

ТРАНСПОРТ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОРСКИХ СУДОВ*Марьянов Денис Николаевич**аспирант, Национальный университет Одесская морская академия,
Украина, г. Одесса**E-mail: denismaryanovv@gmail.com*IMPROVING THE FUNCTIONING OF SPECIAL SYSTEMS OF SPECIALIZED
MARINE VESSELS*Denys Maryanov**graduate student of National University Odessa Maritime Academy,
Ukraine, Odessa*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности перевозки морскими специализированными судами специальных технических жидкостей (бурильных суспензий). Определено, что в связи с легированием этих жидкостей тяжелыми химическими соединениями происходит стратификация их плотности. Экспериментально установлено, что стратификация плотности бурительных суспензий может достигать 48...53 %. Для предотвращения этого явления предложено обеспечить дополнительную циркуляцию суспензии в грузовом танке. Экспериментально подтверждено, что при этом обеспечивается поддержание стратификации плотности бурительной суспензии в объеме грузового танка на уровне 1,5...2,1 %.

ABSTRACT

Peculiarities of transportation of specialized technical fluids (drilling suspensions) by specialized marine vessels are considered. It is determined that due to the doping of these liquids with heavy chemical compounds, their density is stratified. It was experimentally established that the stratification of the density of drill slurries can reach 48...53 %. To prevent this phenomenon, it was proposed to provide additional circulation of the suspension in the cargo tank. It has been experimentally confirmed that this ensures the maintenance of stratification of the density of the drilling suspension in the volume of the cargo tank at the level of 1.5...2.1 %.

Ключевые слова: морское специализированное судно, технические жидкости, реологические характеристики, седиментация, плотность, стратификация плотности.

Keywords: specialized marine vessel, technical fluids, rheological characteristics, sedimentation, density, density stratification.

Ежегодное увеличение потребления углеводородного сырья, превалирование использования жидкого и газообразного топлива над твердым, отсутствие реальных альтернатив нефти и газу как основному источнику тепловой энергии приводит к постепенному истощению их континентальных месторождений. Дальнейший рост потребления энергии в промышленности, на транспорте и в повседневной жизни повышает дефицит топлива нефтяного происхождения, который может быть обеспечен только континентальными запасами. Поэтому в последнее время большое количество стран развивают и расширяют освоение ресурсов континентального шельфа и Мирового океана. При этом добыча углеводородного сырья осуществляется на автономных

буровых платформах, расположенных вне материковых территорий, а поэтому требующих доставки на них специального оборудования, техники и материалов.

Морские суда, обеспечивающие заводку якорей, буксировку и снабжение морских буровых платформ, характеризуются повышенной насыщенностью судовой энергетической установки вспомогательным оборудованием, наличием специализированных механизмов и систем, а также необходимостью транспортировки технических жидкостей, которые в последствии используются для обеспечения процесса добычи нефтепродуктов. Эти жидкости (бурительные суспензии) выполняют функции смазывания, охлаждения и промывания

бурового оборудования и являются их неотъемлемой частью [9].

По своему структурному составу бурильные суспензии представляют собой смеси высокомолекулярными соединениями с отдельными металлоорганическими (щелочными, щелочноземельными, переходными), кремнийорганическими и фторорганическими соединениями. Это увеличивает их плотность, вязкость, а также существенно изменяет реологические характеристики [11]. Их транспортировка на буровые платформы выполняется морскими специализированными судами, которые осуществляют их перевозку в грузовых танках. Время транспортирования зависит от удаленности буровой платформы от базового порта, скоростных характеристик судна, а также от внешних условий (погоды, ветра, волнения моря) и может достигать 7...10 дней. При этом, в связи с действием гравитационных сил, более тяжелые компоненты, входящие в состав бурильных суспензий, постепенно осаждаются в грузовых танках. Это приводит не только к ухудшению их функциональных характеристик за счет расслоения, но и способствует образованию плотных кремний органических и графитовых соединений на дне грузового танка. Результатом этого может стать полное отсутствие текучести бурильной суспензии и не возможность ее транспортировки из грузового танка специализированного судна на буровую платформу [12].

Для ликвидации подобных последствий требуется значительное время (от нескольких часов до нескольких дней) на демонтаж системы перекачивания груза, очистку грузовых танков и восстановление реологических характеристик перевозимых технических жидкостей [4].

Поддержание реологических характеристик бурильных суспензий, является актуальной прикладной задачей (поскольку обеспечивает надежное функционирование оборудования и непрерывность процесса добычи и транспортировки углеводородного сырья), при этом ее решение, как правило, рассматривается и обеспечивается для континентальных месторождений, для условий, не учитывающих специфику транспортировки и передачи бурильных суспензий на морские или океанские буровые платформы. [3, 10]. Вопросы обеспечения функциональных свойств и эксплуатационных характеристик подобных технических жидкостей применительно к морской отрасли практически не изучены; правила их транспортировки не имеют подтвержденных практических рекомендаций; латентное ухудшение их реологических показателей (вязкости, плотности, седиментационной стойкости) не всегда может быть определено, оценено и устранено судовым экипажем [1].

Задачей исследования являлось определение стратификации плотности технических жидкостей (бурильных суспензий) при их транспортировке в

танках специализированного морского судна с последующей разработкой практических рекомендаций по обеспечению минимального уровня данной стратификации.

Экспериментальные исследования выполнялись на морском специализированном судне, обеспечивающем снабжение нефтедобывающих платформ.

Плотность бурильных суспензий в 1,3...1,5 раза превышает плотность нефтепродуктов (топлива и масла), находящихся на судне. Это (для обеспечения устойчивости) вынуждает располагать грузовые танки, в которых находится бурильные суспензии, ниже ватерлинии. К конструктивным недостаткам системы транспортировки бурильной суспензии также относится повышенная длина трубопроводов, обеспечивающих ее перекачивание с борта судна на океанскую или морскую платформу. Как первое, так и второе способствует росту гидродинамических потерь, повышает вероятность нарушения сплошности потока при движении суспензии по магистралям системы, а также может способствовать возникновению срывов всасывания грузовых насосов. Решение проблемы повышения однородности бурильной суспензии, транспортируемой в грузовых танках специализированных судов, предлагалось различными способами, к наиболее распространенным из которых относятся разбавление/промывание суспензии морской водой, паровой обогрев магистралей, добавление специальных присадок [2, 13, 14].

Одним из вариантов, обеспечивающих сохранение эксплуатационных свойств бурильных суспензий, а также поддержания необходимого технического и функционального состояния судовой системы транспортировки бурильной суспензии, является ее упрощение путем минимизации протяженности магистралей и трубопроводов, выбор оптимальной конструкции и режимов работы грузовых насосов, а также непосредственное воздействие на дисперсные компоненты суспензии [6, 7].

Реализация подобной технологии возможна с применением дополнительной системы управления, которая должна обеспечивать:

- постоянный мониторинг плотности бурильной суспензии как в грузовых танках, так и на отдельных участках системы;
- возможность дополнительной принудительной циркуляции бурильной суспензии в грузовых танках;
- дистанционное открытие/закрытие клапанов перепуска и циркуляции;
- контроль давления всасывания грузовых насосов;
- контроль и сигнализацию уровня суспензии в грузовом танке [5, 8].

Один из вариантов решения поставленной задачи был осуществлен за счет использования схемы, приведенной на рис. 1.

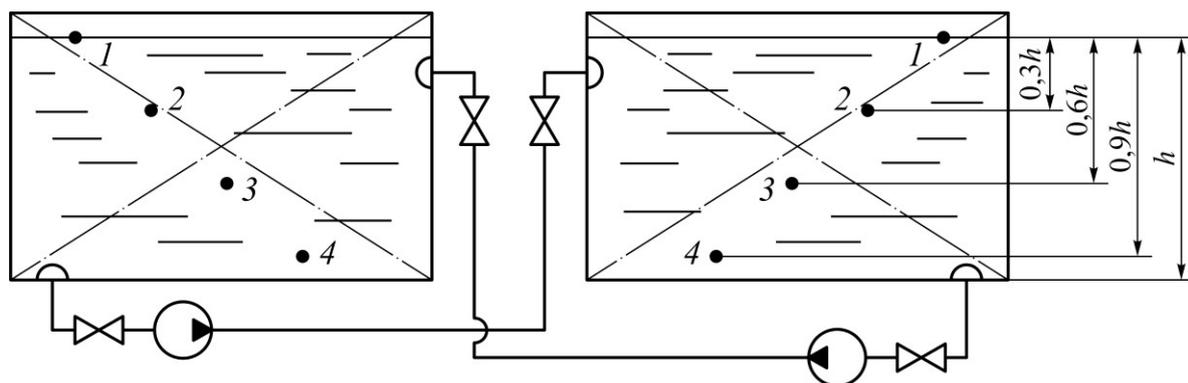


Рисунок 1. Схема обеспечения дополнительной циркуляции и контроля плотности технических жидкостей, перевозимых в грузовых танках специализированных судов

В предлагаемом варианте комплектации схема была дооборудована трубопроводами циркуляции, соединяющими нагнетательную линию насоса (забирающего жидкость из нижней части танка) и верхнюю часть грузового танка. При этом обеспечивалось дополнительное движение жидкости из нижней части одного танка в верхнюю часть другого. При этом (по нашему предположению) должно было поддерживаться однородное состояние технической жидкости как находящейся в танке, так и всего ее объема, передаваемой в последствии на буровую платформу. Контроль реологических характеристик технической жидкости осуществляется путем измерения плотности в различных точках грузового танка (точки 1, 2, 3, 4 на рис. 1). При этом, плотность жидкости в точке 1 соответствует плотности на поверхности, в точке 2 – на уровне 30 % от общей высоты столба жидкости – $0,3h$, в точке 3 – на уровне – $0,6h$, в точке 4 – на уровне – $0,9h$.

Конструкция специализированного судна и технология транспортирования технической жидкости предусматривала ее перевозку в четырех равноразмерных грузовых танках. В двух из них выполнялась модернизация (устанавливалась система дополнительной циркуляции в соответствии с рис. 1). Перевозка технической жидкости в двух других танках производилась в обычных условиях, без их модернизации. В обоих парах грузовых танков выполнялся контроль плотности технической жидкости на разной высоте (в точках 1, 2, 3, 4 – рис. 1) в следующем интервале времени: 6, 12, 18, 24 часа. Усредненные результаты измерения в одинаковых точках двух однотипных танков приведены в таблице 1.

По результатам, приведенным в таблице 1, построены номограммы, отражающие изменение плотности буровой суспензии во времени в разных по высоте танках точках измерения (рис. 2).

Таблица 1.

Изменение плотности технической жидкости (ρ , кг/м³) в зависимости от времени ее транспортировки

Уровень, на котором выполняется измерение	Транспортировка без циркуляции					Транспортировка с дополнительной циркуляцией				
	время транспортировки, часы					время транспортировки, часы				
	0	6	12	18	24	0	6	12	18	24
поверхность	1323	1234	1127	1087	1026	1323	1288	1313	1328	1305
$0,3h$	1330	1280	1187	1123	1043	1330	1325	1360	1363	1377
$0,6h$	1355	1386	1476	1506	1602	1355	1351	1341	1352	1335
$0,9h$	1373	1417	1520	1561	1676	1373	1362	1336	1318	1352

Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. В процесс транспортирования специализированными судами к буровым платформам высокоплотных жидкостей, легированных тяжелыми металлами, в результате процесса седиментации

происходит латентное изменение их плотности по высоте слоя. Это вызвано неоднородностью данных жидкостей и воздействием гравитационных сил на компоненты, имеющие больший удельный вес (металлы, их соли и оксиды, а также другие грубодисперсные составляющие).

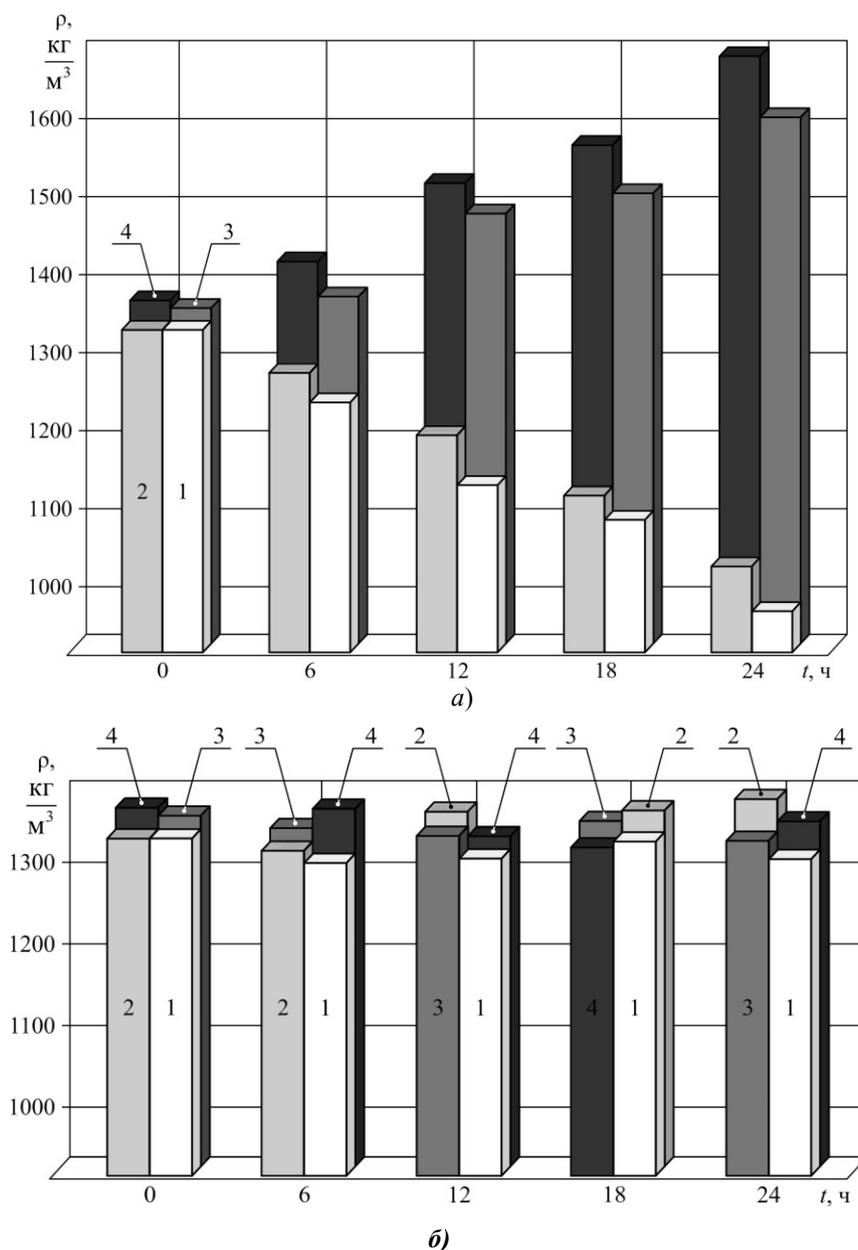


Рисунок 2. Стратификация плотности бурильной суспензии при различных условиях ее транспортировки:

а) без циркуляции; б) с дополнительной циркуляцией; 1 – плотность жидкости на поверхности танка; 2 – на глубине 30 % общего объема; 3 – на глубине 60 %; 4 – на глубине 90 %

2. Седиментация высокоплотных жидкостей (бурильных суспензий) в грузовых танках приводит к возникновению стратификации плотности жидкости, находящейся в грузовом танке, и выпадению более тяжелых компонентов в осадок, который накапливается на дне танка. При этом стратификация плотности по глубине грузового танка в зависимости от времени транспортировки может составлять: 12,9 % (для 6 часов), 25,9 % (для 12 часов), 30,4 % (для 18 часов), 38,8 % (для 24 часов). Это вызывает изменение реологических характеристик технических жидкостей – расслоение и уменьшение текучести, что затрудняет и даже может сделать невозможным процесс их перекачивания на буровые платформы.

3. Поддержание реологических характеристик (плотности) технических жидкостей и обеспечение минимального уровня стратификации плотности (в диапазоне 3,6...5,2 % при времени транспортирования 6...24 часов) может быть обеспечено путем их дополнительной циркуляции в объеме грузового танка. При этом необходимо постоянно или периодически осуществлять контроль их плотности по глубине общего объема.

4. Система, обеспечивающая дополнительную циркуляцию технических жидкостей, включает циркуляционный насос, трубопроводы и арматуру и может быть установлена на специализированном судне в соответствии с технологической схемой непосредственно судовым экипажем. Мощность, необходимая

для работы циркуляционных насосов, не оказывает существенного влияния на энергетические показатели судовой электростанции, которая для специализированных судов, обеспечивающих работу буровых платформ, характеризуется повышенными значениями и большим коэффициентом запаса.

5. Предложенная схема дополнительной комплектации системы транспортировки технических

жидкостей повышает эффективность функционирования этих систем и снижает трудозатраты на их обслуживание и поддержание работоспособного состояния.

Предложенная технология может быть использована на специализированных морских судах, обеспечивающих функционирование морских буровых платформ континентального шельфа и морского дна.

Список литературы:

1. Душко О. В. Трибология уплотнителей нефтегазовых объемных гидроагрегатов : моногр. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2005. – 142 с.
2. Лейбович Л., Евстегнеева Ю. Растворимость водорода в смесях жидких топлив при атмосферном давлении / *Modern Engineering and Innovative Technologies*. – 2017. – № 3(05-03). – С. 46-50. //doi.org/10.30890/2567-5273.2018-05-03-032.
3. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Комплексная оценка эксплуатационных характеристик смазочных углеводородных жидкостей // *Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник*. – 2014. – Вып. 20. – С. 74-83.
4. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств // *Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник*. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.
5. Сагин С. В. Оптимизация расхода высокощелочного цилиндрического масла судовых малооборотных дизелей // *Universum: Технические науки : электрон. научн. журн*. – 2016. № 7 (28) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3385>.
6. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // *Universum: Технические науки*. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.
7. Сагин С. В., Мацкевич Д. В. Оптические характеристики граничных смазочных слоев масел, применяемых в циркуляционных системах судовых дизелей // *Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб.* – 2011. – № 26. – Одесса : ОНМА. – С.116-125.
8. Шулика А. С. Обзор нанотехнологий повышения износостойкости деталей машин // *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. – 2014. – Вып. 148. – Ч. 1. – С. 143-147.
9. Golikov V. A., Golikov V. V., Volyanskaya Ya., Mazur O., Onishchenko O. A simple technique for identifying vessel model parameters // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 4th International Scientific Conference SEA-CONF 2018, Published by IOP Publishing Ltd, 2018. – Vol. 172. – № 012010. – P. 1-8. – doi :10.1088/1755-1315/172/1/012010.
10. Karianskyi S. A., Maryanov D. M. Features of transportation of high-density technical liquids by marine specialized vessels // *Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration January 25, 2020. Part 2. Beijing, PRC.* – P. 150-153. DOI. 10.34660/INF. 2020.24.53688.
11. Sagin S. V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // *Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020.* – P. 195-202.
12. Sagin S. V. Improving the performance parameters of systems fluids // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018.* – № 7-8 (July-August). – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.
13. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods // *International Journal of Applied Engineering Research*. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.
14. Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // *Indian Journal of Science and Technology*. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.