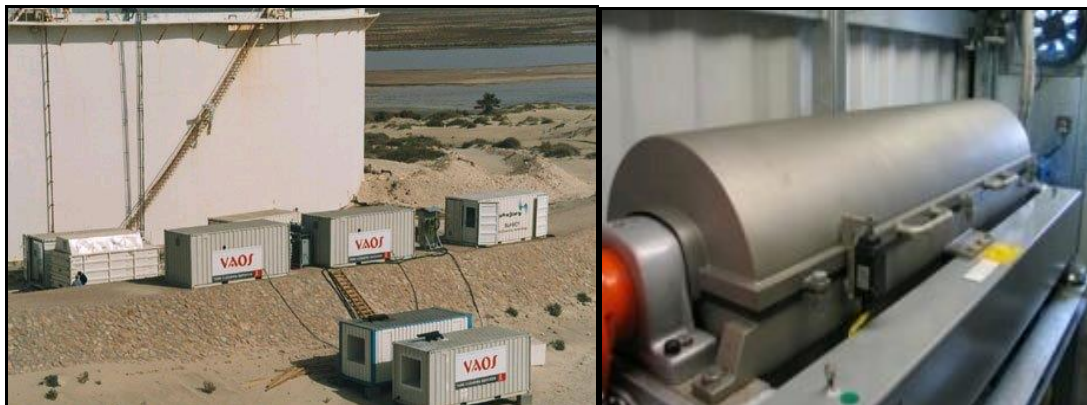


Рисунок 3.3 - Система БЛАБО

Для работы на резервуаре требуется прорезание определенного количества отверстий в крышке резервуара, в которые устанавливаются моющие головки, обеспечивающие 100% покрытие площади резервуара.

Установка оснащается мощным 2-фазным декантером, обеспечивающим высококачественное отделение твердой фазы, после чего углеводороды отделяются от воды и моющего раствора с помощью центробежного сепаратора. За счет этого обеспечивается качество разделения, недостижимое российским аналогам — из установки выходит сухой шлам, вода/моющий раствор и углеводороды, которые передаются заказчику. Установка полностью автоматизирована, качество отмывки находится на крайне высоком уровне.

Плюсы технологии: очень высокое качество очистки резервуаров; очень высокое качество очистки углеводородов, воды и мехпримесей.

Минусы технологии: сложный монтаж с необходимостью прорезания отверстий в крышке резервуара; энергозависимость; очень высокая стоимость.

					Методы очистки больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, используемых в России	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3.5 Комплекс МегаМАКС производства компании «КМТ Интернешнл»

Данная установка неофициально именуется как «убийца шламов» и имеет полное право так называться — она мобильна, очень быстро разворачивается и сворачивается, с огромной скоростью производит очистку резервуаров и полностью независима от возможностей заказчика. Ей не нужно электричество, горячая вода и пар.

Установка (рисунок 3.4) смонтирована на 2 трейлерах уникальной конструкции, примерно соответствующих размеру 40-футового контейнера. При этом она скомпонована таким образом, что задействовано даже свободное пространство между осями полуприцепа.



Рисунок 3.4 - Установка MegaMACS

Шлам на установках MegaMACS разделяется в несколько этапов. Сперва откачиваемый шлам проходит через вибросепаратор, специально сконструированный для данной установки. Далее очистка резервуаров предполагает поступление шлама в специальную емкость, где тяжелые мехпримеси оседают на дне и выводятся с помощью специальных шнеков, а углеводородная пленка собирается скиммером. Неразделенная эмульсия воды и шлама подается далее на 3-фазную декантерную центрифугу, где происходит разделение даже химически связанной воды. Для финишной сборки шламовой пленки установка обеспечена вакуумным агрегатом производительностью более 2000 куб.м воздуха в час, позволяющей в

					Методы очистки больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, используемых в России	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

буквально «вылизывать» дно резервуара. Кроме того, это единственная установка, в комплект которой входит мини-трактор для сбора особо тяжелых шламов со дна резервуара без применения ручного труда, а также роботизированная пушка на треноге, управляемая удаленно.

Плюсы технологии: очень высокое качество очистки резервуаров; очень высокое качество очистки углеводородов, воды и мехпримесей; полная энергонезависимость; самые короткие сроки развертывания/свертывания и отмывки резервуара.

Минусы технологии: высокая стоимость.

Таблица 1

Сравнительные характеристики

Характеристика	МКО-1000	Техноспас	БЛАБО	МегаМАКС
Страна-производитель	Россия	Россия	Дания	США
Максимальный размер очищаемых резервуаров	50 000 куб.м	50 000 куб.м	Не ограничен	Не ограничен
Скорость разворачивания комплекса	3 дня**	3 дня**	1 неделя* 2-4 недели**	4 часа* 6-8 часов**
Производительность на примере резервуара 50 000 куб.м после запуска комплекса	2 месяца**	2 месяца**	2 недели**	2 недели**
Количество контейнеров	1 x 40фт	1 x 40фт	4 x 20 фт	2 полуприцепа
Мобильность	Опция	Опция	Нет	Да
Состав оборудования				
Модуль нагрева	Нет	Нет	Опция	Да
Генератор	Нет	Нет	Опция	2 штуки
Типы приводов	Электро	Электро	Гидро	Гидро
Автоматизация	Минимальная	Минимальная	Полная	Полная
Фильтрация	Фильтры	Фильтры	Фильтры	Вибросепаратор + фильтры

окончание таблицы 1

Центробежная сепарация	Циклон	Циклон	2-ф декантер + сепаратор + циклоны	3-ф декантер
Вакуумный насос	Нет	Нет	Да	Да
Моющие головки	Да	Да	Да	Да
Роботизированные механизмы	Нет	Нет	Нет	Да

4. Методы предотвращения накопления осадков

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.

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, увеличивает полезную емкость резервуара и устраняет загрязнение окружающей среды.

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Магомедов			Методы предотвращения накопления осадков	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Медведев					33	88
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б11		
Зав. Каф.		Рудаченко						

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 [4].

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. 4.1).

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. м³) повышается при сочетании их работы с системой подогрева, когда за счет конвекции продукта, вызываемой теплообменом, улучшается перемешивание. Эффективно также устройство на равном

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

расстоянии друг от друга в нижней части стенки резервуара нескольких отсосов (как это показано на рис.4.2), соединенных с откачивающим насосом, который работает во время опорожнения резервуара.

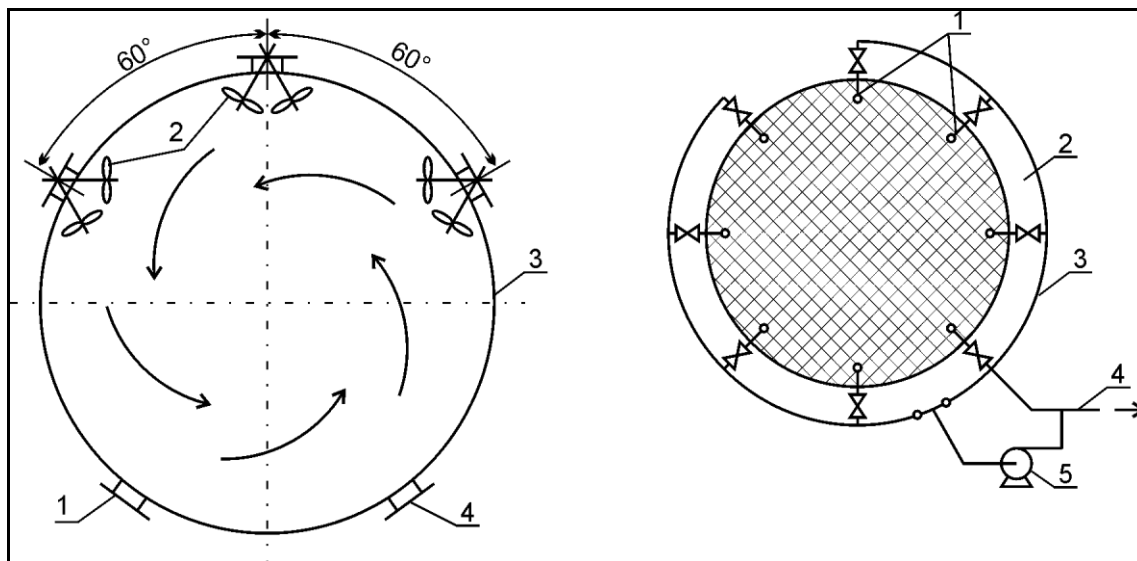


Рисунок 4.1 - Схема установки в резервуаре винтовых смесителей

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

Рисунок 4.2 - Схема устройства отсосов в резервуаре

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

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 2

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

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)	HX 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 корпус	нет	нет	нет	50 л/сут	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

окончание таблицы 2

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	нет данных. Разрешение Госгортехнадзора России не выдавалось	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.В000 № 35 15939 от 20.11.00 г. (Россия). Разрешение Госгортехнадзор
Стоимость с учетом НДС и таможенны	544,4	70 4,5	873,5	339,0	554,2
Количество устройств, необходимых для размыва одного	2	2	1	2	1
Стоимость комплекта устройства размыва на один РВС–20000,	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.

4.1 Электромеханические мешалки типа «Тайфун»

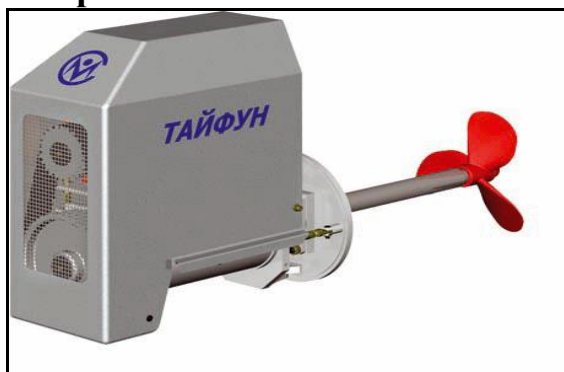


Рисунок 4.3- Устройство для размыва донных отложений Тайфун

Устройство для размыва донных отложений Тайфун-20/24/28 предназначено для размыва донных отложений в резервуарах объемом от 2 000 м³ до 150 000 м³ с легковоспламеняющимися жидкостями (бензин, дизтопливо, нефть, нефтепродукты и т.п.), а также для предотвращения

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

образования этих отложений. Устройство эффективно разрушает осадки и удаляет шлам в емкостях с легковоспламеняющимися жидкостями (бензин, дизтопливо, нефть, нефтепродукты и т.п.), а также обеспечивает бесперебойную работу в агрессивных и пищевых средах.

Использование устройств на резервуарах с нефтью, бензином, мазутом, дизтопливом, керосином и т.п. обеспечивает интенсивное перемешивание жидкости и исключает разделение этих жидкостей на тяжелые и легкие фракции. Применение устройства «ТАЙФУН» исключает выпадение осадков в резервуаре и обеспечивает беспрепятственную сдачу нефти с промыслов в магистральный нефтепровод без отклонений от установленных товарных свойств. Использование устройства позволяет хранить топливо в резервуарах на протяжении длительного времени, сохраняя его потребительские качества.

Надежный редуктор с промежуточными телами качения, автоматического привода поворота устройства «ТАЙФУН» имеет высокий КПД (0,9), высокую точность и большую несущую способность. Устройства обладают большим ресурсом работы, малыми габаритами и весом и не требуют защиты от атмосферных осадков. Использование в конструкции коррозионностойких сталей и торцевых уплотнений из силицированного графита повышенной твердости исключает возможность протечки и увеличивает срок службы изделия.

Устройства «ТАЙФУН» обеспечивают более 15 лет постоянной работы. Гарантийный срок эксплуатации устройства составляет 2 года.

Устройство, в зависимости от модификации, может использоваться практически на всех типах резервуаров объемом от 200 до 150000 м³. Изделие подходит для использования на производствах работающих с жидкими продуктами вязкостью до 400 сСт. Наряду с размывом донных отложений «ТАЙФУН» эффективно гомогенизирует (перемешивает) продукт, исключая возможность его распада на фракции.

«ТАЙФУН» полностью освобождает резервуар от накопившихся за годы его эксплуатации донных отложений и служит для профилактики их

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

образования в дальнейшем. Применение устройства «ТАЙФУН» защищает резервуар от коррозионного разрушения конструкций вследствие скопления донных отложений и загрязнения оборудования. Установлено, что в заполненном резервуаре РВС 20000 полное перемешивание нефти происходит примерно через 2,5 часа.

Установка устройства «ТАЙФУН» и работа с ним не требует высокой квалификации и владения специальными навыками. Нет необходимости в дополнительной настройке устройства в процессе эксплуатации. Смазка, удерживаемая в местах контакта даже при больших давлениях и работающая в интервале температур от -60 до +120°C. Смазка гарантирует эффективную, бесперебойную работу устройства.

«ТАЙФУН» обеспечивает простоту и удобство обслуживания резервуара, позволяя быстро подготовить его к проведению регламентных и ремонтных работ. «ТАЙФУН» избавляет от необходимости проведения длительных, опасных и дорогостоящих работ по удалению из резервуара до нескольких десятков тонн донных отложений и их утилизации.

Работа устройства не влияет на прочность конструкции резервуара и его покрытия. «ТАЙФУН» не требует капитального ремонта в течение всего срока службы. Устройство не подвергает резервуар вибрационным нагрузкам за счет тщательной динамической балансировки вращающихся частей. Использование в конструкции узлов и деталей из нержавеющей стали обеспечивает прочность, долговечность и высокую функциональность изделия. Устройство работает в широком диапазоне температур -50°C;+50°C, что обеспечивает его эффективную эксплуатацию как в северных районах России, так и в жарком климате республики Казахстан. Имея защитную коррозионностойкую оболочку, инертную к агрессивным атмосферным осадкам, «ТАЙФУН» успешно функционирует на открытом воздухе, не требуя установки специальных боксов и ангаров, обеспечивая тем самым свободный доступ к резервуару и облегчая его обслуживание. Технические характеристики устройства указаны в таблице 3.

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По сравнению с аналогами устройства для размыва донных отложений «ТАЙФУН» имеют малые габариты и массу, а также автоматический привод поворота, не требующий дополнительных настроек и вмешательства человека. Изделие легко монтируется на штатной крышке технологического люка-лаза резервуара. Схема монтажа устройства «ТАЙФУН» на крышку люка-лаза резервуара показана рис. 11. Поставка изделия «ТАЙФУН» осуществляется в полном комплекте с деталями, обеспечивающими его установку и запуск в работу в течение 5 часов. Это позволяет значительно сократить расходы на монтаж и подготовку устройства к работе.

Благодаря специальной оптимизированной конструкции гребного винта устройство создает длинную (до 47 м) узконаправленную затопленную струю жидкости (нефти, керосина и т.п.) (рис. 4.4, 4.5). Циклически перемещаясь над днищем резервуара за счет автоматического привода поворота, мощная струя размывает тяжелые парафинистые осадки и механические примеси. Взвешенные в общей массе твердые частицы затем удаляются путем откачивания жидкости из резервуара.

Устройство оснащено широким набором модификаций для всех типов резервуаров и способно работать с жидкостями вязкостью до 400 сСт. Устройство «ТАЙФУН» при его периодическом включении (раз в 10 дней) на 12-14 часов позволяет предотвратить образование осадков и осуществить гомогенизацию (усреднение компонентного состава по объему) жидкости, хранящейся в резервуаре. Испытания показали, что в резервуаре РВС 20 000 с нефтью осадки, накопленные за 10 лет высотой 98 см, размываются с помощью устройства «ТАЙФУН» за 190 часов непрерывной работы.

Устройства «ТАЙФУН» выпускаются во взрывозащищенном исполнении для эксплуатации в наружных установках и в помещениях во взрывоопасных зонах классов 1 и 2 ГОСТ Р 51330.9, где возможно образование взрывоопасных паро- и газовоздушных смесей категорий ПА, П В групп Т1, Т2, Т3, Т4.

По сравнению, например, с гидравлическими системами размыва

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

устройство обладает минимальной энергоемкостью и существенно сокращает энергозатраты, увеличивает полезную вместимость резервуара, продлевает срок его службы, исключает расходы установку защитных боксов, сложный монтаж, обслуживание, ремонт устройства, утилизацию отходов дополнительные меры для соблюдения норм экологии.

Применение устройства «ТАЙФУН» на производстве избавляет от необходимости утилизации донных отложений. Технологический процесс размыва и удаления шлама из резервуаров экологически чист. Таким образом, при эксплуатации устройства дополнительных мер по охране окружающей среды не требуется[12].

Все устройства для размыва донных отложений оснащены волновыми редукторами с промежуточными телами качения. Волновая передача с промежуточными звеньями - уникальная разработка в области силовых зацеплений. Передача имеет высокую несущую способность, обладает большим ресурсом работы, высоким КПД (0,9), обеспечивает передачу больших крутящих моментов при малых габаритах, плавность и бесшумность работы. В отличие от традиционной волновой передачи эта передача не имеет гибких деформирующихся звеньев. Все звенья представляют собой жесткие тела, выполненные из высоколегированных сталей с высокой твердостью. Волновая передача многократно превосходит зубчатую цилиндрическую и червячную передачу по удельному крутящему моменту на единицу веса, износостойкости, точности, плавности хода и другим характеристикам. Длительные испытания показали, что волновая передача с промежуточными звеньями отрабатывает до 32 000 циклов, при номинальной нагрузке.

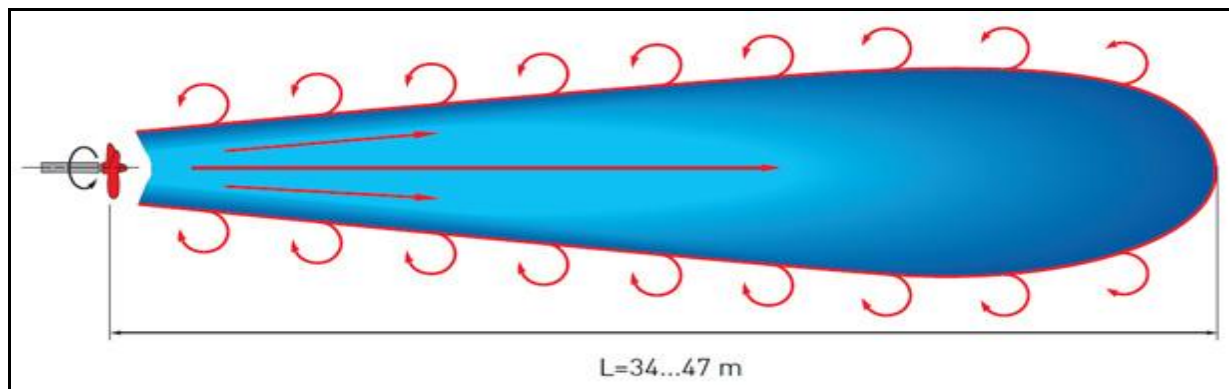


Рисунок 4.4 - Продольное сечение струи жидкости создаваемой устройством «ТАЙФУН»

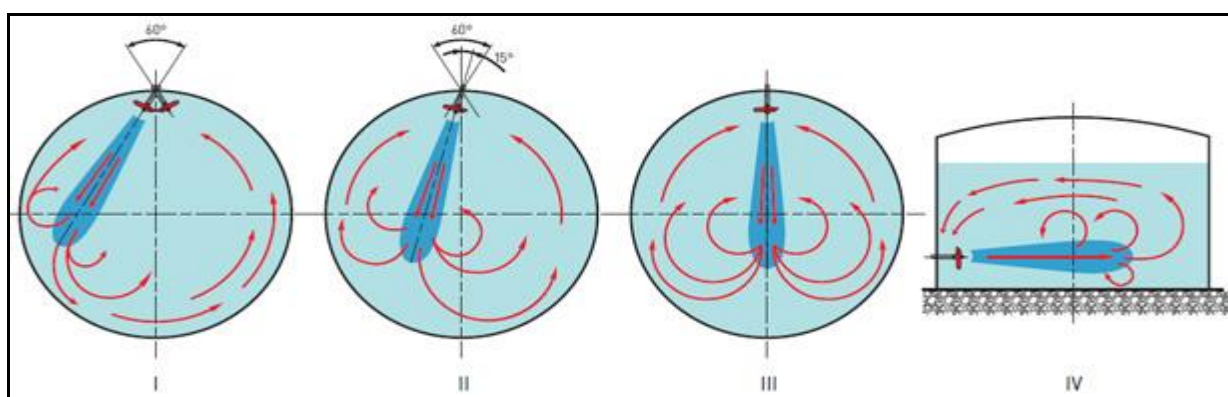


Рисунок 4.5 - Схема направления потоков жидкости в резервуаре при работе устройства «ТАЙФУН»

Таблица 3

Технические характеристики

Обозначение	Тайфун–20	Тайфун–24
Маркировка взрывозащиты	1ExdIIBT4	1ExdIIBT4
Максимальный диаметр пропеллера, мм (дюйм)	500	600
Скорость вращения пропеллера, об/мин	690	690
Номинальная мощность (частота вращения) электродвигателя, кВт (об/мин)	15 (1500)	18,5 (1500)
Угол поворота вала пропеллера в горизонтальной плоскости, угл. град.	60	60

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

окончание таблицы 3

Время поворота вала пропеллера в пределах вышеуказанного угла, час	3,5	3,5
Класс вибрации по ГОСТ 16921	2,8	2,8
Максимальное давление, удерживаемое уплотнительными устройствами, МПа	0,22	0,22
Вязкость перемешиваемой жидкости, сСт, не более	42	40
Максимальная реактивная сила, приведенная к валу пропеллера, Н	3000	4200
Напряжение трехфазной питающей сети, В, частота 50 Гц $\pm 1\%$	3000	4200
Климатическое исполнение	УХЛ.1, У1, ТС	УХЛ.1, У1, ТС
Масса электропривода, кг	484	513

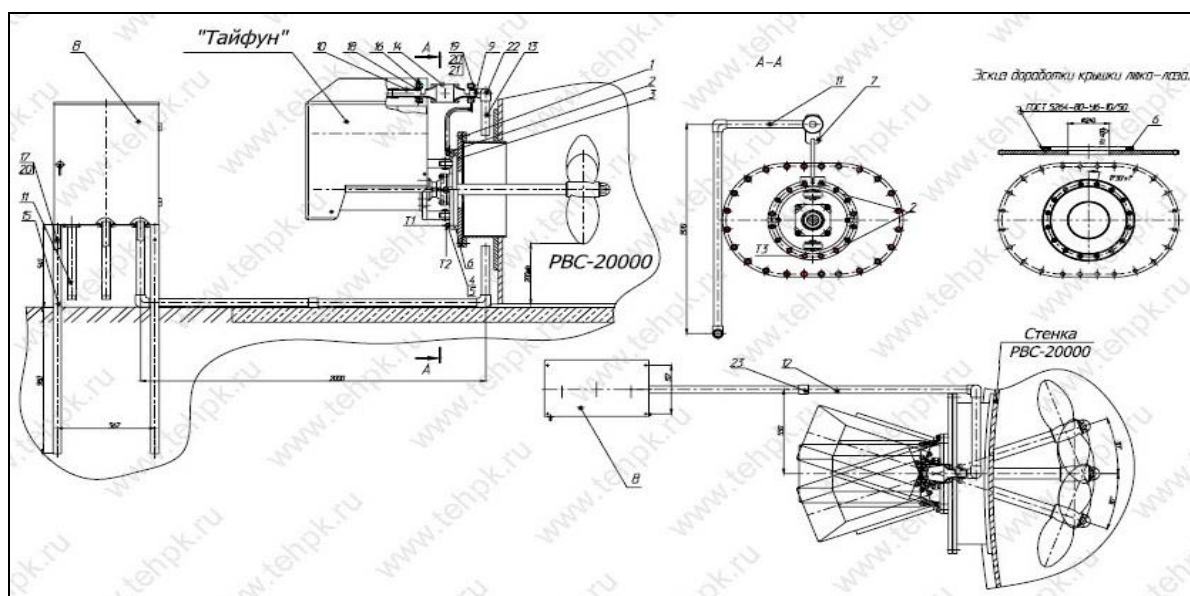


Рисунок 4.6 - Схема монтажа устройства «ТАЙФУН» на крышку люка-лаза резервуара вертикального стального (PBC-20000)

T1; T2; T3 точки приложения виброметра СК-100 при измерении уровня вибрации. 1 - крышка люка-лаза, доработанная согласно эскиза; 2 - полукольцо; 3 - прокладка; 4, 5 - шпилька; гайка; 6 - фланец; 7 - стойка; 8 - пункт управления; 9 - труба (50 мм); 10 - труба (125 мм); 11 - труба (500 мм); 12 - труба (965 мм); 13 - труба (1310 мм); 14 - кожух; 15 - труба (1500 мм); 16 - перегородка; 17 - шпилька; 18 - раструб; 19 - болт; 20 - гайка; 21 - шайба; 22 - угольник прямой Ду40; 23 - муфта прямая длинная Ду40.

4.2 Электромеханические мешалки типа «Диоген»

Пропеллерные мешалки с регулируемым углом поворота типа «Диоген» состоит из взрывозащищенного асинхронного электродвигателя, плоскозубчатой ременной передачи, торцевого уплотнения, сферического уплотнения, приводного вала на шарикоподшипниковых опорах, корпуса, шарнирного узла, автоматического (АПП) или ручного (РПП) привода поворота, пропеллера, электросилового и управляющего оборудования [2].

Общий вид пропеллерной мешалки типа «Диоген» модели АПП. 700 представлен на рис. 4.7.



Рисунок 4.7 - Общий вид пропеллерной мешалки типа «Диоген»

Основные технические параметры пропеллерных мешалок типа «Диоген» базовых моделей АПП. 500 и АПП. 700 отражены в таблице 4.

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Таблица 4

**Технические характеристики электромеханической мешалки типа
«Диоген»**

Наименование параметра	Диоген — 500	Диоген — 700
Диаметр пропеллера мм	500	700
Шаг пропеллера S, мм	560	580
Число лопастей пропеллера, шт	4	3
Скорость вращения вала n, об/мин.	690	460
Максимальная длина струи (теор.), м	28	45
Максимальный угол поворота вала в горизонтальной плоскости, град	60	60
Потребляемая мощность N, Вт	15000	18500
КПД электродвигателя	0,85	0,85
КПД редуктора	0,4—0,6 1,8x0,5x0,9	0,4—0,6 1,8 x0,7x1
Габариты Д Ш В, м	15 360 300	15
Срок службы, лет	570,73	400
Масса m, кг	3	420
Осевой напор, кг	60	643,59
Примерная стоимость в 2003 г.	15000 0,85	60

Принцип работы пропеллерной мешалки заключается в образовании процесса перемешивания направленной струей хранимого продукта (нефти), при котором тяжелые парафинистые осадки и механические примеси взвешиваются в общей массе нефти. Этот процесс достигается двумя факторами при работе мешалки:

- за счет непосредственного перемешивания продукта при работе пропеллера создаваемой направленной струей нефти;
- за счет создания кругового вращения всей массы хранимого продукта в резервуаре при работе мешалки в крайних угловых положениях.

При определении количества и модели пропеллерных мешалок типа

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

“Диоген” устанавливаемых на нефтяные резервуары необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

- на резервуаре РВС - 2000 устанавливается 1 пропеллерная мешалка типа “Диоген” модели 15. АПП. 500;
- на резервуаре РВС - 3000 устанавливается 1 пропеллерная мешалка типа “Диоген” модели 15. АПП. 500;
- на резервуаре РВС - 5000 устанавливается 1 пропеллерная мешалка типа “Диоген” модели 15. АПП. 500;
- на резервуаре РВС - 10000 устанавливается 1 пропеллерная мешалка типа “Диоген” модели 25. АПП. 700;
- на резервуаре РВС - 20000 устанавливается 1 пропеллерная мешалка типа “Диоген” модели 25. АПП. 700;
- на резервуаре РВС - 50000 устанавливается 2 пропеллерные мешалки типа “Диоген” модели 25. АПП. 700.

Данные рекомендации даны для варианта установки пропеллерных мешалок на люках-лазах размещенных напротив приемо-раздаточных патрубков нефтяного резервуара. В случае невозможности выполнения этого требования количество, модели и схема установки пропеллерных мешалок на резервуарах определяется индивидуально.

Монтаж оборудования необходимо вести в строгом соответствии с требованиями эксплуатационной документации на изделия. Особое внимание необходимо уделить обеспечению средств взрывозащиты и пожарной безопасности.

При использовании мешалок на резервуаре в стационарном режиме управление должно осуществляться из операторной.

При использовании мешалок на резервуаре во временном режиме пульт управления должен размещаться с наружной стороны обвалования на расстоянии не менее 20 метров и отвечать требованиям взрывобезопасности.

При установке двух и более пропеллерных мешалок на одном резервуаре обязательным условием нормальной их работы является синхронизация

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

работы автоматических приводов поворота пропеллерных мешалок от оси люка-лаза.

Необходимо отметить, что наличие труб на днище резервуара, например разводка подачи нефти на размывающие головки СПВК-100М, снижает эффективность размыва донных отложений пропеллерными мешалками и их рекомендуется удалить при последующем капитальном ремонте резервуара.

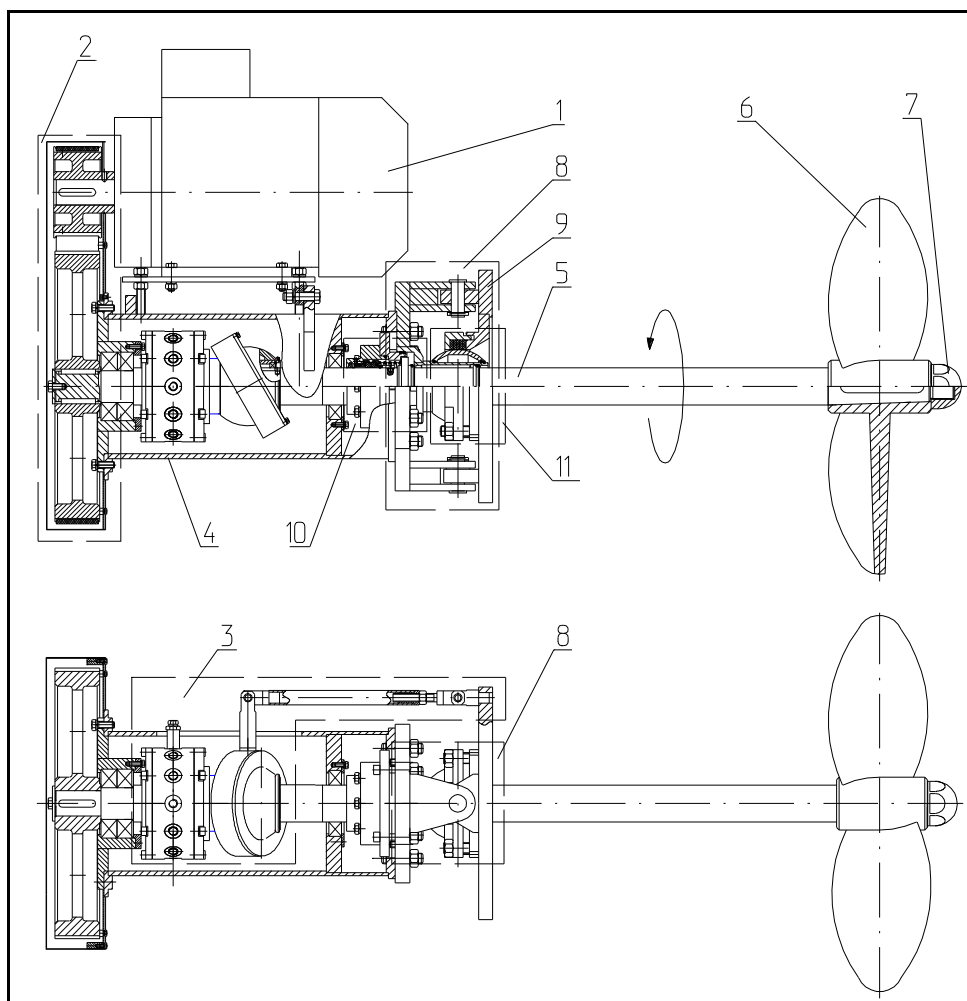


Рисунок 4.8 - Общий вид устройства «Диоген»

1 - взрывозащищенный асинхронный электродвигатель; 2 - плоскозубчатая ремённая передача; 3 - автоматический привод поворота; 4 - корпус; 5 - вал; 6 - пропеллер; 7 - обтекатель; 8 - шарнирный узел; 9 - фланец присоединительный; 10 - торцовое уплотнение; 11 - сферическое уплотнение.

Однако, конструкция винтовых мешалок далеко несовершенна[4]:

- 1) расположение винта мешалки у стенки резервуара приводит к тому, что на диаметрально противоположном участке скорость движения нефти значительно уменьшается;
- 2) площадь днища резервуара, на которой взвешивание осадка производится непосредственно турбулентной струей, создаваемой винтом, ограничивается внутренним углом расширения турбулентной струи равным 22—25°;
- 3) взвешивание осадка на остальной площади днища производится вторичным течением. Для развития циркуляции, достаточной для взвешивания парафина, требуется промежуток времени в 1—3 часа и более;
- 4) частицы осадка проникают в толщу нефти и распределяются в ней только за счет мощных вихреобразований, так как в резервуаре нет направленного вертикального движения нефти;
- 5) для установки винтовых мешалок требуется устройство в резервуарном парке силовой электропроводки низкого напряжения;
- 6) для монтажа мешалок в типовом резервуаре необходимо усилить нижний пояс;
- 7) при работе электромеханической мешалки возникают вибрации стенки резервуара, что может привести к разрушению резервуара.

4.2.1 Операции технологического процесса по размыву и удалению донных отложений из резервуаров

Технологический процесс по размыву и удалению донных отложений из резервуаров включает следующие операции:

- откачка нефти из резервуара ниже уровня люка-лаза, где предусматривается установка пропеллерной мешалки;
- монтаж пропеллерной мешалки на крышке люка-лаза резервуара в соответствии с инструкцией по эксплуатации на изделие;

					<i>Методы предотвращения накопления осадков</i>	<i>Лист</i>
						49
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- заполнение (при необходимости) резервуара нефтью до минимально допустимого уровня, не ниже 3.0 м, обеспечивающего нормальную и безопасную работу насосного оборудования подпорной насосной станции и пропеллерной мешалки;

- размыв донных отложений в резервуаре подвижной струей нефти, формирующейся пропеллером мешалки;

- откачка (удаление) в магистральный нефтепровод размывших и диспергированных донных отложений в смеси с нефтью;

- контроль процесса размыва и удаления донных отложений из резервуаров с нефтью.

По условиям предупреждения образования статического электричества при работе пропеллерной мешалки над пропеллером должно быть не менее двух метров нефти. Поэтому заполнение резервуара нефтью и постоянный контроль ее уровня до отметки не менее трех метров от днища резервуара является очень важной операцией.

Операция размыва донных осадков в резервуаре начинается с момента включения в работу пропеллерной мешалки с местного поста управления или с диспетчерского пункта управления. В случае применения двух и более пропеллеров мешалок на одном резервуаре, с предварительно синхронизированными автоматическими приводами поворота, включение этих пропеллерных мешалок должно быть одновременным.

Диапазон температур окружающего воздуха, при котором пропеллерные мешалки “Диоген” нормально эксплуатируются соответствует интервалу от - 50⁰С до + 50⁰С. Однако рабочий температурный интервал нефти, являющейся

окружающей средой для работы пропеллера находится в других пределах значений, который зависит, в первую очередь от вязкости нефти. Если вязкость нефти превысит 600 единиц, пропеллерная мешалка будет перегружаться и при длительной работе отключится. Поэтому длительные по времени операции размыва накопившихся сильно уплотненных донных осадков рекомендуется проводить или с подогретой (до + 15⁰С) нефтью или в теплое время года.

Температура в резервуаре донного слоя и закачиваемой в него нефти должна быть положительной.

Продолжительность по времени операции размыва накопившихся сильно уплотненных донных осадков зависит от высоты слоя осадков, их физико-химических свойств (вязкости, плотности и тд.), температуры нефти, емкости резервуара и модели пропеллерной мешалки. Многие факторы можно учесть только экспериментальным путем. Поэтому рекомендуется включать пропеллерные мешалки при размыве накопившихся сильно уплотненных донных осадков на 5 - 10 часов с последующим замером высоты донных отложений. Периодичность включений пропеллерных мешалок продолжать до полного размыва накопившихся осадков.

Во время выполнения операции размыва накопившихся сильно уплотненных донных осадков с помощью пропеллерных мешалок резервуары, по согласованию с диспетчером, должны быть выведены из работы с возможностью дальнейшей откачки.

При включении пропеллерных мешалок в работу необходимо:

- проконтролировать выход пропеллерной мешалки на нормальный режим работы;
- убедиться в отсутствии вибрации на стенках резервуара при работе пропеллерной мешалки;
- следить за работой автоматического привода поворота пропеллерной мешалки;
- следить за герметичностью монтажных соединений и узлов уплотнений пропеллерных мешалок.

Автоматический привод поворота обеспечивает качание пропеллерной мешалки в горизонтальной плоскости в пределах угла равного 60 угл. градусам. Время прохождения пропеллерной мешалки от одного крайнего положения до другого составляет около 5 часов. Данный режим работы создает наиболее эффективный процесс размыва скопившихся донных отложений в нефтяных резервуарах. Работа автоматического привода поворота пропеллерной

мешалки обеспечивается одним и тем же электроприводом, что и вращение пропеллера.

При окончании процесса размыва донных отложений пропеллерные мешалки отключаются, о чем сообщается диспетчеру УМН (РНУ). По согласованию с диспетчером нефть со взвешенными донными осадками откачивают в магистральный нефтепровод до минимального рабочего уровня резервуара. Допускается, при большом объеме размываемых донных осадков, производить промежуточные откачки нефти, соблюдая при этом требования к минимально допустимому уровню нефти в резервуаре обеспечивающему нормальную и безопасную работу подпорного насоса и пропеллерных мешалок.

Откачка нефти со взвешенными донными осадками должна осуществляться не позднее чем через четыре часа после выключения пропеллерных мешалок и прекращения процесса размыва донных отложений. В противном случае, эффективность работы системы размыва и удаления из нефтяных резервуаров донных осадков будет значительно снижена, за счет осаждения взвешенных частиц донных отложений обратно на днище резервуара[2].

Контролю при реализации технологического процесса размыва и удаления из нефтяных резервуаров донных отложений подлежат:

- высота и объем размываемых донных осадков в нефтяных резервуарах и динамика их изменения;
- уровень нефти в резервуаре обеспечивающий нормальную работу пропеллерных мешалок;
- технические параметры пропеллерных мешалок в соответствии с инструкцией по эксплуатации на это изделие.

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3 Система пригруженных веерных кольцевых сопел типа СПВК-100М.

Каждая система - стационарное изделие, монтируемое в нефтяном резервуаре состоит из группы гидромеханических размывающих устройств с автоматически меняющейся высотой щели пригруженных веерных кольцевых сопел типа СПВК-100М, определенным образом размещенных на днище резервуаров, обвязывающих их трубопроводов и т.д.

При подаче жидкости в сопло обечайки за счет перепада давления внутри и вне сопла поднимается, образуя кольцевую щель, через которую с определенной скоростью выходит жидкость, распространяющаяся по днищу резервуара в виде веерной кольцевой затопленной струи. В дальнейшем эта скорость поддерживается автоматически за счет того, что величина щели изменяется в зависимости от расхода.

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

4.4 Струйный гидравлический смеситель (СГС)

Учитывая недостатки существующих устройств для предотвращения накопления осадка на днищах нефтяных резервуарах, был разработан струйный гидравлический смеситель (СГС) (рис. 4.9).

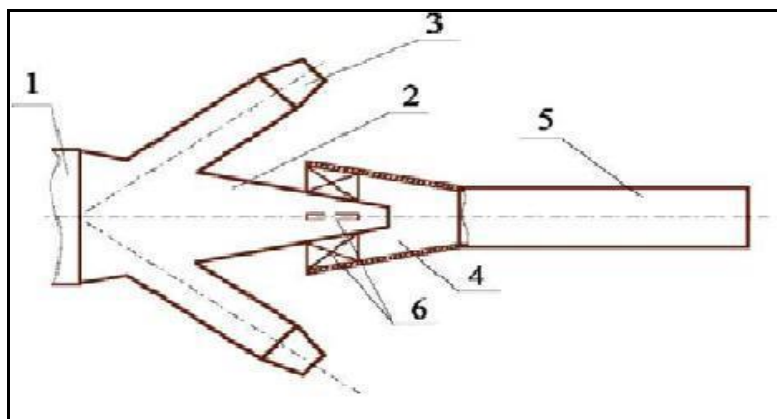


Рисунок 4.9 - Струйный гидравлический смеситель

1 — подводящий патрубок; 2—центральное сопло; 3 — боковое сопло; 4 — конфузор;
5—камера смешения; 6—ребра жесткости.

Струйные гидравлические смесители предназначены для размыва и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах при проведении операций по заполнению их нефтью или нефтепродуктами, а также перемешивания нефти или нефтепродуктов за счет эжектора. Эти процессы можно осуществить, используя часть потенциальной энергии потока в трубопроводе перед резервуаром.

Смеситель работает следующим образом. Через приемо-раздаточные патрубки нефть или нефтепродукт заполняют резервуар на высоту равную 3 м, затем весь поток нефти или нефтепродукта направляют через струйный гидравлический смеситель СГС (рис. 4.10 — схема обвязки).

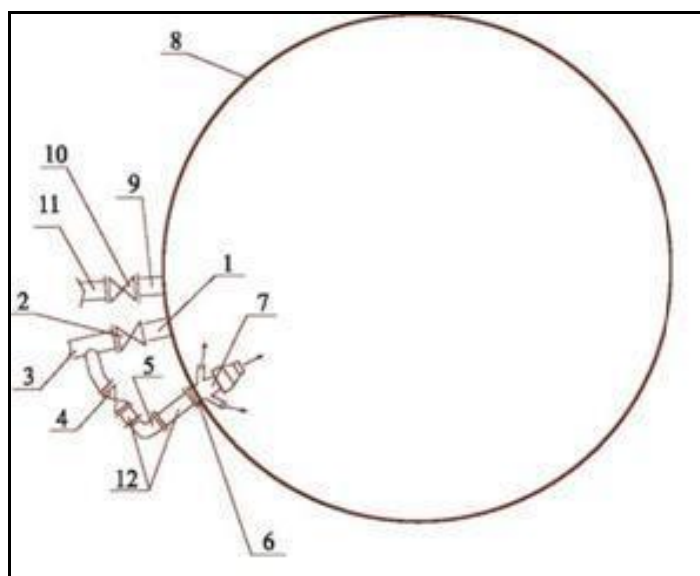


Рисунок 4.10 - Схема обвязки

1 — приемный патрубок; 2 — задвижка приемного патрубка; 3 — тройник приемного патрубка; 4 — задвижка смесителя; 5 — поворот на 90° в обвязке смесителя; 6 — люк-лаз для установки смесителя; 7 — смеситель СГС; 8 — резервуар; 9 — раздаточный патрубок; 10 — задвижка раздаточного патрубка; 11 — отводящий трубопровод; 12 — технологические трубопроводы.

Поток закачиваемой нефти или нефтепродукта в смесителе разделяется на три равных массовых расхода. Затопленная гидравлическая ассиметричная струя, выходящая из центрального и боковых сопел со скоростью 18 м/с, расширяется под углом 20 ° относительно оси, что позволяет с максимальным эффектом использовать ее скорость и зону действия. Угол распространения

струи 40 ° достигается за счет коэффициента турбулентности $a = 0,1$. Два боковых сопла расположены также под углом 40 ° к оси центрального сопла в горизонтальной плоскости для обеспечения максимального перекрытия площади днища резервуара. Центральное сопло также выполняет роль эжектора. Из центрального сопла струя со скоростью 18 м/с входит в конфузор, в него же подсасывается жидкость из резервуара со скоростью, равной 1 м/с. Затем смесь жидкостей проходит через камеру смешения и выходит из нее со скоростью 7,5 м/с, за счет чего происходит перемешивание нефти и нефтепродуктов в резервуаре. Три струи, выходящие из смесителя, срывают донные отложения и препятствуют образованию новых отложений. Откачка нефти и нефтепродуктов происходит через приемо-раздаточные патрубки.

По теории Г.Н. Абрамовича о затопленных струях [13] скорость в каждом сечении струи распределяется по уравнению параболы (по оси струи максимальное значение скорости, а на периферии скорость стремиться к нулю). Основываясь на этом, мы получили формулу для расчета скорости в любом сечении струи:

$$f(x) = -\frac{u_{\max}}{R} \cdot x^2 + u_{\max}, \quad (11)$$

где $u_{\max}$ — скорость на оси струи (максимальная скорость); R — радиус струи в определенном сечении; x — расстояние от оси струи.

Подставляя в уравнение (11) вместо x численное значение, определим скорость на расстоянии x от оси струи. С помощью программы Microsoft Excel подсчитали скорость для всех сечений струи (рис.4.11). Результаты расчета приведены в таблице 5. Для сравнения в этой же таблице приведены результаты расчетов для устройства размыва донных отложений «Диоген — 500/700». По данным таблицы построен график зависимости скорости струи по длине распространения (рис.4.11), для смесителя (СГС) и «Диоген-500/700». Также показана срывающая скорость для осадка, полученная по опытными данным Е. С. Коршунова [14].

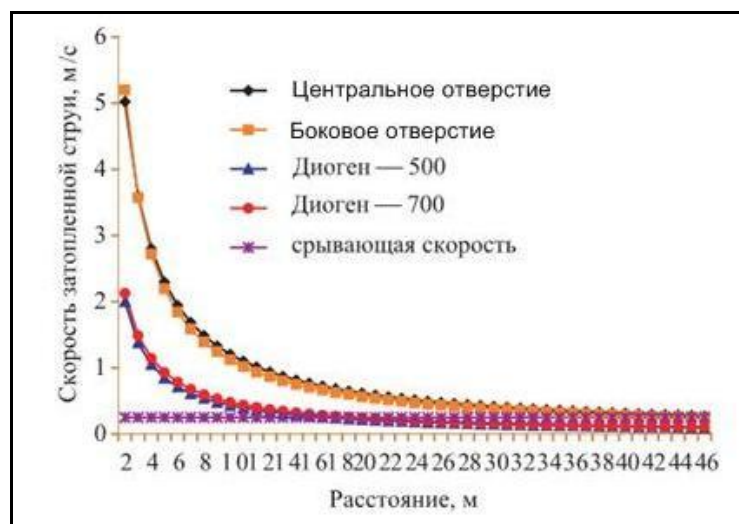


Рисунок 4.11– График зависимости скорости струи по длине распространения

Таблица 5

Сравнительная характеристика струйного гидравлического смесителя СГС и «Диоген-500\700

Расстояние, м	Центральное Сопло СГС, м\с	Боковое сопло СГС, м/с	Диоген— 500, м/с	Диоген— 700, м/с
2	5,02	5,20	2,00	2,13
3	3,60	3,57	1,38	1,49
4	2,80	2,62	1,05	1,15
5	2,29	2,20	0,85	0,93
6	1,94	1,84	0,71	0,78
7	1,68	1,59	0,61	0,68
8	1,49	1,39	0,54	0,59
9	1,33	1,24	0,48	0,53
10	1,20	1,12	0,43	0,48
11	1,10	1,02	0,39	0,44
12	1,01	0,94	0,36	0,40

13	0,94	0,87	0,33	0,37
14	0,87	0,80	0,31	0,35

15	0,82	0,75	0,29	0,32
16	0,77	0,71	0,27	0,30
17	0,72	0,66	0,26	0,29
18	0,68	0,63	0,24	0,27
19	0,65	0,59	0,23	0,26
20	0,62	0,57	0,22	0,24
21	0,59	0,54	0,21	0,23

Из таблицы 5 и графика на рисунке 4.11 видно, что скорость струи струйного гидравлического смесителя СГС превышает скорость струи электромеханической мешалки типа «Диоген — 500/700» примерно в 2,5 раза. На расстоянии 20 метров скорость струи электромеханической мешалки «Диоген — 500» равна 0,22 м/с, а скорость струи «Диоген — 700» равна 0,24 м/с, что меньше скорости срыва осадка, следовательно «Диоген — 500/700» работает эффективно только на расстоянии 19 м.

Сравнительный анализ энергетических затрат для струйного гидравлического смесителя и электромеханических мешалок в резервуаре РВС-5000 показал следующее:

1) при использовании смесителя часть потенциальной энергии потока в трубопроводе перед резервуаром может эффективно использоваться для размыва донных отложений и смешение без затрат дополнительной электроэнергии;

2) энергия, сообщаемая струе смесителем, в 4 — 7 раз больше, чем в случае использования электромеханических мешалок пропеллерного типа;

3) для гидравлического смесителя при $Q = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ полезная мощность $N_n = 35 \text{ кВт}$, в то время как для мешалки типа «Диоген — 500» — $N_n = 6,4 \text{ кВт}$ [14].

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

4.5 Приемо-раздаточное устройство с направляющими конфузорами

Учитывая недостатки существующих устройств для предотвращения накопления осадка на днищах нефтяных резервуарах, инженерами ОАО «Центрсибнефтепровод» было разработано приемо-раздаточное устройство с направляющими конфузорами и заборным патрубком, с функцией размыва и предотвращения накопления донных отложений при проведении операций по заполнению их нефтью или нефтепродуктами, а также циркуляции перемешенной нефти за счет направленных конфузоров. Эти процессы можно осуществить, используя потенциальную энергию потока в трубопроводе перед резервуаром.

ПРУ устанавливается на действующих или вновь строящихся РВС. Оно необходимо для того, чтобы нефть в РВС заходила без «падающей струи». Резервуар снабжен двумя ПРУ (рис.4.12) с левыми и правыми направляющими конфузорами. Конструкция работает следующим образом Поток закачиваемой нефти или нефтепродукта, попадая в ПРУ-3, по направленным конфузoram, разделяется на три расхода. Затапленная гидравлическая ассиметричная струя, выходящая из центрального и боковых конфузоров со скоростью 10 м/с, расширяется под углом 13^0 относительно оси, что позволяет с максимальным эффектом использовать ее скорость и зону расширения для размыва донных отложений.

Два боковых конфузора расположены под углом 26^0 к оси центрального в горизонтальной плоскости для обеспечения максимального перекрытия половины площади днища резервуара. Откачка нефти идет через заборный патрубок и обратный клапан. Три струи, выходящие из конфузоров ПРУ-3, срывают донные отложения, взвешивают их за счет циркуляции всей массы нефти, препятствуя образованию новых отложений.

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Все детали конструкции ПРУ-3 должны быть стойкими к воздействию перекачиваемого продукта.

В комплект документации, поставляемой с ПРУ-3, должны входить: паспорт, инструкция по эксплуатации и монтажу, разрешение Ростехнадзора России на применение ПРУ-3 для перекачки нефти, Сертификат соответствия, сборочный и монтажный чертежи. Сборочный и монтажный чертежи должны содержать все размеры с соответствующими допусками, которые необходимо контролировать при монтаже.

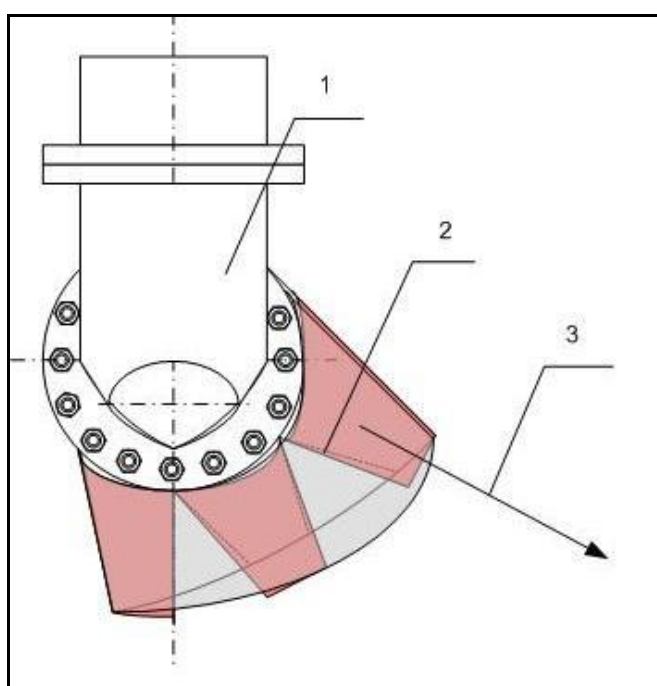


Рисунок 4.12 - ПРУ-3

1- отвод; 2- заборный патрубок; 3 - направляющие конфузоры;

ПРУ-3 должно располагаться внутри резервуара и иметь минимальные габаритные размеры, массу, материалоемкость, энергопотребление. Присоединение отвода ПРУ-3 с ПРП – фланцевое. Необходимо подобрать пружину оптимальной жесткости для беспрепятственного возврата створок обратного клапана после проведения откачки нефти из резервуара.

Реконструкция ПРУ резервуаров значительно улучшит размыв донных отложений за счет повышенной скорости истечения нефти в резервуар и постоянно изменяющегося течения нефти. Чистота днища РВС уменьшает

нагрузку на днище, за счет отсутствия парафина, облегчается зачистка резервуара перед капитальным ремонтом и уточняется замер базовых высот.

Сравнительный анализ энергетических затрат для ПРУ и электромеханических мешалок показал, что при использовании смесителя потенциальная энергия потока в трубопроводе перед резервуаром может эффективно использоваться для размыва донных отложений без затрат дополнительной электроэнергии; энергия сообщаемой струе в смесителе больше, чем в случае использования электромеханических мешалок пропеллерного типа.

					Методы предотвращения накопления осадков	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В результате проведенного литературного анализа установлено, что наиболее эффективным методом очистки является химико-механизированный, заключающийся в использовании растворителя парафина в сочетании с перемешиванием и подогревом осадков.

Сравнительный анализ энергетических затрат для струйного гидравлического смесителя и электромеханических мешалок показал:

- 1) при использовании смесителя часть потенциальной энергии потока в трубопроводе перед резервуаром может эффективно использоваться для размыва донных отложений и смешение без затрат дополнительной электроэнергии;
- 2) энергия, сообщаемая струе смесителем, в 4 —7 раз больше, чем в случае использования электромеханических мешалок пропеллерного типа;
- 3) для гидравлического смесителя при $Q = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ полезная мощность $N_n = 35 \text{ кВт}$, в то время как для мешалки типа «Диоген — 500» — $N_n = 6,4 \text{ кВт}$.

Сравнительный анализ энергетических затрат для ПРУ и электромеханических мешалок показал:

- 1) при использовании смесителя потенциальная энергия потока в трубопроводе перед резервуаром может эффективно использоваться для размыва донных отложений без затрат дополнительной электроэнергии;
- 2) энергия сообщаемая струе в смесителе больше, чем в случае использования электромеханических мешалок пропеллерного типа.

					Анализ современных технологий размыва и удаления донных отложений в резервуарах товарной нефти				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Магомедов			Заключение	Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Медведев					87	88	
Консульт.						НИ ТПУ гр.32Б11			
Зав. Каф.		Рудаченко							