

УДК 622.692.2 ; 614.84

**ВНЕДРЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО СТРУЙНОГО
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ
РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ**

**INTRODUCTION OF AN IMPROVED JET HYDRAULIC MIXER
FOR MAINTAINING FIRE SAFETY AND EFFECTIVE
WORK TANK FARM**

Галиакбарова Э.В., Валявин Г.Г., Галиакбаров В.Ф.

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация
ООО «НТ-Центр», г. Уфа, Российская Федерация**

E.V. Galiakbarova, G.G.Valyavin, V.F. Galiakbarov

**FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”,
Ufa, the Russian Federation**

LLC “ST-Centre”, Ufa, the Russian Federation

Аннотация. В результате разработки, апробации и внедрения усовершенствованного струйного гидравлического смесителя (СГС) в нефтеперерабатывающей и нефтяной промышленности Республики Башкортостан и Республики Татарстан выявлены следующие его преимущества по сравнению с электромеханическими мешалками.

1. Подача в резервуар нефти через СГС приводит к ее гомогенизации по объему, что является предпосылкой для эффективной переработки такой нефти на НПЗ из-за стабилизации ее свойств во времени.

2. Снижаются потери нефти при ее транспортировке из-за отсутствия отложений нефтешлама в резервуарах. В состав нефтешлама входят пре-

имущественно парафиновые углеводороды нормального строения и асфальтены.

3. Отпадает необходимость периодической чистки резервуаров от отложений нефтешламов, приводящей к выводу их из эксплуатации; в вывозе и утилизации нефтешлама, например, путем его сжигания. Услуги по сжиганию являются платными.

4. Эксплуатация СГС не вызывает ухудшения условий промышленной безопасности в резервуарном парке и не связана с потреблением дополнительной электроэнергии.

5. Работа СГС не вызывает вибрации стенок резервуара, а следовательно, его преждевременного разрушения.

6. СГС может устанавливаться на потоке любой производительности.

7. СГС эффективно работает на резервуарах любой емкости.

Abstract. As a result of the development, testing and implementation of improved hydraulic jet mixer in the oil and gas industry of the Republic of Bashkortostan and Tatarstan identified following its advantages over electromechanical stirrers.

1. Submission to the oil reservoir through the mixer leads to its homogenization by volume, which is a prerequisite for efficient refining-ing of such oil at the refinery due to the stabilization of its properties over time.

2. Reduces the amount of oil during transportation due to lack of sediment sludge in tanks. The composition of sludge consists mainly of paraffinic hydrocarbons of normal structure and asphaltenes.

3. There is no need periodic cleaning of tanks from sludge-proposals, leading to the conclusion of their operation; in the transport and disposal of sludge, for example, by burning it. Services are paid for burning.

4. Operation of the mixer does not cause deterioration in the terms of industrial safety in the tank farm and is not associated with the consumption of additional electricity.

5. After the mixer does not cause vibration of the walls of the tank and hence its premature failure.

6. The mixer can be installed on any flow performance.

7. The mixer works effectively on tanks of any capacity.

Ключевые слова: нефтепродукты, резервуары, пожарная и промышленная безопасность, устройства для борьбы с донными отложениями, смеситель.

Key words: oil, tanks, fire and industrial safety, control devices with bottom sediments, the mixer.

Резервуарный парк - группа резервуаров, предназначенных для хранения нефти, нефтепродуктов и размещенных на участке территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой при наземных резервуарах, и дорогами или противопожарными проездами при подземных (заглубленных в грунт или обсыпанных грунтом) резервуарах, установленных в котлованах или выемках [1].

Безопасная и эффективная работа резервуарных парков связана с полным использованием объемов емкостей, экономичностью и отсутствием возгораний.

Возникновение пожара в резервуаре зависит от следующих факторов [6]: наличия источника зажигания, свойств горючей жидкости, конструктивных особенностей резервуара, наличия взрывоопасных концентраций внутри и снаружи резервуара. Пожар в резервуаре обычно начинается со взрыва паровоздушной смеси. На образование взрывоопасных концентраций внутри резервуаров оказывают существенное влияние физико-химические свойства хранимых нефти и нефтепродуктов, конструкция резервуара, технологические режимы эксплуатации, а также климатические и метеорологические условия. Взрыв в резервуаре приводит к подрыву (реже срыву) крыши с последующим горением на всей поверхности горючей

жидкости. При этом, даже в начальной стадии, горение нефти и нефтепродуктов в резервуаре может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1-2 диаметра горящего резервуара. Отклонение факела пламени от вертикальной оси при скорости ветра около $4 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ составляет $60 - 70^\circ$.

Условиями для возникновения пожара в обваловании резервуаров являются [6]: перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтепродуктом теплоизоляции на трубопроводах и резервуарах, использование электромеханических устройств типа «Диоген» и «Тайфун» для размыва донных отложений.

Известно, что в емкостях большого объема, происходит образование и накопление донных отложений [4], которые занимают до 1/4 их объема. В системе трубопроводного транспорта и хранения нефти, нефтепродуктов в резервуарных парках преимущественно используются большие емкости. Донные отложения неравномерно распределяются внутри емкости, имеют следующий состав: 52-88% механические примеси, 12-42% углеводороды. В таблице 1 представлены данные по отложениям нефти [5].

Для разбиения донных отложений на практике применяют электромеханические мешалки моделей «Диоген» или «Тайфун». Принцип работы электромеханической мешалки заключается в процессе перемешивания направленной затопленной струей нефти, создаваемой вращающимся пропеллером, при котором тяжелые донные отложения взвешиваются в общей массе нефти. Разбиение донных отложений происходит за счет непосредственного перемешивания нефти струей, создаваемой пропеллером, а также за счет создания кругового вращения всей массы хранимой нефти в резервуаре при работе пропеллера в крайних угловых положениях [1].

Таблица 1. Физико-химические характеристики отложений при хранении нефти

№ п/п	Параметры	Значения
1	Содержание нефтепродуктов	14-42%
2	Содержание механических примесей	52-88%
3	Состав осадка:	
	Асфальтены	6-25%
	Смолы	7-20%
	Парафины	1-12%
	Масла	70-80%
	Вода	0,3-8%
	Водорастворимые соли	0,2-1%
4	Хлористые соли	33-1100 мг/л
5	Сера	1,5-5,3 %
6	Содержание металлов:	
	Ванадий	$1,4 \cdot 10^{-2} - 9,5 \cdot 10^{-2} \%$
	Никель	$2,4 \cdot 10^{-3} - 8 \cdot 10^{-3} \%$
7	Плотность жидкой фазы	940-950 кг/м ³

Следует подчеркнуть недостатки винтовых мешалок [1]. Так, расположение винта мешалки у стенки емкости приводит к значительному уменьшению скорости движения нефти на диаметрально противоположном участке; площадь охвата турбулентной струи ограничивается углом, равным 22—25°; взвешивание осадка на остальной площади днища производится вторичным течением, т.о. происходит перемещение нефтешлама с места на место с последующим разбиением. При этом необходимо добиваться мощных вихреобразований, что приводит к дополнительным затратам электроэнергии, требуя устройство силовой электропроводки низкого напряжения и к затратам по усилению нижнего пояса емкости. При работе электромеханической мешалки возникают вибрации стенки емкости, которые могут привести к ее разрушению, загоранию углеводородных газов, с последующим пожаром резервуарного парка.

Сотрудниками ООО «НТ-Центр» и УГНТУ с целью устранения перечисленных недостатков была разработана конструкция струйного гидрав-

лического смесителя (СГС) [2], а также ее усовершенствованная модель, которая в настоящее время находится в патентной доработке. Смеситель СГС предназначен для предотвращения накопления донных отложений в резервуарах при заполнении их нефтью или нефтепродуктами и характеризуется экономичностью за счет использования части потенциальной энергии потока в трубопроводе перед резервуаром, а также созданием гомогенизированной по всему объему смеси за счет эжектора.

Смеситель СГС работает следующим образом. Через приемно-раздаточные патрубки нефть или нефтепродукт заполняют емкость на высоту равную $\frac{L}{3}$ м, затем весь поток нефти или нефтепродукта направляют через струйный гидравлический смеситель СГС (рисунок 1 - схема обвязки). Поток закачиваемой нефти или нефтепродукта в смесителе разделяется на три равных потока. Струя, затопленная гидравлическая осесимметричная, которая выходит из центрального и боковых сопел со скоростью 20 м/с, расширяется под углом 22° относительно оси, что позволяет с максимальным эффектом использовать ее скорость и зону действия. Угол распространения струи до 40° достигается за счет коэффициента турбулентности $a = 0,4$. Два боковых сопла расположены под углом 40° к оси центрального сопла в горизонтальной плоскости, обеспечивая максимальное перекрытие площади днища резервуара. Центральное сопло также является эжектором. Из центрального сопла струя со скоростью 20 м/с входит в конфузор, в него также подсасывается жидкость из резервуара со скоростью 1 м/с. Смесь жидкостей проходит через камеру смешивания и выходит из нее со скоростью 9 м³/с и происходит перемешивание нефти и нефтепродуктов в емкости. Эти три струи, выходя из смесителя, срывают донные отложения, а также препятствуют образованию новых. Откачка нефти и нефтепродуктов происходит через приемно-раздаточные патрубки.

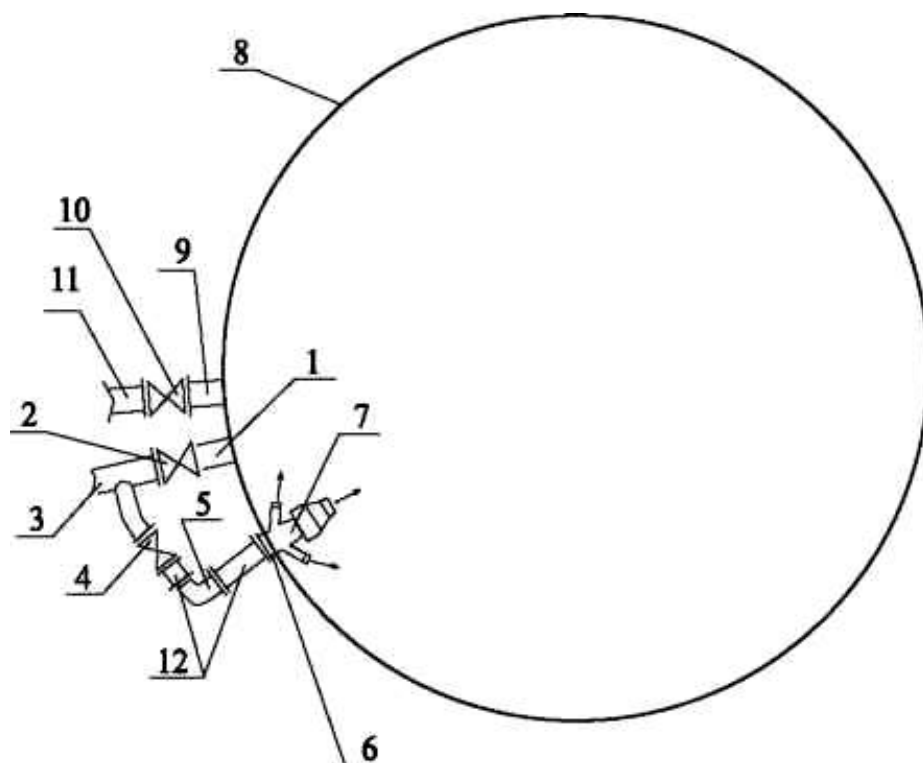


Рисунок 1. Схема обвязки

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 - емкость; 9 - раздаточный патрубок; 10 - задвижка раздаточного патрубка; 11 - отводящий трубопровод; 12 - технологические трубопроводы

По теории Г.Н. Абрамовича о затопленных струях [3] скорость $v(x)$ в каждом сечении струи распределяется по закону:

$$v(x) = -\frac{\tilde{v} \cdot x^2}{r} + \tilde{v}, \quad (1)$$

где r - радиус струи в сечении; x - расстояние от оси струи; \tilde{v} - скорость на оси струи.

Результаты по численному расчету с помощью средств Microsoft Excel представлены на рисунке 2.

Анализируя графики на рисунке 2, следует заметить, что электро-механическая мешалка «Диоген - 500/700» работает эффективно только на расстоянии 19 м, скорость ее струи уступает скорости смесителя СГС в 2,5 раза.

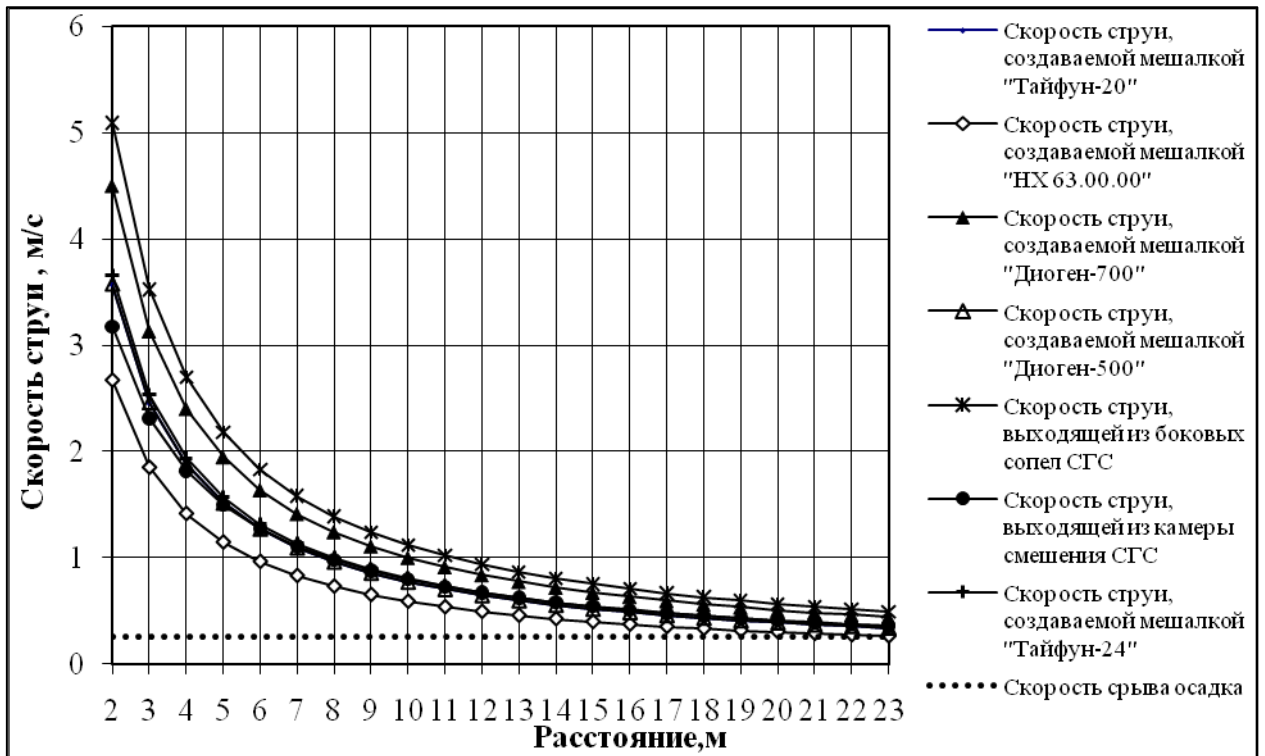


Рисунок 2. График зависимости скорости струи смесителя СГС и электромеханических мешалок «Диоген - 500/700»

Методами последовательной диагностической процедуры Вальда определены рациональные параметры работы смесителя СГС [2]. Усовершенствованная модель смесителя СГС представлена на рисунке 3, а технические характеристики указаны в таблице 2.

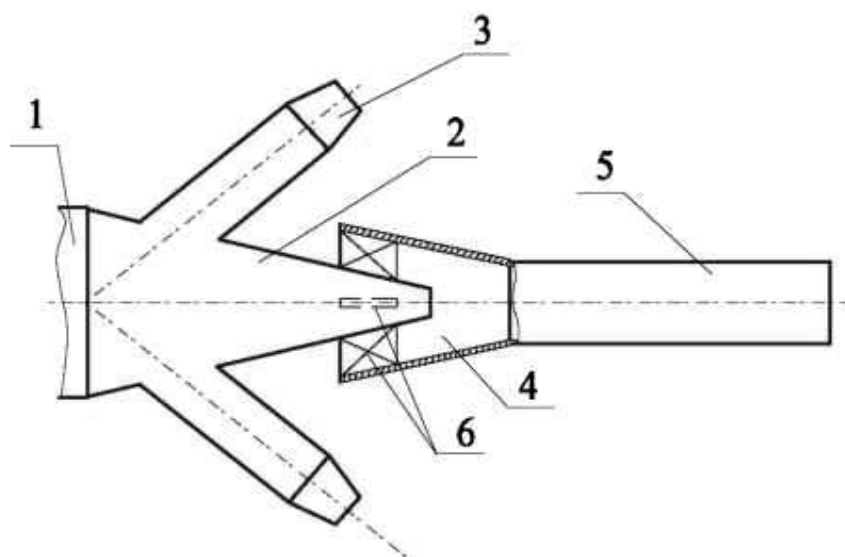


Рисунок 3. Струйный гидравлический смеситель:
1 - подводящий патрубок; 2 - центральное сопло; 3 - боковое сопло;
4 - конфуззор; 5 - камера смешения; 6 - ребра жесткости

Таблица 2. Технические характеристики смесителей «Диоген 500-700» и СГС

Наименование характеристики	Значения характеристик для моделей «Диоген 500-700»	Значения характеристик для смесителя СГС
Полезная мощность, кВт (при 3000 м ³ /ч)	6,4	35
Срок службы, лет	15	20
Стоимость, тыс. руб (в 2010г)	1500	1300
КПД смесителя	0,4-0,6	0,95
Габариты, ДхШхВ, м	1,8х0,5х0,9 - 1,8х0,7х1	1,8х1х0,5
Масса, кг	360-400	400

Выводы

Применение в отдельных резервуарных парках Республики Башкортостан и Республики Татарстан разработанной авторами усовершенствованной модели смесителя СГС привело не только к ликвидации потери нефти при транспортировке, но и к гомогенизации нефти по всему объему емкости. Гомогенизированная нефть при переработке выдает примерно 95% выхода светлых продуктов – бензина, керосина, дизельного топлива. Смесители СГС показали устойчивую работу в течение последних 5 лет.

Список используемых источников

- 1 Кононов О.В., Мастобаев Б.Н., Галиакбаров В.Ф. Анализ и классификация существующих способов борьбы с отложениями в нефтяных емкостях: учебно-метод. пособие. Уфа: изд-во «Реактив», 2010. 40 с.
- 2 Устройство для перемешивания жидкостей в резервуарах/ Галиакбаров В.Ф. и др.: пат. 2189852 Рос. Федерация. № 2001110507/12; заявл. 17.04.2001; опубл. 27.09.2002 // Б.И. 2002. №27. С. 405.
- 3 Гидравлика и аэродинамика: учебник/ Альтшуль А. Д. и др. М.: Стройиздат, 1987. 414 с.

4 Коршунов Е.С., Едигаров С.Г. Промысловый транспорт нефти и газа: монография. М.: Недра, 1975. 296 с.

5 Вургафт А.В. Образование донных отложений при перевозке парафинистых нефтей в танкерах// Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов: науч. – техн. журн./ВНИИОЭНГ. 1973. №4. С.28-32.

6 Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках / URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ (дата обращения: 11.07.2014.)

7 РД 153-39ТН-012-96. Инструкция по пожаровзрывобезопасной технологии очистки нефтяных резервуаров. М.: изд-во ОАО «АК Транснефть», 1996. 26 с.

References

1 Kononov O.V., Mastobaev B.N., Galiakbarov V.F. Analiz i klassifikacija sushhestvujushhih sposobov bor'by s otlozhenijami v neftjanyh em-kostjah: uchebno-metodicheskoe posobie/ Ufa. Izd-vo «Reaktiv». 2010. 40 s. [in Russian].

2 Ustrojstvo dlja peremeshivaniya zhidkостей v rezervuarah/ Galiakbarov V.F. i dr.: pat. 2189852 Ros. Federacija. № 2001110507/12; zajavl. 17.04.2001; opubl. 27.09.2002 // B.I. 2002. №27. S. 405. [in Russian].

3 Gidravlika i ajerodinamika: uchebnik/ Al'tshul' A. D. i dr. M.: Strojizdat, 1987. 414 s. [in Russian].

4 Korshunov E.S., Edigarov S.G. Promyslovyj transport nefti i gaza: monografija. M.: Nedra, 1975. 296 s. [in Russian].

5 Vurgaft A.V. Obrazovanie donnyh otlozhenij pri perevozke parafinistyh neftej v tankerah// Transport i hranenie nefti i nefteproduktov: nauch. – tehn. zhurn./VNIIOJeNG. 1973. №4. S.28-32. [in Russian].

6 Rukovodstvo po tusheniju nefti i nefteproduktov v rezervuarah i rezervuarnyh parkah / URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ (data obrashhenija: 11.07.2014.) [in Russian].

7 RD 153-39TN-012-96. Instrukcija po požarovzryvobezopasnoj tehnologii ochildki neftjanyh rezervuarov. M.: izd-vo OAO «AK Transneft'», 1996. 26 s. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Галиакбарова Э.В., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Математика», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация.

E.V. Galiakbarova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Chair “Mathematics”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation.

Валявин Г.Г., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологии нефти и газа», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

G.G. Valyavin, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Technology of Oil and Gas”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Галиакбаров В.Ф., д-р техн. наук, профессор кафедры «Вычислительной техники и кибернетики», ФГБОУ ВПО УГНТУ, генеральный директор ООО «НТ-Центр», г. Уфа, Российская Федерация.

V.F. Galiakbarov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Computer Science and Cybernetics”, FSBEI HPE USPTU, Director General of LLC “ST-Centre”, Ufa, the Russian Federation.

e-mail: emi.galiakbar@yandex.ru