

УДК 662.614.4:547

DOI: 10.34046/aumsuomt100/15

ОЦЕНКА РИСКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ШЕЛЬФЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

*Т.Г. Жмырко, кандидат химических наук, доцент**Т.К. Новикова, доцент**А.М. Стихова, кандидат педагогических наук, доцент**А.И. Рябец, магистрант*

Основными инвестиционными проектами на шельфе южных морей России являются проекты по освоению участков Черного и Азовского морей. В статье рассмотрены риски разливов нефти при добыче углеводородного сырья на шельфе Азовского моря, выявлены потенциальные источники чрезвычайных ситуаций на объекте, проанализирована частота возникновения аварийных последствий, проанализирован эколого-экономический ущерб компонентам природной среды при максимальных разливах нефти, разработаны мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, прогнозирование, разливы нефтепродуктов, добыча углеводородного сырья, шельф, Азовское море.

RISK ASSESSMENT AND MODELLING OF EMERGENCIES DURING HYDROCARBON MINING ON THE SHELF OF THE SEA OF AZOV

T.G. Zhmyrko, T.K. Novikova, A.M. Stihova, A.I. Ryabets

The main investment projects on the shelf of the southern seas of Russia are projects for the development of sections of the Black and Azov seas. The article considers the risks of oil spills during hydrocarbon production on the shelf of the Azov Sea, identifies potential sources of emergency situations at the site, analyzes the frequency of occurrence of the consequences of accidents, analyzes the environmental and economic damage to the natural environment in case of maximum oil spills and elaborates measures for the prevention of emergency situations.

Key words: emergency situations, forecasting, oil spills, hydrocarbon production, shelf, Azov Sea.

1. Введение

Одним из главных стратегических направлений развития мировой нефтедобычи является освоение углеводородных ресурсов континентального шельфа. Сегодня, когда практически все основные крупные месторождения нефти и газа на суше открыты и освоены, когда стремительными темпами идет развитие технологий и добыча сланцевой нефти, неоспоримым является факт того, что будущее мировой нефтедобычи находится на континентальном шельфе Мирового океана. Российский шельф имеет самую большую в мире площадь – свыше 6 млн. км. Ресурсы углеводородов на участках в акваториях арктических, дальневосточных и южных морей России оцениваются в 41 миллиард тонн нефтяного эквивалента. Основными инвестиционными проектами на шельфе южных морей России являются проекты по освоению участков Черного и Азовского морей [1, 2]. Эти участки обладают огромным ресурсным потенциалом, однако поиски и разведка скоплений нефти и газа в их недрах требуют значительных инвестиций в связи с большими глубинами дна моря (до 2,2 км) и необходимостью использования специальной техники, устойчивой к воздействию морской воды с высоким содержанием сероводорода. По результатам проведенных

геологоразведочных работ на Темрюкско-Ахтарском участке в Азовском море в 2007 году открыто месторождение Новое с извлекаемыми запасами 2,4 млн. т нефти и 0,9 млрд. куб. м газа. В 2013 году была получена лицензия на разработку месторождения Новое. Добыча на месторождении начата в сентябре 2016 года из расконсервированной поисковой скважины Новая-1. Накопленная добыча нефти с начала разработки на 01.01.2019 составляет – 71,9 тыс. тонн добыча газа – 106,8 млн. куб. м. Важнейшим принципом реализации шельфовых проектов является безусловное следование требованиям российского природоохранного законодательства и международных соглашений на всех этапах работ, с соблюдением всех норм экологической и промышленной безопасности.

2. Постановка проблемы

Выявление и предупреждение экологических рисков являются обязательной частью любого проекта в области разведки и добычи. Однако настоящее время при планировании деятельности предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты, практически не используются количественные показатели техногенного риска для объективной оценки экономических параметров. Это приводит к значительным

материальным потерям на предприятии при ликвидации аварий, связанных с выбросами нефтепродуктов. В работе рассматриваются риски разливов нефти при добыче углеводородного сырья на шельфе Азовского моря. Вероятность, частота возникновения, масштаб, интенсивность, экологические последствия аварийных разливов нефти различаются в зависимости от широкого спектра природных и технологических факторов. Любые операции с нефтью и нефтепродуктами не могут быть абсолютно экологически чистыми. Какое-то количество углеводородов, как показывает мировой опыт, обязательно попадает в окружающую среду. В настоящее время нефть – самое распространенное вещество, загрязняющее природные воды. Разливы нефти и нефтепродуктов классифицируются как чрезвычайные ситуации и ликвидируются в соответствии с законодательством Российской Федерации. В организациях, имеющих опасные производственные объекты, для осуществления мероприятий должен быть разработан и утвержден план по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [3, 5, 6].

Целью работы является определение источников чрезвычайных ситуаций, прогнозирование и расчет объемов и площадей разливов нефтепродуктов при добыче углеводородного сырья на шельфе Азовского моря; разработка технологий и расчет необходимых средств для ликвидации разливов нефтепродуктов в минимальные сроки; планирование мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов; расчет возможного экологического ущерба, причиненного окружающей среде в случае разлива.

Объектом исследования в работе является планирование мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти при добыче углеводородного сырья на шельфе Азовского моря, расположенного в Темрюкском районе Краснодарского края. Данная территория относится к особо охраняемым природным территориям, так как район прибрежной полосы Азовского моря является местом нагула рыб, а водно-болотистые угодья имеют международное значение в качестве местообитаний водоплавающих птиц.

Предметом исследования являются возможные аварийные ситуации на площадке скважины.

3. Методы исследования

Для выполнения расчетов используются нормативные методики, рекомендованные Ростехнадзором и МЧС России для оценки и анализа риска опасных производственных объектов. Так

же приведен расчет последствий воздействия поражающих факторов пожара на жизнь и здоровье человека [1-9].

Оценка частоты возникновения аварий и объемов разливов нефти

Неконтролируемый выброс нефти из скважины

Практика показывает, что наиболее опасными видами аварийных ситуаций и аварий на скважинах, связанными с разливами нефти, считаются нефтегазоводопроявления и выбросы из скважин [7, 11, 12]. При этом выброс обычно характеризуется как неконтролируемое истечение продукции скважин, основной причиной возникновения которого является человеческий фактор (ошибочные действия либо бездействие персонала). Прогнозирование частоты возникновения возможных выбросов с последующими разливами нефти выполнено на основе:

- ▲ ретроспективного анализа эксплуатации фонда скважин на месторождениях Краснодарского края; здесь были учтены данные Ахтырского военизированного отряда по предупреждению и ликвидации открытых нефтяных и газовых фонтанов (Южно-Российская противofонтанная военизированная часть) по имевшим место случаям выбросов за последние 10 лет;

- ▲ характеристик проектируемого противовыбросового оборудования;

- ▲ предусмотренного проектом варианта сбора продукции потенциального выброса, что значительно уменьшает вероятность нефтяного разлива.

4. Обсуждение результатов

В результате расчетов получено прогнозируемое значение частоты разлива (вне зависимости от его объема) в результате потенциального выброса из скважины, что составляет:

$$\lambda_{\text{в}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Частота возникновения каждого из сценариев развития аварии определяется путём умножения частоты исходного события на вероятность осуществления конечного события. Таким образом, частота возникновения минимального (в течение 1-3 мин) выброса для одной скважины в соответствии с его вероятностью (0,85) составит:

$$\lambda_{\text{min}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,85 = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год,}$$

а выброса с истечением продолжительностью 3-е суток:

$$\lambda_{\text{сут}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Продолжительность аварийного истечения, равная трем суткам, выбрана из условий наибольшего времени восстановления контроля над скважиной, сложившихся на практике. При

этом теоретически возможна ситуация, когда восстановление контроля потребует большего времени. Вместе с тем, данное событие по частоте своего возникновения для одной скважины (10^{-6} 1/год и менее), согласно шкале вероятностных оценок матрицы “вероятность-тяжесть последствий”, составит величину “практически невероятную” и обычно исключается из дальнейшего рассмотрения.

Согласно Правилам, максимально возможный объем разлившихся нефти для морских поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин рассчитывается за 3 суток по одной фонтанирующей скважине с максимальным дебетом и на данном объекте составит 617 м^3 (484 т).

Разгерметизация автоцистерны

Автоцистерны емкостью до 10 м^3 используются для пополнения запасов дизельного топлива на объекте. Расчетный объем разлившихся нефтепродуктов определен для 100% объема цистерны и составляет 10 м^3 .

Частота возникновения разгерметизации (полного разрушения) автоцистерны при потенциальных авариях составляет 10^{-6} 1/год для одной автоцистерны.

Разгерметизация емкостей сбора нефти, емкостей хранения дизтоплива

При пробной эксплуатации на период за-

мера нефть будет поступать в горизонтальные ёмкости объемом 60 м^3 – 4 шт и аппараты объемом 50 м^3 – 2 шт. Хранение дизтоплива осуществляется в горизонтальных стальных резервуарах объемом 5 м^3 – 2 шт. В соответствии с требованиями Правил расчетный объем разлившейся нефти соответствует 100 % объема одной наибольшей емкости и составит 60 м^3 .

В соответствии с обобщенными статистическими данными частота возникновения полного разрушения одного резервуара хранения составляет 10^{-5} 1/год.

Разрыв топливного шланга при перекачке дизтоплива с автоцистерны

При возможной разгерметизации (полном разрыве, незапланированном рассоединении) перегрузочного шланга в процессе перекачки нефтепродуктов объем разлива определяется производительностью насоса автоцистерны с учетом времени остановки операций. Расчетный объем разлива равен $0,1 \text{ м}^3$; в соответствии с условиями проведения заправочных операций, принятое максимальное время остановки перекачки при подобной аварии составит не более двух минут [8, 9, 11, 12].

Результаты прогнозирования объемов разливов нефти при наиболее вероятных и максимально возможных (наиболее опасных) ЧС (Н) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные объемы и частота возникновения разливов нефти

<i>Возможные источники ЧС (Н)</i>	<i>Объем разлива, м³ (т)</i>	<i>Частота ЧС(Н), 1/год</i>
Выброс нефти из скважины	617 (484)	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Разгерметизация (полное разрушение) емкости сбора нефти	60 (47)	$4 \cdot 10^{-5}$
Разгерметизация (полное разрушение) автоцистерны	10 (8,6)	$1,0 \cdot 10^{-6}$
Разгерметизация (полное разрушение) емкости хранения дизтоплива	5 (4,3)	$2 \cdot 10^{-5}$
Разрыв шланга при перекачке дизтоплива	0,1 (0,086)	$1,0 \cdot 10^{-2}$

Анализ возможных источников ЧС (Н) и результаты прогнозирования последствий аварий показывает, что наиболее опасными (с максимальным разливом нефти) являются ЧС (Н), связанные с неконтролируемым выбросом нефти из скважины с объемом до 617 м^3 (484 т) и разгерметизацией емкости сбора нефти с объемом до 60 м^3 (47 т). Наиболее вероятными являются аварии, связанные с разрывом перегрузочного топливного шланга в процессе перекачки дизельного топлива с автоцистерны с частотой возникновения $\lambda = 1 \cdot 10^{-2}$ 1/год и объемом разливов нефтепродуктов до $0,1 \text{ м}^3$ (0,086 т).

Расчет сил и средств для проведения операций ЛРН на акватории

Расчет выполнен для наиболее опасного сценария развития ЧС(Н) с максимально возможным объемом разлива нефти – неконтролируемый выброс 617 м^3 нефти из скважины с попаданием разлива в прибрежную акваторию Азовского моря

Расчет количества боновых заграждений

При расчете длины боновых заграждений время растекания пятна соответствует оперативному времени разворачивания локализирующего контура, принимаем равным 2 часам. Площадь заграждения акватории через 2 часа составит 47580 м^2 .

Необходимое для локализации количество боновых ограждений соответствует полупериметру пятна и равно 425 м.

Для локализации применяются боновые ограждения для прибрежных вод: высота надводной части – 25 - 45 см, высота подводной части – 25 - 60 см.

Расчет производительности нефтесборных устройств

Для оперативного сбора поступающей из скважины на акваторию нефти необходимо, чтобы фактическая производительность нефтесборных устройств превышала расчетный дебит скважины.

Необходимая производительность нефтесборных устройств составляет 17,1 м³/ч.

Количество плавсредств для ликвидации разлива определяется количеством устанавливаемых нефтеулавливающих ордеров из расчета не менее 2-х судов на ордер – одно судно аварийного реагирования и один катер-бонопостановщик.

Суммарный объем емкостей временного хранения для собранной с водной поверхности нефтеводяной смеси определяется из условий обеспечения бесперебойной работы технических устройств сбора нефти и составляет 1299 м³

Необходимое количество сорбента определяется из условий сбора 1 % максимального объема разлива нефти и составило 0,48 т.

Расчетное время ликвидации максимального расчетного объема разлива составит 72 часа или 3 суток при круглосуточной работе.

Мероприятия по предотвращению ЧС (Н) на объекте представляют собой комплекс правовых, организационных, инженерно-технических, природоохранных, санитарно-гигиенических мер, направленных на прогнозирование и профилактику возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на поддержание готовности к действиям в ЧС (Н).

Действия по ликвидации разливов нефти

Независимо от источника ЧС (Н), первоочередные действия в целом сводятся к:

- ▲ оповещению о ЧС (Н);
- ▲ принятию мер по обеспечению безопасности персонала, готовности к оказанию доврачебной медицинской помощи;
- ▲ организации мониторинга обстановки и окружающей среды;
- ▲ принятию мер к прекращению/снижению вылива и локализации пятна.

Экономический ущерб в результате загрязнения нефтью атмосферы составил 49,867 тыс. руб.

Экономическая оценка ущерба в результате выброса нефти из скважины равна 499 741,079 тыс.руб.

Для сценария аварии с выбросом нефти из скважины при частоте равной $\lambda=1,5 \cdot 10^{-6}$ 1/год авария обладает тяжелыми последствиями (так как ущерб равен 499,741 млн. руб.). Граница уровня риска для критически важных объектов регионального значения лежит в области приемлемого риска

Заключение

К особо охраняемым природным территориям, находящимся вблизи района площадки «Новая», которые могут пострадать от нефтяного загрязнения в случае разлива нефти, относят водно-болотные угодья и район прибрежной полосы Азовского моря. В связи с этим обустройство площадки выполнено с учетом экологических и санитарно-гигиенических норм.

Источниками возможных чрезвычайных ситуаций на объекте являются проявления природных, техногенных и социальных опасностей.

К аварийным ситуациям, способным инициировать аварии на объекте относят неконтролируемый выброс нефти из скважины, разгерметизация емкостей сбора нефти, емкостей хранения дизтоплива, автоцистерны, разрыв топливного шланга при перекачке дизтоплива с автоцистерны.

Анализ возможных источников ЧС (Н) и результаты прогнозирования последствий аварий показывает, что наиболее вероятными являются аварии, связанные с разрывом перегрузочного топливного шланга в процессе перекачки дизельного топлива с автоцистерны.

Чрезвычайные ситуации, связанные с неконтролируемым выбросом нефти из скважины, являются наиболее опасными и обладают тяжелыми последствиями, сумма ущерба составляет 499,741 млн. руб. Граница уровня риска для критически важных объектов регионального значения лежит в области приемлемого риска [6, 10, 11].

Мероприятия по предотвращению ЧС (Н) на объекте представляют собой комплекс правовых, организационных, инженерно-технических, природоохранных, санитарно-гигиенических мер, направленных на прогнозирование и профилактику возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на поддержание готовности к действиям в ЧС (Н).

Задачу предупреждения аварий с тяжелыми последствиями или минимизации ущерба от разлива нефти и нефтепродуктов необходимо решать одновременно в двух направлениях:

1) повышение безопасности объектов на этапах проектирования, строительства, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта;

2) совершенствование средств локализации разливов нефти и технологии устранения последствий разливов.

Чтобы уменьшить тяжёлые последствия загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами должен быть разработан эффективный план ликвидации разливов нефтепродуктов.

Полученные результаты могут быть применены при разработке плана по предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов и Декларации промышленной безопасности скважины нефтяного месторождения «Новое».

Литература

1. Правила организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации. Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 14 ноября 2014 г. №1189.
2. Fay J.A. Physical processes in the spread of oil on water surface// Proc/1971 Oil Spill Conference. American PetroleumInst. Washington Dc. P.463-467.
3. СТО 318.04.32-2008. Нормативы минимальной оснащённости профессиональных аварийно-спасательных формирований, занятых ликвидацией разливов нефти в море. Принят и введен в действие Постановлением ТК 318 «МОРФЛОТ» от 16.06.2008 г. №2.
4. Методические рекомендации по разработке типового плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов для нефтегазовых компаний. Утв. Росэнерго 04.04.2006 г.
5. PIESCES II. Описание математических моделей программного продукта. ЗАО «Транзас», 2003.
6. Потехин В.М., Сыроежко А.М., Пекаревский Б.В. Теоретические основы процессов переработки природных энергоносителей изд. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 156 с.
7. Богомолов А.И., Гайле А.А., Громова В.В., Драбкин А.Е., Неручев С.Г., Проскуряков В.А., Розенталь Д.А., Рудии М.Г., Сыроежко А.М. Химия нефти и газа. - 3 изд. – СПб.: Санкт-Петербургское отделения химии, 1995. – 448 с.
8. Розенталь Д.А. Химия горючих ископаемых. - Ленинград: Ленинградский технологический институт Имени Ленсовета, 1988. - 92 с.
9. Соколов В.А., Бестужев М.А., Тихомолова Т.В. Химический состав нефтей и природных газов в связи с их происхождением. – М.: Издательство Недр, 1972. – 276 с.
10. Елихин А.И., Модина М.А., Хекерт Е.В. Концепция экологического совершенствования судовых энергетических установок// Эксплуатация морского транспорта.– 2020.– № 3 (96).– С. 127-132.
11. Кондратьев С.И., Бойчук И.П. Математическая модель движения морской буровой платформы. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф.Ушакова»; ОАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс имени Г. М. Бериева»; Государственный научный центр «Южное научно-производственное объединение по морским геологоразведочным работам». 2016. С. 11-15.
12. Белов А.А., Капшин А.Я., Шкода В.В., Сидоренко В.С. Применение инверторов на объектах нефтегазовой промышленности (в составе гибридных систем электропитания от фотоэлектрических преобразователей). Булатовские чтения. 2020. Т. 6. С. 262-266.

References

1. Rules for the organization of measures to prevent and eliminate oil and oil products spills on the continental shelf of the Russian Federation, in the Internal Sea Waters, in the Territorial Sea and the Contiguous Zone of the Russian Federation. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation of November 14, 2014 No. 1189.
2. Fay J.A. Physical processes in the spread of oil on water surface // Proc / 1971 Oil Spill Conference. AmericanPetroleumInst. WashingtonDc. P.463-467.
3. STO 318.04.32-2008. Minimum equipment standards for professional rescue teams involved in the management of oil spills at sea.. Adopted and implemented by Decree of TC 318 "MORFLOT" dated June 16, 2008 No. 2.
4. Methodological recommendations for the development of a model oil and gas spill management plan for oil and gas companies.Approved by Rosenergo 04.04.2006
5. PIESCES II. Description of mathematical models of the software product. JSC "Transas", 2003.
6. Potekhin V.M., Syroezhko A.M., Pekarevsky B.V. Theoretical foundations of natural energy processing processes ed. - SPb. : SPbGTI (TU), 2010. -- 156 p.
7. Bogomolov A.I., Gaile A.A., Gromova V.V., Drabkin A.E., Neruchev S.G., Proskuryakov V.A., Rosenthal D.A., Rudii M.G., Syroezhko A.M. Chemistry of oil and gas. - 3rd ed. - SPb. : Saint-Petersburg Department of Chemistry, 1995. -- 448 p.
8. Rosenthal DA Chemistry of fossil fuels. - Leningrad: Leningrad Technological Institute named after Lensovet, 1988. - 92 p.

9. Sokolov V.A., Bestuzhev M.A., Tikhomolova T.V. The chemical composition of oils and natural gases in relation to their origin. - М.: Publishing house Nedra, 1972. -- 276 p.
10. Epihin A.I., Modina M.A., Hekert E.V. Konceptiya ekologicheskogo sovershenstvovaniya sudovykh energeticheskikh ustanovok// Eksplyuatsiya morskogo transporta. 2020. № 3 (96). S. 127-132.
11. Kondrat'ev S.I., Bojchuk I.P. Matematicheskaya model' dvizheniya morskoy burovoj platformy. Sbornik nauchnykh trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii . FGBOU VO «Gosudarstvennyj morskoy universitet imeni admiral F.F.Ushakova»; OAO «Taganrogskij aviacionnyj nauchno-tehnicheskij kompleks imeni G. M. Berieva»; Gosudarstvennyj nauchnyj centr «YUzhnoe nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie po morskim geologorazvedochnym rabotam». 2016. S. 11-15.
12. Belov A.A., Kashin A.YA., SHkoda V.V., Sidorenko V.S. Primenenie invertorov na ob"ektah neftegazovoj promyshlennosti (v sostave gibridnykh sistem elektropitaniya ot fotoelektricheskikh preobrazovatelej). Bulatovskie chteniya. 2020. T. 6. S. 262-266.

УДК 629.5.016.7

DOI: 10.34046/aumsuomt100/16

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ МОРСКОЙ ИНДУСТРИИ В ОБЛАСТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ СУДОВ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЭУ

Д.С. Тормашев, кандидат технических наук, доцент

А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент

В статье рассмотрены основные тенденции эксплуатации современного морского флота и пути обеспечения экономии топлива на судне. Кроме того, затронуты вопросы сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу и влияние международных конвенций на развитие морской отрасли.

Ключевые слова: снижение энергопотребления; расход топлива; выбросы парниковых газов

MODERN CHALLENGES OF THE MARITIME INDUSTRY IN THE SHIPS DECARBONISATION AND WAYS TO OPTIMIZE THE ENERGY SAVING PROCESSES IN THE POWER PLANTS

D.S. Tormashev, A.I. Epikhin

The article discusses the main trends in the operation of a modern marine fleet and ways to ensure fuel economy on board. In addition, affected by the issues of greenhouse gas emissions into the atmosphere and the impact of international conventions on the development of the maritime industry.

Keywords: reduced energy consumption; fuel consumption; greenhouse gas emissions

Экономия топлива и энергии на судах – транспортных объектах с высоким уровнем потребления энергетических ресурсов – является исключительно важной комплексной проблемой, требующей эффективного решения не только потому, что при этом обеспечивается максимум прибыли, а, прежде всего, по той причине, что рационально расходуются не возобновляемые энергетические ресурсы, снижается объем выбросов в атмосферу продуктов сгорания CO_x- и NO_x – составов, сохраняется экологически чистая среда на водных коммуникациях. Наконец, с уменьшением расхода топлива экономится моторесурс главных двигателей СЭУ, снижается тепловая напряженность деталей и узлов ДВС, уменьшается расход смазочного масла [1].

Нестационарный режим работы судовых энергетических комплексов и систем во время рейса судна свидетельствует о наличии большого

резерва экономии топлива, который может быть достигнут без уменьшения объема выполняемой судном транспортной работы [2].

Все вышеуказанное определяет актуальность данного направления исследования, состоящее в конечном итоге в значительном повышении экономичности СЭУ и судовых энергетических комплексов, обеспечивающих функционирование судна.

Международная морская организация (ИМО) одобрила новые требования по снижению выбросов парниковых газов в международном судоходстве, а также запрет на использование тяжелого топлива в Арктике. Прошедшая с 16 по 20 ноября в режиме видеоконференции 75-я сессия Комитета по защите морской среды ИМО собрала более 1200 представителей делегаций свыше 100 государств, включая межведомственную делегацию Российской Федерации.