

УДК 622.692

К ВОПРОСУ О ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ

^{1,2}Шайхутдинова М.Ш., ³Дудников Ю.В., ⁴Ямалетдинова К.Ш., ⁴Гоц С.С.

¹АО «Транснефть-Урал», Уфа;

²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа;

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования
по Республике Башкортостан, Уфа;

⁴ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: margarita.shajkhutdinova@yandex.ru

Донные отложения, образующиеся в резервуарах, являются производной составной частью нефти, и поэтому их свойства главным образом зависят от состава исходной нефти. Электрофизические свойства АСПО (асфальтосмолопарафиновые отложения) и нефти существенно различаются в зависимости от температуры исследования. При длительной эксплуатации резервуаров с течением времени накапливаются донные отложения, сокращающие полезную ёмкость и затрудняющие их эксплуатацию. Донные отложения распределяются от основания резервуара и выше неравномерно, наибольшая толщина наблюдается в участках, удалённых от приёмо-раздаточных патрубков, что не позволяет точно замерять фактическое количество нефти в резервуаре. Теоретическим аспектом предотвращения образования и накопления донных отложений является обеспечение вихревого течения жидкости. Нами разработана конструкция резервуара, в основе которой используется рассматриваемый аспект. В работе также приводится сравнительный анализ некоторых существующих и применяющихся в настоящее время из большого количества методов и устройств, конструкция которых направлена на предотвращение образования и накопления донных отложений. Существующие средства предотвращения образования и накопления донных отложений, нашедшие наибольшее применение, основаны на механическом методе перемешивания. Предлагаемая конструкция резервуара для предотвращения образования и накопления донных отложений отличается от классической конструкции резервуара расположением приёмо-раздаточных патрубков. Входной и выходной патрубок устанавливаются на диаметрально-противоположной стороне стенки корпуса резервуара и за счёт постоянного движения потока жидкости внутри резервуара, поступления продукта с одной стороны и откачки с диаметрально противоположной, вследствие чего не происходит отставания продукта в зонах, отдалённых от приёмо-раздаточных патрубков.

Ключевые слова: донные отложения, предотвращение образования и накопления, конструкция резервуара

TO THE QUESTION ABOUT PREVENTION FORMING AND ACCUMULATION BOTTOM SEDIMENTS IN OIL STORAGEES

^{1,2}Shajkhutdinova M.Sh., ³Dudnikov Yu.V., ⁴Yamaletdinova K.Sh., ⁴Gots S.S.

¹Joint Stock Company «Transneft-Ural», Ufa;

²Ufa State Petroleum Technological University, Ufa;

³Federal Agency of Natural Resources Management, Ufa;

⁴Bashkir State University, Ufa, e-mail: margarita.shajkhutdinova@yandex.ru

Bottom sediments, which forming in oil storages are a derivative part of oil, and therefore their properties are mainly dependent on the original oil composition. The electrophysical properties of ASPO (asphaltic-resinous paraffin deposits) and oil vary significantly depending on the studying temperature. During long exploitation of reservoirs in time accumulates bottom sediments. They are reducing the formatted capacity of reservoirs and hampering their exploitation. The bottom sediments are distributed from bottom of reservoir and higher unevenly, a most thickness is observed in areas remote from the pipe headers, that does not allow exactly to measure the actual amount of oil in a reservoir. The theoretical aspect of prevention in forming and accumulation of bottom sediments is providing of vortical flow of liquid. We developed the construction of oil storage that based on studying theoretical aspect. In this work also carried out comparative analysis of some existing and using at the present time from big quantity methods and devices, the construction of which directed to prevention forming and accumulation asphalt-resin-paraffin deposits. Existing facilities for prevention forming and accumulation asphalt-resin-paraffin deposits, which find most application, are based on a mechanical method mixing. The offered reservoir construction for prevention forming and accumulation asphalt-resin-paraffin deposits differs from the classic reservoir construction with location of the pipe headers. Entrance and output branch pipe set on the diametrically opposite side of wall corps reservoir and due to constant motion stream liquid into a reservoir, product entrance from one side and pumping from diametrically-opposite side, because of whatever defending product in zones remote from pipe headers.

Keywords: bottom sediments, prevention forming and accumulation, oil storages construction

При длительной эксплуатации резервуаров с течением времени накапливаются донные отложения, сокращающие полезную ёмкость и затрудняющие их эксплуатацию. Донные отложения распределяются по поверхности дна резервуара неравномерно,

наибольшая толщина наблюдается в участках, удалённых от приёмо-раздаточных патрубков, что не позволяет точно замерять фактическое количество нефти в резервуаре. Со временем осадок уплотняется и в отдельных зонах трудно поддаётся размыву, пре-

вращается в АСПО. Кроме того, при отстаивании нефти в течение длительного времени может наблюдаться появление воды на дне резервуара, что тоже послужит некорректному подсчету объема нефти в наземном нефтехранилище. Донные отложения, АСПО представляют собой многокомпонентную смесь, состоящую из различных углеводородов, парафинов, асфальтенов, смол, механических примесей и других компонентов [1]. По своей природе донные отложения, нефть занимают промежуточное положение между диэлектриками и полупроводниками [2–3].

Теоретическим аспектом предотвращения образования и накопления донных отложений является обеспечение квазивихревого течения жидкости. Основным уравнением, которое описывает течение жидкости, является уравнение неразрывности или непрерывности (1), которое представлено в следующем виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \omega)}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

где x, y, z – координаты движущейся частицы жидкости во времени t ;

ω, v, u – составляющие компоненты вектора скорости;

ρ – плотность жидкости.

При постоянном значении плотности $\rho = \text{const}$ уравнение неразрывности принимает следующий вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

Также при математическом описании вихревого движения жидкости используют теоремы Гельмгольца [4]. Вихрем скорости называется вектор, имеющий составляющие в каждой точке [5]:

$$\xi = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right), \quad \eta = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \right),$$

$$\zeta = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right), \quad (3)$$

где ξ, η, ζ – компоненты по осям координат x, y, z вращательной или угловой скорости частицы жидкости при вращении вокруг своего центра тяжести.

Вихревой поверхностью называют поверхность, которую образуют вихревые линии, т.е. касательная точка которой проходит через вектор вихря и имеет вид

$$\xi \times \frac{df}{dx} + \eta \times \frac{df}{dy} + \zeta \times \frac{df}{dz} = 0. \quad (4)$$

При описании вихревого движения жидкости выделяют «вынужденные» и «свободные» вихри. Различают вихри Рэнкина, которые занимают промежуточное положение между двумя вышеназванными вихрями. Распределение скорости вихря Рэнкина имеет вид [6]:

$$v = \frac{C}{r} \times \left[1 - \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2}\right) \right], \quad (5)$$

где r – расстояние до оси вращения, м; C и r_0 – константы, которые определяют интенсивность вихря и радиальную координату, условно разделяющую свободный и вынужденный вихри.

В реальных условиях течение жидкости, которое похоже на вихри Рэнкина, можно увидеть при сливе воды из ванной. Многие экспериментальные исследования были посвящены описанию вихревого течения жидкости, которое образовывалось благодаря вращению диска, каких-либо решёток, предметов, помещённых внутри сосуда [7]. Похожие исследования проведены [8] для жидкости, помещённой в усечённый конус, где также прослеживается образование вихрей в зависимости от значения числа Рейнольдса и угла сечения конуса. Для предотвращения образования донных отложений существует гипотеза искусственного формирования вихревого течения в трубках за счет применения их специальной конструкции, предложенных Шаубергером [9]. С целью повышения энергоэффективности технологических процессов трубопроводного транспорта В.В. Жолобов и другие в работе [10] описывают применение замкнутых вихревых образований при размыве донных отложений в вертикальных резервуарах, очистке стенок трубопровода.

С целью предотвращения образования и накопления донных отложений в настоящее время используется большое количество методов и устройств. Например, физический метод основан на воздействии на нефть, нефтепродукты механического, ультразвукового колебания, электрического, магнитного и электромагнитного полей; в основе механического колебания или воздействия лежит процесс перемешивания сред.

Процесс перемешивания жидких сред широко распространён в ряде производств. Под перемешиванием понимают процесс многократного относительного перемешивания макроскопических элементов объёма жидкой среды относительно друг друга под действием импульса, передаваемого среде механической мешалкой, струёй газа или

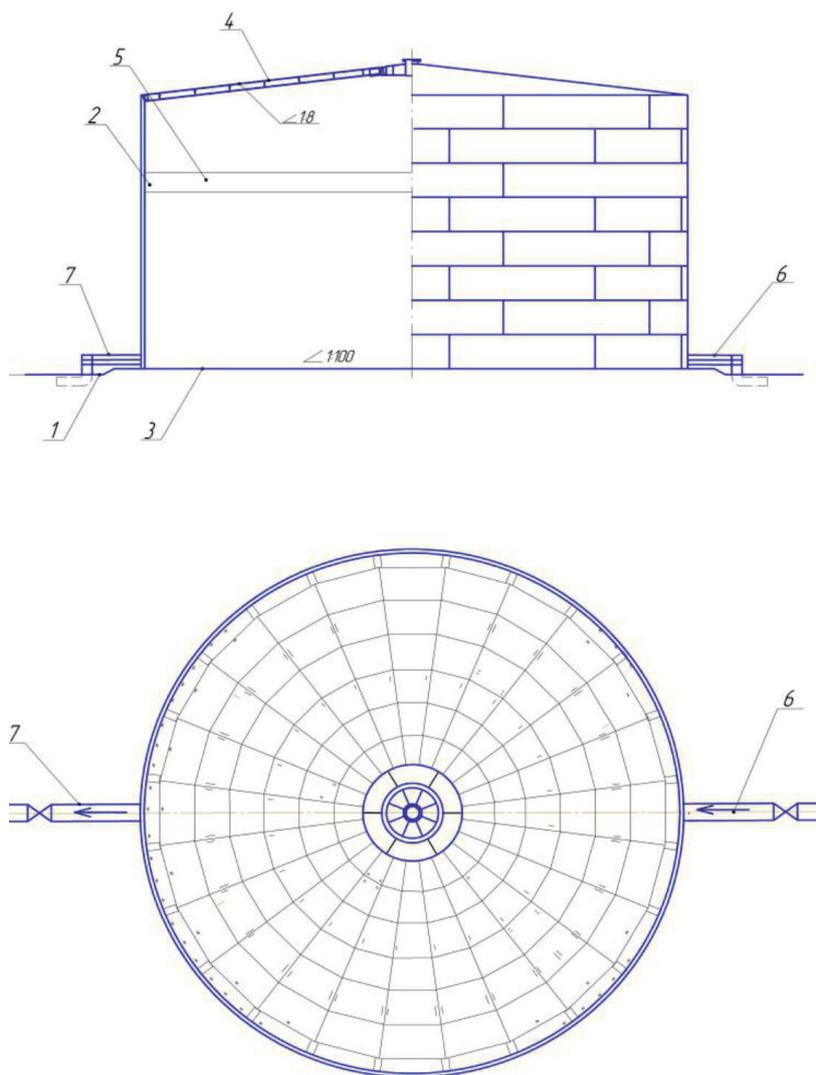
жидкости. Различают механический, пневматический и циркуляционный методы перемешивания.

Механический метод осуществляется путём механического воздействия рабочего органа (мешалки) на рабочую среду. Для ёмкостей номинальным объёмом от 0,01 до 100 м³ различают лопастные, зубчатые, винтовые, турбинные, шнековые, якорные и т.д. Выбор той или иной мешалки обуславливается физико-химическими свойствами сред, значением вязкости, видом протекающей химической реакции и необходимой частотой вращения.

Пневматический метод основан на пропуске струи газа через слой жидкости и осуществляется подачей воздуха в нижнюю часть сосуда через трубу открытым концом, при этом конец трубы изгибают во

избегание ударов струи о днище. Недостатками данного метода являются большой расход энергии на подачу газа (воздуха), воздействие на жидкую среду и при интенсивном перемешивании происходит накопление статического электричества, что может привести к воспламенению среды или взрыву.

Циркуляционный метод осуществляется за счёт применения насосов, которые забирают жидкость с нижней части ёмкости и сильной струёй возвращают обратно, в месте забора, либо в удалённую часть. Применяют центробежные насосы, инжекторные и диафрагмовые смесители. Недостатком является оседание вещества на дне ёмкости из-за наличия расстояния между насосом и дном, также при поломке насосов возможен простой оборудования.



Общий вид резервуара: 1 – фундамент; 2 – стенка; 3 – днище; 4 – крыша;
5 – понтон; 6 – входной патрубок; 7 – выходной патрубок

Существующие средства предотвращения образования и накопления донных отложений, нашедшие наибольшее применение, основаны на механическом методе перемешивания.

Предлагаемая конструкция резервуара (рисунок) для предотвращения образования и накопления донных отложений отличается от классической конструкции резервуара расположением приёмо-раздаточных патрубков. Входной и выходной патрубки устанавливаются на диаметрально противоположной стороне стенки корпуса резервуара. Данное расположение патрубков позволяет предотвратить образование и накопление донных отложений за счёт постоянного движения потока жидкости внутри резервуара, поступления продукта с одной стороны и откачки с диаметрально противоположной, вследствие чего не происходит оттаивания продукта в зонах, отдалённых от приёмо-раздаточных патрубков.

Заключение

В данной работе предлагается конструкция резервуара, в основе которой используются основы вихревого течения жидкости. Отличительной особенностью от классической конструкции резервуара является расположение приёмо-раздаточных патрубков, за счет которого и происходит предотвращение образования и накопления донных отложений в резервуаре.

Список литературы

1. К вопросу об исследовании физико-химического состава асфальтосмолопарафиновых отложений / М.Ш. Шайхутдинова [и др.] // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения: сб. науч. тр. – Уфа: ООО «Монография», 2016. – Вып. 5 (10). – С. 363–366.
2. Шайхутдинова М.Ш. Энергетические характеристики процессов электропроводности асфальтосмолопарафиновых отложений / М.Ш. Шайхутдинова, С.С. Гоц, К.Ш. Ямалетдинова // Научно-технические проблемы нефтегазового комплекса: материалы Межд. молодежной науч. конф. (Уфа, 19–24 дек. 2016г.). – Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. – С. 79–80.
3. Шайхутдинова М.Ш. Экспериментальное исследование на низких частотах частотной и температурной зависимостей электропроводности асфальтосмолопарафиновых отложений в резервуарах / М.Ш. Шайхутдинова, С.С. Гоц, К.Ш. Ямалетдинова // Теплофизика высоких температур. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 141–144. URL: <http://mi.mathnet.ru/rus/tvt/v56/i1/p141> (дата обращения: 18.02.2018). DOI: 10.7868/S0040364418010167.
4. Гельмгольц Г. Основы вихревой теории / Г. Гельмгольц. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 82 с.
5. Козлов В.В. Общая теория вихрей / В.В. Козлов. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2013. – 324 с.
6. Коркодинов Я.А. Применение эффекта Ранка – Хилша / Я.А. Коркодинов, О.Г. Хурматуллин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 42–54. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-effekta-ranka-hilsha> (дата обращения: 18.02.2018).

berleninka.ru/article/n/primeneniye-effekta-ranka-hilsha (дата обращения: 18.02.2018).

7. Y. Wu. Effect of geometrical contraction on vortex breakdown of swirling turbulent flow in a model combustor / Y. Wu, C Carlsson, R. Szasz, L. Peng, L. Fuchs, X.S. Bai // Fuel. – 2016. – V. 170. – P. 210–225. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.12.035> (дата обращения: 18.02.2018). DOI: 10.1016/j.fuel.2015.12.035.
8. Escudier M.P. Flow produced in a conical container by a rotating endwall / M.P. Escudier, J. O’Leary, R.J. Poole // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2007. – T. 28. – P. 1418–1428. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2007.04.018> (дата обращения: 18.02.2018). DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2007.04.018.
9. Шайхутдинова М.Ш. Энергия воды / В. Шайхутдинов. – М.: Яуза, 2007. – 320 с.
10. Ширяев А.М. О применении замкнутых вихревых образований для повышения энергоэффективности технологических процессов трубопроводного транспорта / А.М. Ширяев, В.В. Жолобов, С.А. Савинов // Наука и технологии транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 1(17). – С. 26–35.

References

1. Shaikhutdinova M.Sh., Iamaletdinova K.Sh., Gots S.S., Khafizov A.R., Iangurazova Z.A., Bondaruk A.M. K voprosu ob issledovanii fiziko-khimicheskogo sostava asfal'tosmoloparafinykh otlozhenii [To the question about physicochemical composition of asphalt-resin-paraffin deposits]. Neftegazovye tekhnologii i novye materialy. Problemy i resheniia. [Oil and gas technologies and new materials. Problems and solutions.]. Ufa, OOO Monografiia, 2016, pp. 363–366.
2. Shaikhutdinova M.Sh., Gots S.S., Iamaletdinova K.Sh. Energeticheskie kharakteristiki protsessov elektroprovodnosti asfal'tosmoloparafinykh otlozhenii [Energy characteristics of processes of electrical conductivity of asphaltic-resinous paraffin deposits]. Naukoemkie tekhnologii v reshenii problem neftegazovogo kompleksa (g. Ufa, 19–24 dekabria 2016 g.) [Proceedings of High technology in solving oil and gas complex problems (ufa, December 19–24, 2016)]. ufa, RITs BashGU, 2016, pp. 79–80.
3. Shaikhutdinova M.Sh., Gots S.S., Iamaletdinova K.Sh. Low-Frequency Experimental Investigation of Frequency and Temperature Dependences of the Electrical Conductivity of Asphalt-Resin-Paraffin Deposits in Reservoirs [Eksperimental'noe issledovanie na nizkikh chastotakh chastotnoi i temperaturnoi zavisimosti elektroprovodnosti asfal'tosmoloparafinykh otlozhenii v rezervuarakh]. Teplofizika vysokikh temperatur – High Temperature, 2018, vol. 56, no. 1. available at: <http://mi.mathnet.ru/rus/tvt/v56/i1/p141> (accessed 18.02.2018). DOI: 10.7868/S0040364418010167.
4. Gel'mgol'ts G. Osnovy vikhrevoi teorii [Fundamentals of vortex theory]. Moscow-Izevsk, Institut komp'uternykh issledovanii, 2002, 82.
5. Kozlov V.V. Obschchaia teoriia vikhrei [Common vortex theory]. Izevsk, Institut komp'uternykh tekhnologii, 2013, 324.
6. Korcodinov Ia.A. The application of the Rank – Hilsh effect [Primenenie effekta Ranka – Hilsh'a]. Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie – Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Mechanical engineering, materials science, 2012, vol. 14, no. 4. available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-effekta-ranka-hilsha>. (accessed 18.02.2018).
7. Wu Y., Carlsson C., Szasz R., Peng L., Fuchs L., Bai X.S. Effect of geometrical contraction on vortex breakdown of swirling turbulent flow in a model combustor. Fuel, 2016, no. 170. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.12.035> (accessed 18.02.2018). DOI: 10.1016/j.fuel.2015.12.035.
8. Escudier M.P., OLeary J., Poole R.J. Flow produced in a conical container by a rotating endwall. International Journal of Heat and Fluid Flow, 2007, vol. 28, no. 6. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2007.04.018> (accessed 18.02.2018). DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2007.04.018.
9. Shauberger V. Energiia vody [Energy of water]. Moscow, Iauza, 2007, 320.
10. Shiriaev A.M., Zholobov V.V., Savinov S.A. About application of the closed vortex formations for increase of energy efficiency of technological processes of pipeline transport [O primeneni zamknutykh vikhrevykh obrazovanii dlia povysheniia energoeffektivnosti tekhnologicheskikh protsessov truboprovodnogo transporta]. Nauka i tekhnologii transporta nef'ti i nefteproduktov – Pipeline Science and Technology, 2015, no. 1, pp. 26–35.