

3. C.-Y. Lin. Strategies for promoting biodiesel use in marine vessels. *Marine Policy* 2013;40:84–90.
4. Gromakov A.V. Perspektivy biotopliva, kak topliva dlya sudovykh dizelej / A.V. Gromakov, A.V. Fil' // *EHkspluatatsiya morskogo transporta*. – 2019. – № 4 (93). – S. 53-59.
5. Bogdanovich V.P. Vegetable oil as a raw material for motor fuel / V.P. Bogdanovich, A.V. Gromakov, S.I. Byrko // *Rural mechanic*. – 2010. – No. 11. – S. 30.11.
6. Byrko S.I. Improving the technology for obtaining bioadditives for diesel fuel / S.I. Byrko // *Agroengineering science in the field of agro-industrial complex: innovations, achievements: Sat. scientific tr. 7th Intern. scientific-practical. conf. "Agroengineering science in increasing the energy efficiency of the agro-industrial complex"* (Zernograd, State Scientific Institution SKNIIMESH of the Russian Agricultural Academy, April 11-12, 2012) –Zernograd, 2012. –S. 34-38.
7. Karakaev A.B. Razrabotka metodologii, metodov i modelej analiza vliyaniya raz-lichnykh variantov postroeniya struktury i rezhimov podderzhaniya i vosstanovleniya rabotosposobnosti sudovykh elektroenergeticheskikh sistem (CHast' 1) [Tekst] / A.B. Karakaev, A.V. Lukanin, E.V. Hekert// *Ekspluatatsiya morskogo transporta*. 2016. № 3 (80). S. 54-60.
8. Kondrat'ev S.I. Metody vychisleniya harakteristicheskikh polinomov v zadachah upravleniya podvizhnykh ob'ektov. Uchebnoe posobie / S. I. Kondrat'ev, G. A. Ze-lenkov // *Federal'noe gos. obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazova-niya "Morskaya gos. akad. im. admirala F. F. Ushakova"*. Novorossiysk, 2007

УДК 629.54

DOI: 10.34046/aumsuomt105/21

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СУДОВЫХ ЛЬЯЛЬНЫХ ВОД

*И.Г. Берёза, доктор технических наук, профессор*

*Е.И. Шацкова, аспирант*

*Т.А. Волкова, кандидат технических наук, доцент*

Для дестабилизации мелкодисперсных нефтеводных эмульсий и, как следствие, повышения эффективности флотационной очистки судовых льяльных вод применяют метод реагентной обработки. К лимитирующим факторам при выборе флокулянта для предварительной реагентной обработки льяльных вод следует отнести физико-химические характеристики нефтеводного раствора. В работе приведены результаты исследования следующих физико-химических показателей раствора судовых льяльных вод: дисперсный состав загрязнений, заряд частиц загрязнений, кинематическая вязкость, плотность и поверхностное натяжение раствора.

**Ключевые слова:** судовые льяльные воды, дисперсный состав загрязнений, реологические свойства.

## PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS SHIP BILGE WATER

*I. G. Beryoza, T. A. Volkova*

To destabilize finely dispersed oil-water emulsions and, as a result, to increase the efficiency of flotation treatment of ship bilge water, a reagent treatment method is used. The limiting factors in choosing a flocculant for preliminary reagent treatment of bilge waters should include the physicochemical characteristics of the oil-water solution. The paper presents the results of a study of the following physicochemical parameters of a solution of ship's bilge waters: the dispersed composition of contaminants, the charge of contaminant particles, kinematic viscosity, density and surface tension of the solution.

**Key words:** ship bilge water, dispersed composition of contaminants, rheological properties

Эффективность физико-химических методов очистки судовых льяльных вод зависит, в первую очередь, от свойств дисперсной системы «нефть – вода», в которой дисперсной фазой являются нефтепродукты, а дисперсионной средой – вода. К общим свойствам эмульсий, как известно, относятся такие характеристики, как дисперсный состав загрязнений, наличие развитой поверхности раздела фаз, наличие электрокинетического потенциала на поверхности раздела, сольватация частиц, которые определяют агрегативную устойчивость дисперсной системы [1].

При разработке технологии флотационной очистки судовых льяльных вод, предварительно дестабилизированных флокулянтами, на первом этапе исследований анализировались следующие физико-химические показатели нефтеводного раствора: дисперсный состав загрязнений, заряд частиц загрязнений, кинематическая вязкость, плотность и поверхностное натяжение раствора.

Исследования проводились на судовых льяльных водах, доставленных на нефтеперерабочную базу ПАО «Транснефть» судами-сборщиками (г. Новороссийск).

Как известно, дисперсионный состав загрязнений является основной характеристикой нефтеводяной эмульсии [2, 3].

Для определения фракционного состава загрязнений льяльных вод были использованы: счетная камера Горяева (приспособление, предназначенное для подсчета количества капель в заданном объеме жидкости), микроскоп. Концен-

трация нефтепродуктов определялась флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02-3М» [4, 5].

Для получения адекватной картины исследуемого фракционного состава льяльных вод все полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке. Усредненные результаты представлены в таблице 1, графическое изображение – на рисунке 1.

Таблица 1 – Дисперсный состав нефтяных загрязнений в льяльных водах

Концентрация нефтепродуктов, PPM	Размер частиц нефтепродуктов (усредненные данные)	
	мкм	%
1800 - 2200	<10	28,6
	10 –100	37,0
	> 100	34,4

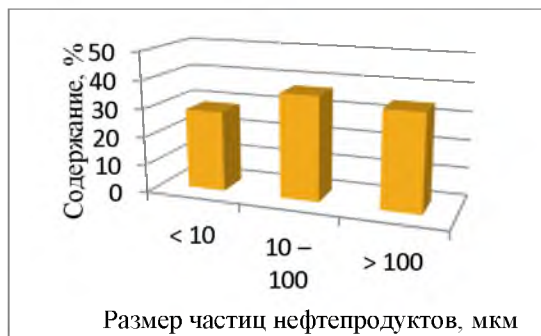


Рисунок 1 –Дисперсионный состав нефтепродуктов

Определено, что в судовых льяльных водах содержание грубодисперсных примесей (> 100 мкм) составляет 34,4 %; среднедисперсных частиц размером от 10 до 100 мкм – 37,0 %; тонкодисперсных частиц, в т.ч. коллоидных загрязнений размером частиц менее 10 мкм – 28,6 %.

Таким образом было установлено, что судовые льяльные воды представляют собой полидисперсные множественные эмульсии, при этом, третья часть загрязнений – грубодисперсные примеси. В этой связи следует отметить, что технология флотационной очистки судовых льяльных вод направлена на извлечение, в основном, среднедисперсных и тонкодисперсных частиц загрязнений, поскольку грубодисперсные примеси эффективно извлекаются на первой ступени очистки гравитационным отстаиванием.

В связи с вышесказанным, такие физико-химические свойства как заряд частиц загрязнений, кинематическая вязкость, плотность и поверхностное натяжение раствора судовых льяльных вод определялись для стабилизированной эмульсии, т.е. для раствора льяльных вод без грубодисперсных примесей. Стабилизированная нефтеводяная эмульсия льяльных вод была получена предварительным отстаиванием в течение 2 часов, при этом грубодисперсные нефтяные частицы самопроизвольно всплывали и концентрировались на поверхности раствора. Отбор проб воды для дальнейших

исследований осуществлялся из средней части емкости отстаивной воды.

Заряд на частицах нефтепродуктов (дисперсной фазы) обусловлен наличием на ее поверхности двойного электрического слоя из ионов, возникающего в результате избирательной адсорбции одного из ионов электролитов, находящегося в нефтеводяной смеси. В результате частицы нефтепродуктов заряжаются положительно или отрицательно, между ними действуют силы электростатического отталкивания, которые являются определяющим фактором агрегативной устойчивости эмульсии.

В процессе экспериментальных исследований электрический заряд частиц нефтепродуктов раствора судовых льяльных вод определялся методом «капиллярного поднятия». Метод «капиллярного поднятия» заключается в нейтрализации (или в отсутствии нейтрализации) заряженных частиц на стенках капилляров бумажной целлюлозы, содержащей карбоксильные группы. Установлено, что частицы нефтепродуктов раствора льяльных вод заряжены отрицательно.

Для определения кинематического коэффициента вязкости раствора льяльных вод использовался капиллярный вискозиметр ВНЖ 0,45 ЭКРОС. Измерение вязкости сводилось к определению времени истечения через капилляр определенного количества жидкости из измерительного резервуара.

Плотность исследуемой воды измерялась ареометром марки IMG V644.

В процессе экспериментальных исследований была установлена зависимость коэффициента кинематической вязкости и плотности от содержания нефтепродуктов в растворе судовых льяльных вод. Полученные результаты представлены в таблице 2, графическое изображение – на рисунках 2, 3.

Таблица 2 – Значения плотности и коэффициента кинематической вязкости льяльных вод при температуре 20°C

pH	Концентрация нефтепродуктов, PPM	Коэффициент кинематической вязкости, $\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
8,0	960	1,259	980
7,2	990	1,269	978
7,5	1010	1,315	969
7,9	1050	1,369	965
8,5	1200	1,393	960
8,0	1280	1,432	956
7,8	1340	1,525	950
7,9	1370	1,565	942
7,2	1410	1,720	938

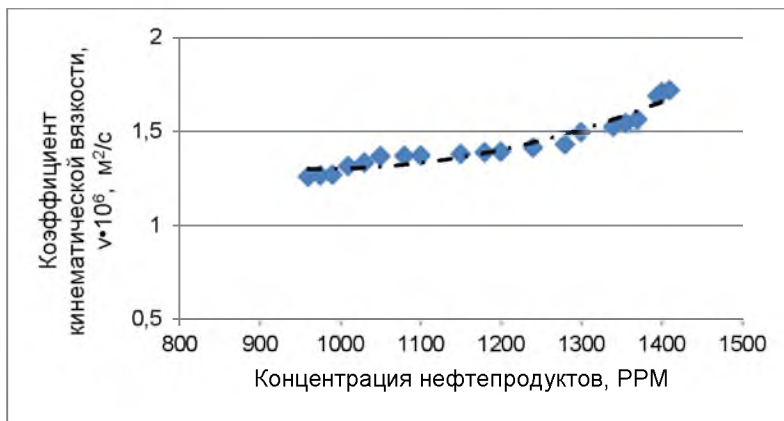


Рисунок 2 – Зависимость кинематического коэффициента вязкости раствора льяльных вод от содержания нефтепродуктов



Рисунок 3 – Зависимость плотности раствора льяльных вод от содержания нефтепродуктов

Как следует из полученных результатов, при температуре 20°C значения коэффициента кинематической вязкости колеблются в диапазоне от 1,259 до 1,72 мм<sup>2</sup>/с, значение плотности – в диапазоне от 938 до 980 кг/м<sup>3</sup>, причем значения pH не оказывают существенного влияния на величину коэффициента кинематической вязкости и плотности, в то время как влияние концентрации нефтепродуктов существенно (таблица 2). Наблюдается прямо пропорциональная зависимость: чем больше концентрация нефтяных веществ, тем больше значение кинематической вязкости раствора. Иными словами, чем меньше обводненность раствора льяльных вод, тем больше значение коэффициента кинематической вязкости.

Поверхностное натяжение раствора судовых льяльных вод определялось методом Вильгельми [4].

Установлено, что значение поверхностного натяжения раствора льяльных вод при температуре 20°C колеблется в интервале – 60 - 64 мН/м, что значительно ниже поверхностного натяжения чистой дистиллированной воды. Этот факт можно объяснить наличием в растворе детергентов (поверхностно-активных веществ), а также гидрофобной природой самих нефтяных загрязнений.

**Литература**

- 1 Технический справочник по проблемам воды / К. Барак, Ж. Бебен, Ж. Бернар и др. –М.: АСВ, 2007
- 2 Гетманцев С.В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. – М.: АСВ, 2008
- 3 Вейцлер Ю.И. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды. М.: АСВ, 2010

- 4 Зинкевич И.Г. Аналитическая химия. Химический анализ. – М.: Лань, 2019
- 5 Береза И.Г. Очистка судовых нефтесодержащих вод / И.Г. Береза, А.А. Кучинская // Транспортное дело России. – 2011. – № 9. – С. 103-105

#### References

- 1 Tehnicheskiy spravochnik po problemam vodi, Moscow, ASV, 2007

- 2 Getmantsev S.V. Ochistka promishlennih stochnih vod koagulyantami i flokulyantami Moscow, ASV, 2008
- 3 Veytser Yu.I. Visokomolekulyarnie flokulyanti v protsessah ochistki vodi, Moscow, ASV, 2010
- 4 Zinkevich I.G. Analytical chemistry. Chemical analysis. – M.: Lan, 2019
- 5 Bereza I.G. Purification of ship oil-containing waters / I.G. Bereza, A.A. Kuchinskaya // Transport business of Russia. - 2011. - №. 9. - P. 103-105

УДК 629.5

DOI: 10.34046/aumsuomt105/22

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА МОРСКОГО СУДНА

*Н.А. Халилов, старший преподаватель*

На протяжении всей истории судостроители стремились увеличить скорость судов. Параметры гребного винта оказывают большое влияние на эффективность использования судна и морскому инженеру необходимо знать и понимать принципы взаимодействия элементов пропульсивного комплекса. К параметрам которые определяют эффективность элементов пропульсивного комплекса относятся : скорость хода судна, диаметр и частота вращения гребных винтов, эффективная мощность главных двигателей и др. Данные параметры оказывают большое влияние на главные показатели коммерческой и технической эксплуатации судов морского флота.

**Ключевые слова.** Пропульсивный комплекс, винт, корпус морского судна, эффективность взаимодействия, параметры винта, компоненты сопротивления судну.

## FEATURES OF INTERACTION OF ELEMENTS OF THE PROPULSIVE COMPLEX OF A MARINE VESSEL

*N.A. Khalilov*

Throughout history, shipbuilders have sought to increase the speed of ships. The parameters of the propeller have a great influence on the efficiency of the use of the vessel and the marine engineer needs to know and understand the principles of interaction of the elements of the propulsive complex. The parameters that determine the effectiveness of the elements of the propulsive complex include : the speed of the vessel, the diameter and speed of the propellers, the effective power of the main engines, etc. These parameters have a great influence on the main indicators of commercial and technical operation of ships of the navy.

**Keywords.** Propulsive complex, screw, hull of a marine vessel, interaction efficiency, screw parameters, components of resistance to the vessel.

### Основные параметры винта морского судна

#### 1) Диаметр

С целью достижения наивысшей эффективности и наименьшего расхода топлива, как правило, предпочтительным является максимально возможный диаметр гребного винта  $d$ .

Как правило, гребному винту не разрешается выступать ниже базовой линии корпуса на торговых судах, и обычно предусмотрен небольшой запас, чтобы гарантировать, что гребной винт не будет поврежден в случае посадки на мель или во время сухого докования. Взаимодействие между винтом и морским дном может повредить не только винт, но и валопровод, редуктор (если установлен) и сам главный двигатель.

Кроме того, размер гребного винта ограничен расстоянием между концом гребного винта и нижней частью корпуса, поскольку слишком

близкое расположение гребного винта к корпусу может привести как к высокой вибрации, так и к шуму.

При любых условиях эксплуатации гребной винт должен быть полностью погружен в воду.

Особенно для балкеров и танкеров, часто работающих в балластном состоянии, это уславливает ограничение на диаметр гребного винта.

Контейнеровозы работают с более постоянным водоизмещением, поскольку соотношение между порожними и полными контейнерами сегодня практически постоянно, независимо от маршрута. Это позволяет увеличить размер винта.

#### 2) Отношение диаметра и шага

Отношение диаметра шага  $p/d$  выражает отношение между шагом (углом)  $p$  винта и его диаметром  $d$ .