

5. Krajcinovich D., Rinaldi A. Statistical damage mechanics // Theoretical and applied fracture mechanics – 2005. - №72. – P. 76-81.
6. Bai Y.L., Xia M.F., Ke F.J., Li H.L. Statistical micro damage mechanichanics and damage field evolution // Teoretical and applied fracture mechanics. – 2001. - №37. – P. 1-10
7. B. Kutinkler, O. Duüber, P. Koöster, U. Krupp, C.-P. Fritzen, H.-J. Christ, Modelling of short crack propagation – Transition from stage I to stage II, Engineering Fracture Mechanics 75 (2008) 715–725.
8. Selivanov V.V. Mekhanika deformiruемого tela: Uchebnik dlya vtuzov. – 2-e izd., ispr. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2006. – 424 s., il.
9. Pestrikov V.M., Morozov E.M. Mekhanika razrusheniya tverdyh tel: kurs lekcij. – SPb.: Professiya, 2002. – 320 s., il.
10. Prokopenko A.V., Chernysh O.N. Razvitie korotkih poverhnostnyh ustalostnyh treshchin v stali 20H13 i splave VT9 // Problemy prochnosti. – 1989. – № 5. s. 12 – 16.
11. CHura M.N. K ocenke ustalostnoj prochnosti materialov materialov sudovyh valoprovodov // Ekspluatatsiya morskogo transporta – 2019. – № 4 (93). s. 115 – 122.
12. Fajvisovich A.V. Prognozirovaniye ustalostnogo razrusheniya konstrukcionnyh elementov. Dissertatsiya doktora tekhn. nauk. – Novorossiysk, 1996. – 346 s.
13. Mekhanika razrusheniya i prochnost' materialov: Sprav. Posobie: V 4 t. / Pod obshchej red. Panasyuka V.V. T. 3: Harakteristiki kratkovremennoj treshchinostojkosti materialov i metody ih opredeleniya / Kovchik S.E., Morozov E.M. – Kiev: Nauk. Dumka, 1988. – 436 s.
14. Hobson P., Brown M. In the behavior of short fatigue cracks // Eds. Miller K.J and De Los Rios E.R. – 1986. – p. 441 – 449.

УДК 629

DOI: 10.34046/aumsuomt96/18

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент

М.А. Модина, кандидат технических наук, доцент

Е.В. Хекерт, д.т.н., профессор кафедры СВ

Статья посвящена разработке концепции экологического совершенствования судовых энергетических установок. В процессе исследования концепция представлена в виде неделимого триумвирата теоретического, методологического и практического аспектов. Теоретический аспект ориентирован на международные требования. Методологические основы представлены комплексом элементов, нацеленных на повышение экологичности технических и технологических составляющих СЭУ. С точки зрения практики рассмотрены особенности очистки выхлопных газов за счет унификации интенсификации процессов фильтрации и охлаждения газового потока путем межфазного контактного взаимодействия в барботирующем слое воды, а также выделены перспективы использования кайта в качестве дополнительного экологически чистого двигателя.

Ключевые слова: судно, экология, энергетическая установка, очистка.

Admiral F. F. Ushakov state Maritime University Admiral F. F. Ushakov state Maritime University The article is devoted to the development of the concept of ecological improvement of ship power plants. In the process of research, the concept is presented as an indivisible triumvirate of theoretical, methodological and practical aspects. The theoretical aspect is focused on international requirements. The methodological foundations are represented by a set of elements focused on improving the environmental friendliness of technical and technological components of the EMS. From the point of view of practice, the features of cleaning exhaust gases due to the unification and intensification of the processes of filtration and cooling of the gas flow by means of interphase contact interaction in a bubbling layer of water are considered, as well as the prospects for using the kite as an additional environmentally friendly engine.

Key words: ship, ecology, power plant, cleaning.

Влияние вредных выбросов судовых энергетических установок (СЭУ) на глобальное экологическое состояние водного и воздушного бассейна является достаточно существенным и оценивается в 15-17% от общей величины выбросов вредных веществ сухопутными транспортными средствами и стационарными энергетическими установками [1]. Кроме того, по причине высокой агрегатной мощности СЭУ могут выступать в качестве основного источника загрязнения атмосферы в таких локальных зонах как акватории

рек, порты, территории городов. Решение проблемы экологичности СЭУ регламентируется требованиями Международной Морской Организации (ИМО).

Основным источником загрязнения окружающей среды являются главные и вспомогательные двигатели. В качестве главных судовых двигателей на сегодняшний день чаще всего используются дизельные. Соответственно в настоящее время морская транспортная индустрия сталкивается с повышенными требованиями к сокращению вредных выбросов дизельными агрегатами СЭУ.

С учетом вышеизложенного в течение последних трех десятилетий ведущие дизелестроительные компании проводят исследования, направленные на усовершенствование и улучшение экологических характеристик судовых двигателей, работающих на высоковязких (тяжелых) сортах топлива. После сгорания этого топлива в атмосферу выбрасывается значительное количество вредных веществ.

Отработанные газы двигателей являются сложной газовой смесью, которая содержит более 200 компонентов [2]. Четыре компонента кислород (O_2), азот (N_2), вода (H_2O) и диоксид углерода (CO_2)

Таблица 1 – Характеристика токсичных компонентов отработанных газов [3]

Элемент	Концентрация, г/м ³	Удельные выбросы, г/(кВт час)	Предельно допустимая концентрация в воздухе, мг/м ³
Оксиды азота NO_x	1,6-8,1	9-31	2
Оксиды углерода CO	0,25-2,55	0,5-6,0	20
Угледород CH_x	0,2-2,1	0,3-2,5	-
Оксиды серы SO_x	0,12-0,6	0,42-1,6	4
Альдегиды $RCHO$	0,001-0,05	0,06-0,21	0,2
Сажа, С	0,06-0,6	0,3-0,55	4

Степень вредного воздействия компонентов, представленных в таблице 1 разная и в относительном виде может быть выражена следующим соотношением:

$$CO : CH_x : SO_x : NO_x : RCHO = 1 : 2 : 16 : 40 : 40$$

Технологические схемы очистки отработанных газов судовых двигателей включают в себя: механическую очистку CO_x с применением поверхностно-активных веществ; удаление примесей NO_x - до 85-90%, используя, к примеру, катализатор - аммиак (метод SCR) и примесей SO_x – в процессе топливоподготовки, при сгорании топлива или в ходе генерации механической энергии.

В тоже время, несмотря на усиление национальных и международных экологических норм, а также активные исследования, задача разработки системного подхода к решению комплексной проблемы обеспечения прибыльного, надежного и безопасного функционирования СЭУ с одновременным обеспечением минимальных затрат на их техническую эксплуатацию не решена, кроме того, на сегодняшний день ни один современный судовой технологический контур не предусматривает использование системы полной обработки отработанных газов, выбрасываемых в окружающую среду. Это указывает на существование нерешенных проблем как научного, так и практического плана, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

Изучением проблем экологического загрязнения и оздоровления морской среды занимался

составляют практически 99,9% объема отработанных газов. С точки зрения экологии они не представляют интереса, поскольку нетоксичны. Остальные 0,1-1% объема – это компоненты, которые экологически опасны. Их опасность оценивается по двум характеристикам: токсичность и дымность. Под токсичностью отработанных газов понимают газообразные компоненты, которые оказывают вредное воздействие на человека окружающую среду и живую природу. Среди множества токсичных компонентов примерно 80-95% занимают пять основных (табл. 1).

широкий круг ученых, при этом значительный вклад внесли такие авторы как: Андреева Н., Бонь А., Гроза В., Веклич А., Запорожец А., Тарасова А., Хвесик М., Хлобистов Е., Яворская С. и др. Отдельные вопросы влияния морского транспорта на окружающую среду исследованы в работах Белоус К., Ивановой К., Минаковой С., Назаровой Е., Савчука Е. и др. Топливная и экологическая эффективность СЭУ детально рассматривались Захаровым Ю.В., Селиверстовым В.М., Масловой В.В., Марченко А.П., Клименко В.Н., Билек Б.Д. и др.

Также следует отметить, что эффективность утилизации теплоты и охлаждения воздуха в энергетических установках, особенности и перспективные технологии очистки отработанных газов активно разрабатываются ведущими академическими институтами и учебными заведениями: государственным морским университетом имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, морским государственным университетом имени адмирала Г.И. Невельского, научно-исследовательским институтом кораблестроения и вооружения ВМФ, государственным университетом морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, а также фирмами-производителями судовых дизелей «MAN», «Wartsila», «Mitsubishi».

В тоже время, несмотря на то, что существует немало научных работ, посвященных теме охраны морской среды и повышения экологической эффективности СЭУ, ряд вопросов, связанных с внедрением различных схемных решений задач рецирку-

ляции отработанных газов судовых дизелей, использованием инструментов минимизации токсичности выбросов и апробацией альтернативных газовых двигателей и гибридных дизель-электрических пропульсивных комплексов для СЭУ остаются открытыми и требуют дальнейших более углубленных исследований.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, цель статьи заключается в разработке концепции экологического совершенствования судовых энергетических установок.

Рассматривая экологическую концепцию с теоретической точки зрения, необходимо отметить, что устойчивое развитие и усовершенствование СЭУ должно обеспечивать максимальное уменьшение нагрузки на окружающую среду, целостность биологических и физических природных систем акватории и береговых линий, уменьшение выбросов отработанных газов, а также достижение энергетической эффективности.

Согласно 38 Конвенции МО измерением экологической эффективности судов является конструктивно-эксплуатационный индекс (EEDI), который определяется для каждого судна в отдельности. Так, наиболее общая формула EEDI имеет следующий вид:

$$EEDI = \frac{\text{Стоимость охраны окружающей среды}}{\text{Полезность для общества}}$$

В свою очередь, следует обратить внимание на тот факт, что эксплуатационный критерий экологической эффективности судна, как нового, так и находящегося в использовании, устанавливает взаимосвязь между потреблением топлива (тонн), количеством груза (тонн) и маршрутом судна в рейсе (миль):

$$EG = \frac{\text{Фактический показатель потребления топлива}}{\text{Масса груза на борту} \times \text{Пройденный путь}}$$

Рассматривая составляющие концепции экологического совершенствования СЭУ с методологической точки зрения можно выделить следующие ключевые элементы.

1. *Использование судовых топлив с низким содержанием серы.* В рамках данного элемента целесообразно провести анализ существующих требований к судовым топливам, оценить влияние топлив с низким содержанием серы на техническое состояние судовых технических средств - износ деталей судовых двигателей внутреннего сгорания, коррозии поверхностей нагрева судовых котлов, что позволит разработать научно-обоснованные методы и средства адаптации судовых двигателей внутреннего сгорания и судовых котлов к использованию ими топлив с низким содержанием серы.

2. *Сокращение затрат на производство тепловой и электрической энергии.* Для выполнения

этой задачи следует оценить влияние электромагнитных и акустических полей на жидкокристаллическую структуру углеводородных топлив. В комплексе с экспериментальными исследованиями полученные результаты позволят обосновать принципы управления реологическими свойствами судовых углеводородных топлив, с точки зрения повышения их экологичности.

3. *Повышение эксплуатационной надежности судового топливной аппаратуры высокого давления.* Достижение целей, определенных данным элементом, предполагает проведение оценки современного состояния исследований структуры высоковязких нефтепродуктов, анализ их влияния на свойства топлив, поиск и установление аналогии между высоковязкими нефтепродуктами и упругим континуумом. Использование полученных результатов в ходе экспериментальных исследований волновых процессов в топливопроводах дизелей СЭУ позволит обосновать методы модернизации топливных систем, создать принципиально новые системы топливопроводов высокого давления, разработать методы предотвращения разрыва топливопроводов.

4. *Использование современных методов технической диагностики состояния СЭУ с целью оптимизации расходов топлива и масел.* Данный элемент экологической концепции предполагает классификацию систем и средств технического диагностирования СЭУ, проведение их теплотехнических исследований и обоснование рекомендации по техническому обслуживанию. Это позволит разработать методики испытаний СЭУ в различных условиях эксплуатации с составлением режимных карт нагрузок.

Остановимся теперь более подробно на практических аспектах концепции экологического совершенствования СЭУ.

Особого внимания заслуживает внедрение передовых технологий и инноваций, позволяющих повысить эффективность глубокой очистки выхлопных газов в контексте решения проблем их фильтрации и охлаждения.

Оценка состояния проблемы абсорбционной очистки выхлопных газов показала, что среди известных в настоящее время технологий фильтрации наиболее эффективной и целесообразной является технология, которая базируется на контактном взаимодействии движущегося потока отработанных газов (ОГ) с неподвижной жидкостью (водой) внутри рабочей камеры, оснащенной непроницаемыми и жесткими стенками [4].

В настоящее время насчитывается до двадцати способов очистки выхлопных газов дизелей,

которые разделяют на сухие, влажные и электрические. Наиболее перспективным способом, который позволяет полностью удалить компоненты NO_x , SO_x и CO_x из газов, остается каталитический. Однако этот способ, как и термический, имеет ряд существенных недостатков, одним из ключевых является требование высоких температур (750-1200 °C) ОГ.

С учетом вышеизложенного, отдельный акцент необходимо сделать на перспективности процесса барботажа воды газовыми пузырьками, для этого на практике используется специальная установка, состоящая из параллельно работающих по принципу отклонения аэродинамической нагрузки охлаждающих элементов, обеспечивающих сохранение тепломассообмена (кислотности и температуры) свойств воды на выходе каждого из них.

В процессе повышения эффективности очистки ОГ от NO_x и SO_x определяющими являются два фактора: во-первых, площадь межфазного контакта, во-вторых, свойства оксидов азота, позволяющие им растворяться в воде более интенсивно,

чем оксиды серы. Количество работающих элементов, которые необходимо задействовать в рабочем процессе, зависит от нагрузки на дизель, а периодичность их циклической работы определяется в зависимости от падения концентрации SO_x и NO_x в газах на выходе.

Проведенный в процессе численного моделирования анализ влияния геометрической конструкции рабочей камеры на скорость процесса обработки, позволил констатировать необходимость установки на ее стенках направляющих пластин под углом 30° к плоскости поперечного сечения камеры. В данном случае при стандартной высоте камеры 2,5 метра эффективная траектория потока пузырьков возрастает более, чем в 1,5 раза, а полезный перепад температур по высоте фильтрационной колонны - до 12°C на 1 отн. ед. высоты камеры, если сравнивать с пустым цилиндром. Кроме того, темп охлаждения выхлопных газов составляет 40°C, при условии, если температура воды на входе в элемент, находится в пределах 26 ± 1 °C (рис. 1).

- 1 – камера, оборудованная направляющими пластинами;
- 2 – камера без пластин

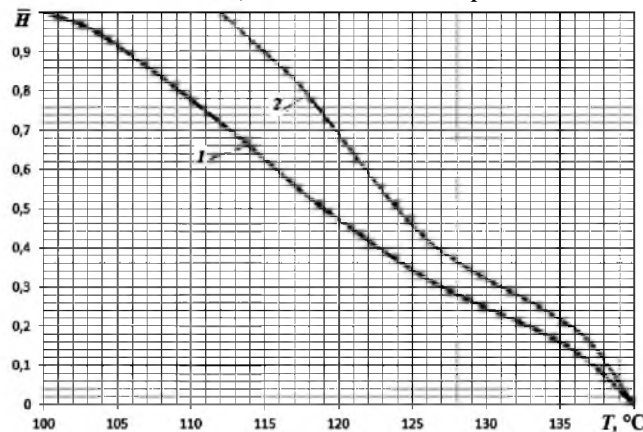


Рисунок 1 – Динамика распределение температуры, в зависимости от высоты колонны

Эмпирическое выражение перепадов температуры выхлопных газов в зависимости от высоты элементов может быть представлено кусочно-линейной функцией:

$$t_{bg(e)} = \begin{cases} t_{bg(e)} - 14H & \text{при } 0 \leq H \leq 1 \\ t_{bg(e)} - 16(H - 0,125) & \text{при } 1 \leq H \leq 2 \\ t_{bg(e)} - 30(H - 1) & \text{при } 2 \leq H \leq 2,5 \end{cases}$$

Перспективными направлениями развития данной концепции является разработка методики построения технологической схемы и конструктивных решений эксплуатации охлаждающей установки, что предполагает необходимость проведения математического моделирования элементов установки, а также синтезирования функции эффективного управления процессами охлаждения и фильтрации.

Еще одним инновационным концептом повышения экологической эффективности работы СЭУ является использование на судах дополнительных экологически чистых двигателей, к

числу которых относятся кайты - управляемые буксирующие воздушные змеи. Немецкой фирмой SkySails созданы и апробированы судовые кайты площадью от 80 до 640 м². При благоприятном ветре их тяга может существенно снижать нагрузку главного двигателя. Это ведет к расширению диапазона его нагрузок и смещает доминирующее нагрузки в область меньших значений. Диапазон нагрузки определяет рациональное значение параметра согласования «двигатель внутреннего сгорания - турбокомпрессор» (ДВС-ТК).

Технология SkySails Power основана на хорошо известной и запатентованной во всем мире силовой установке SkySails для судов, технологии, проверенной на шельфе на борту морских судов. При хорошем ветре и с помощью полностью автоматического воздушного змея площадью 400 м² он заменяет основной двигатель мощностью до 2 МВт (рис. 2).



Рисунок 2 – Пример использования кайта для помощи движению судну

В таблице 2 приведены показатели, характеризующие эффективность применения на танкерах с двигателем 6S50ME-C7 различных по площади кайтов и турбокомпрессоров, соответствующих рациональному параметру согласования ДВС-ТК, при цене на тяжелое топливо 322 долл. США/т. Снижение расхода топлива и соответственно вредных выбросов, согласно этой таблице, существенно зависит от площади кайта. В случае применения кайта площадью 640 м² оно достигает 21%, что снижает среднегодовые расходы на топливо примерно на 500 тыс. долл., а вы-

бросы вредных веществ на 34%. При использовании ТК, выбранного в соответствии с рациональным параметром ДВС-ТК – экономия топлива составляет 81 тыс. долл., а уменьшение выбросов 16%. При этом рациональный ТК уменьшает расход топлива до 3,58% при кайте площадью $S_k = 0 \dots 640 \text{ м}^2$, а общее снижение расхода топлива может достигнуть отметки 24,31%.

Таким образом, совокупный эффект от использования кайтов с согласованными параметрами ДВС-ТК составляет экономия топлива 581 тыс. дол. и сокращение выбросов ОГ до 50%.

Таблица 2 Эффективность применения кайта и рационального параметра согласования ДВС-ТК в концепции экологической эффективности СЭУ

Показатели		Площадь кайта, м ²		
		160	320	640
Математическое ожидание расхода топлива главного двигателя	за НССС (нормативный срок службы судна), тыс. т.	169,15	162,22	152,43
	по удельному весу, кг/миля	68,16	24,81	40,25
Экономия топлива	за НССС, тыс. т.	15,18	23,75	38,57
	%	8,31	11,99	21,05
Снижение расходов на топливо	за НССС, тыс. дол.	4927	7723	12387
	тыс. дол. в год	198	302	500
Уменьшение выбросов	%	15	28	34
С определением рационального параметра согласования ДВС-ТК				
Математическое ожидание расхода топлива главного двигателя	за НССС, тыс. т.	166,72	157,21	140,12
	по удельному весу, кг/миля	67,09	63,87	56,71
Экономия топлива	за НССС, тыс. т.	19,13	28,13	45,22
	%	10,3	16,2	24,31
Снижение расходов на топливо	за НССС, тыс. дол.	5876	9032	14505
	тыс. дол. в год	241	372	581
Уменьшение выбросов	%	22	40	50
Эффект от применения ТК, определенного по рациональному параметру согласования ДВС-ТК				
Экономия топлива	за НССС, тыс. т.	3,43	4,31	6,4
	%	1,87	2,34	3,58
Снижение расходов на топливо	за НССС, тыс. дол.	1099	1382	2031
	тыс. дол. в год	44	55	81
Уменьшение выбросов	%	7	12	16

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующий вывод. В процессе исследования выделены ключевые составляющие концепции экологического совершенствования судовых энергетических установок с учетом рекомендаций ИМО, особый акцент сделан на методологических и

практических аспектах. В частности, обозначены перспективные направления усовершенствования очистки выхлопных газов за счет унификации интенсификации процессов фильтрации и охлаждения газового потока путем межфазного контактного взаимодействия в барботирующем слое воды. Также

рассмотрена возможность использования кайта в качестве дополнительного экологически чистого двигателя, который позволяет обеспечить сокращение суммарного расхода топлива за весь срок службы транспортного судна и уменьшить выбросы отработанных газов.

Литература:

1. Столярова М.Н. Концепция экологически чистого судна // Изобретательство.– 2018.– Т. 18.– №11.– С. 41-50.
2. Lou, Haijun et al. Emission of intermediate volatility organic compounds from a ship main engineburning heavy fuel oil // Journal of environmental sciences. 2019. Volume 84, October; pp 197-204.
3. Su, Penghao Emissions of intermediate volatility organic compound from waste cooking oil biodiesel and marine gas oil on a ship auxiliary engine // Journal of environmental sciences.2020. Volume 9, May; pp 262-270.
4. Ханько Ж.А., Гончар О.В. Методы очистки от газо- и парообразных выбросов в атмосферу от морских судов // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2019.– №2.– С. 49-50.
5. Каракаев А.Б., Луканин А.В., Хекерт Е.В. Разработка методологии, методов и моделей анализа влияния различных вариантов построения структуры и режимов поддержания, и восстановления работоспособности судовых электроэнергетических систем (часть 1) // Эксплуатация морского транспорта.– 2016.– № 3(80).– С.54-60.
6. Каракаев А.Б., Хекерт Е.В., Луканин А.В. Разработка методологии, методов и моделей анализа влияния различных вариантов построения структуры и режимов поддержания, и восстановления работоспособности судовых электроэнергетических систем (часть 2) // Эксплуатация морского транспорта.– 2016.– № 4(81).– С.85-95.
7. Астреин В.В. Структура системы безопасности судовождения [Текст] / В.В. Астреин, С.И. Кондратьев // Эксплуатация морского транспорта.– 2015.– № 3.– С. 38-47.
8. Кондратьев, С.И. Стратегия развития северного

международного транспортного коридора Евразия [Текст] / С.И. Кондратьев, Г.В. Деружинский // Эксплуатация морского транспорта. –2014.– № 1 (73).– С. 3-10.

References

1. Stolyarova M.N. Konceptiya ekologicheski chistogo sudna // Izobretatel'stvo. 2018. T. 18. №11. S. 41-50.
2. Lou, Haijun et al. Emission of intermediate volatility organic compounds from a ship main engineburning heavy fuel oil // Journal of environmental sciences. 2019. Volume 84, October; pp 197-204.
3. Su, Penghao Emissions of intermediate volatility organic compound from waste cooking oil biodiesel and marine gas oil on a ship auxiliary engine // Journal of environmental sciences.2020. Volume 9, May; pp 262-270.
4. Han'ko ZH.A. Gonchar O.V. Metody ochistki ot gazo- i paroobraznyh vybrosov v atmosferu ot morskikh sudov // Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova. 2019. №2. S. 49-50.
5. Karakaev A.B., Lukanin A.V., Hekert E.V. Razrabotka metodologii, metodov i modelej analiza vliyaniya razlichnyh variantov postroeniya struktury i rezhimov podderzhaniya i vosstanovleniya rabotosposobnosti sudovyh elektroenergeticheskikh sistem (chast' 1)/Ekspluatsiya morskogo transporta. 2016. № 3(80). S.54-60.
6. Karakaev A.B., Hekert E.V., Lukanin A.V. Razrabotka metodologii, metodov i modelej analiza vliyaniya razlichnyh variantov postroeniya struktury i rezhimov podderzhaniya i vosstanovleniya rabotosposobnosti sudovyh elektroenergeticheskikh sistem (chast' 2)/ Ekspluatsiya morskogo transporta. 2016. № 4(81). S.85-95.
7. Astrein V.V. Struktura sistemy bezopasnosti sudovozhdeniya [Tekst] / V.V. Astrein, S.I. Kondrat'ev // Ekspluatsiya morskogo transporta. 2015. № 3. S. 38-47.
8. Kondrat'ev, S.I. Strategiya razvitiya severnogo mezhdunarodnogo transportnogo koridora Evraziya [Tekst] / S.I. Kondrat'ev, G.V. Deruzhinskij // Ekspluatsiya morskogo transporta. 2014. № 1 (73). S. 3-10.

УДК 629.12

DOI: 10.34046/aumsuomt96/19

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНАЖЕРА СУДОВОГО ГЛАВНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЩИТА В СРЕДЕ SIMINTESN

С.Ю. Алексянц, курсант

А.В. Гринек, кандидат технических наук, доцент

И.П. Бойчук, кандидат технических наук, доцент

Использование обучающих тренажеров позволяет студентам познакомиться с объектами и системами, а также получить навык эксплуатации реальных объектов. Создание тренажеров включает в себя как