



УДК 622

## КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗМЫВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА РАЗМЫВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

### QUALITATIVE INDICATORS OF EROSION OF BOTTOM SEDIMENTS IN TANKS AND THE MAIN CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF EROSION OF BOTTOM SEDIMENTS

**Давыдова Ксения Михайловна**

студент,  
Российский государственный университет нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина  
k.m.davydova@yandex.ru

**Гололобов Денис Владимирович**

старший преподаватель,  
Российский государственный университет нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина  
dgololobov@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается технологический результат процесса размыва донных отложений. Описаны приборы для измерения частоты вращения, описаны характеристики, влияющие на качественную составляющую процесса размыва донных отложений.

**Ключевые слова:** донные отложения, характеристики процесса размыва, методы измерения частоты вращения, нефть.

**Davydova Ksenia Mikhailovna**

Student,  
Russian state university of oil and gas  
(national research university)  
of a name of I.M. Gubkin  
k.m.davydova@yandex.ru

**Gololobov Denis Vladimirovich**

Senior Teacher,  
Russian state university of oil and gas  
(national research university)  
of a name of I.M. Gubkin  
dgololobov@mail.ru

**Annotation.** The article considers technological result of the process of erosion of bottom sediments. Described are instruments for measuring rotational speed, characteristics that affect the qualitative component of the process of erosion of bottom sediments.

**Keywords:** bottom sediments, characteristics of the erosion process, methods for measuring rotational speed, oil.

В наши дни с каждым годом увеличивается нефтедобыча, растет экспорт и внутреннее потребление нефти и нефтепродуктов, поэтому одним из актуальных вопросов, является вопрос их транспортировки и хранения. Различают разные виды транспортирования нефтепродуктов, одним из которых является ёмкостное транспортирование нефти и ее стационарное хранение. В процессе такого транспортирования, а еще больше в условиях стационарного хранения нефти происходит образование и накопление различного рода тяжелых примесей, содержащихся в нефти после добычи. Данный процесс снижает эффективность использования такого оборудования в виде уменьшения объемов ёмкости для хранения, возникновению коррозионно-опасных зон под отложениями и затруднению проведения обслуживания резервуаров.

Для решения данной проблемы, в настоящее время, получили широкое применения различные устройства для размыва донных отложений. Назначение данных устройств связано с размывом и перемешиванием донных отложений внутри резервуара, что приводит к размыву накопленных осадков в виде тяжелых парафинистых отложений и различных механических примесей, которые в процессе откачивания нефти из резервуара смешиваются с общим объемом нефти, находящихся в резервуаре.

При использовании устройств полезный объем резервуара увеличивается на 2–4 % [1], а это в свою очередь составляет порядка 800 м<sup>3</sup> в резервуаре на 20 000 м<sup>3</sup>, пример представлен на рисунке 1.

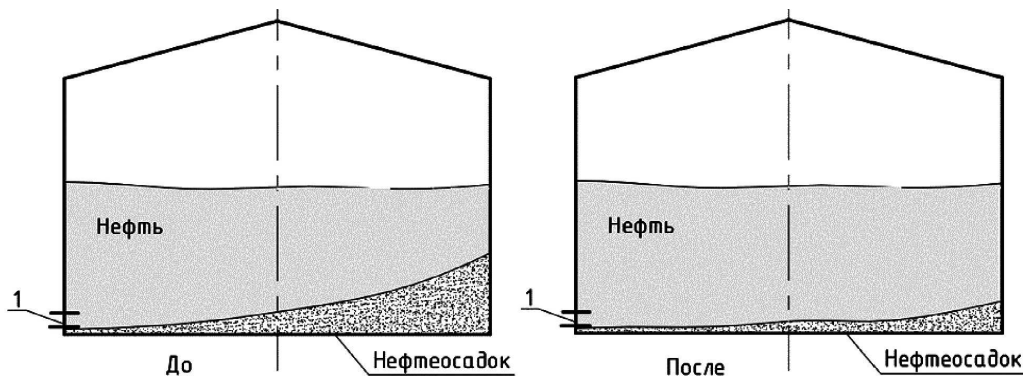
Одними из основных характеристик, отвечающих за качественную составляющую процесса удаления донных отложений, являются эффективность и интенсивность перемешивания.

1. *Эффективность перемешивания* отвечает за параметр качества прохождения процесса, которая характеризуется получением суспензий и равномерность распределения твердых фаз в жидкости. На равномерность распределения фаз влияют несколько параметров, одним из наиболее важных является – мощность перемешивания.

Мощность перемешивания влияет на эффективность размыва донных отложений и определяется уравнением (1) [2]:

$$N = 0,2 \cdot \sin^3 \theta \cdot \cos \theta \cdot Kn \cdot n^3 \cdot d^5 \cdot \gamma, \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол подъема винтовой линии, образующей поверхность пропеллера;  $Kn$  – постоянная, которая носит название Критерий Эйлера;  $n$  – число оборотов мешалки, с<sup>-1</sup>;  $d$  – диаметр мешалки, м;  $\gamma$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.



**Рисунок 1** – Схема резервуара до и после использования устройств размыва донных отложений (1 – место установки устройства)

Критерий Эйлера находится по формуле (2) [2]:

$$Kn = \frac{C}{Re^k} \tag{2}$$

где  $C$  и  $k$  – постоянные величины. Для пропеллерных мешалок  $k = 0,15$ . Если число лопастей равно 2, то  $C = 0,985$ , а при трех лопастях  $C = 1,19$ .

Число Рейнольдса находится по формуле (3) [2]:

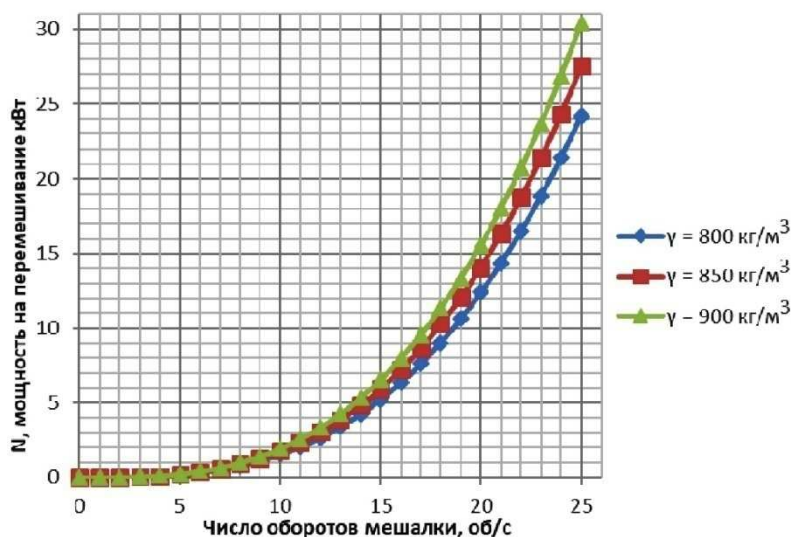
$$Re = \gamma \cdot n \cdot d^2 / \mu \tag{3}$$

где  $\mu$  – кинематическая вязкость жидкости.

Исходя из паспорта устройства размыва определяем технические показатели:  $\theta = 45^\circ$ ;  $d = 0,7\text{м}$ ;  $0 \text{ об/сек} < n < 25 \text{ об/сек}$ . Для расчета по формуле (1) определим справочные константы для разных плотностей нефти:

- Для плотности  $\gamma = 800 \text{ кг/м}^3$ :  
 $Re = 57018,18$ ;  
 $Kn = 0,2302$ ;  
 $\mu = 0,055 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .
- Для плотности  $\gamma = 850 \text{ кг/м}^3$ :  
 $Re = 36217,39$ ;  
 $Kn = 0,2464$ ;  
 $\mu = 0,092 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .
- Для плотности  $\gamma = 900 \text{ кг/м}^3$ :  
 $Re = 27138,46$ ;  
 $Kn = 0,2573$ ;  
 $\mu = 0,130 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

По этим данным построена зависимость  $N(n)$ , представленная на рисунке 2.



**Рисунок 2** – График зависимости мощности перемешивания от числа оборотов мешалки



Из графика видно, что частота вращения влияет на мощность перемешивания жидкости, и, следовательно, на сам размыв донных отложений. Таким образом, число оборотов мешалки, влияет на эффективность работы устройства.

2. *Интенсивность перемешивания* определяет технологический результат в заданном временном интервале. С увеличением интенсивности перемешивания сокращается временной интервал достижения технологического результата, но это требует увеличение удельной мощности перемешивания в рабочей среде. Показатель интенсивности перемешивания связан с показателем угловой скорости перемещения рабочего вала мешалки.

Скорость углового перемещения вала устройства влияет на эффективность размыва донных отложений, с уменьшением скорости поворота оси устройства в два раза эффективность размыва отложений увеличивается примерно на 10 %. Однако, при медленном перемещении устройства возникает риск формирования более плотных отложений в местах резервуара, до которых струя еще не дошла или давно покинула.

Одной из важных характеристик для машин, устройств является частота вращения. Она может определить динамические и тепловые напряжения в машинах, моделировать процессы различные виды нагрузок, и делать прогноз работоспособности изделия на этапе его рабочего цикла, что позволяет назначать время плановых проверок работоспособности сложных устройств, а также время проведения технического обслуживания оборудования с перечнем необходимых видов работ.

Существуют различные методы контроля частоты вращений и как следствие реализация данного контроля различными приборами, которые измеряют частоту вращения валов машин и механизмов, называемыми тахометрами. На сегодняшний день в основном используются тахометры, основанные на следующих принципах действия:

- магнитоиндукционные, основаны на зависимости наводимых в металлическом теле вихревых токов от частоты вращения;
- центробежные, в которых чувствительный элемент реагирует на центробежную силу, которая развивается неуравновешенными массами вращающегося вала;
- электрические, для постоянного тока основаны на зависимости генерируемого напряжения от частоты вращения, а для переменного и импульсного тока – зависимость частоты тока от частоты вращения;
- стробоскопические, основаны на свойстве глаза сохранять видимое изображение на десятые доли секунды после его исчезновения;
- фотоэлектрические, основаны на модуляции светового потока вращающимися элементами.

Нефтегазовый комплекс давно выделен, как отдельная отрасль. В связи с этим данная отрасль имеет как специализированные нормативные документы, так и специализированные технологии изготовления изделий газонефтяного комплекса, а также и средствами измерений. Исходя из этих особенностей для измерения частотных характеристик наибольшее распространение в эксплуатации получили магнитоиндукционные тахометры. Они надежны и просты в эксплуатации, так же обладают высокой точностью измерения. Также одним из важных эксплуатационных свойств для измерений в газонефтяной промышленности является возможность проведения измерений бесконтактным способом.

Обе характеристики отвечают за технологический результат размыва донных отложений в резервуарах, поэтому данные характеристики, для устройств размыва, подвергают сертификационным испытаниям, на основании разрабатываемых методик сертификационных испытаний, с использованием описанных методов и приборов.

#### Литература:

1. ООО НПО «Сибирский Машиностроитель». – URL : <http://www.nposibmach.ru/product/erosion/> (20.03.2018).
2. Машины и аппараты химических производств : учебное пособие. – Глава 1.3: Методика расчета перемешивающих устройств. – URL : <http://macp.web.tstu.ru/main01.html> (20.03.2018).

#### References:

1. NPO «Siberian Mashinostroitel». – URL : <http://www.nposibmach.ru/product/erosion/> (03.20.2018).
2. Machines and Apparatus of Chemical Production : the manual. – Chapter 1.3: Method of calculating mixing devices. – URL : <http://macp.web.tstu.ru/main01.html> (03.20.2018).