

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ERS-500 TECHSIM TRANSAS MIP LTD В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ ХГМА

Худяков И. В., старший преподаватель кафедры эксплуатации судовых энергетических установок Херсонской государственной морской академии, e-mail: igor.khudiakov563@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8900-7879;

Грицук И. В., д.т.н., профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок Херсонской государственной морской академии, ORCID: 0000-0001-7065-6820;

Погорлецкий Д. С., старший преподаватель кафедры эксплуатации судовых энергетических установок Херсонской государственной морской академии, ORCID: 0000-0002-1256-8053;

Манжелей В. С., старший преподаватель кафедры эксплуатации судовых энергетических установок Херсонской государственной морской академии, ORCID: 0000-0002-6304-0777

Тренажерные системы занимают одно из приоритетных направлений в обучении безаварийной эксплуатации СЭУ. Целью исследования является возможность выполнения технического диагностирования судового дизеля используя тренажерное оборудование и программное обеспечение фирмы TRANSAS - ERS 5000 TechSim в процессе обучения судовых инженеров-механиков. В статье рассмотрена тренажерная подготовка инженеров-механиков на тренажере, который охватывает важнейшие направления обучения в полном соответствии с требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты STCW с Манильскими поправками от 2010. Удовлетворяет требованиям конвенций и резолюций ИМО и стандартам IEC, сертифицированный норвежским классификационным обществом DNV/GL.

В статье рассмотрены аспекты также практической подготовки судовых инженеров-механиков на тренажёрах, что является завершающей стадией теоретического обучения. При работе на тренажере ERS 5000 TechSim инженер-механик (курсант), применяя имеющиеся знания, получает опыт, весьма близкий к работе в реальных условиях, и одновременно идет процесс уточнения и закрепления его теоретических знаний.

Ключевые слова: тренажерное оборудование, ERS 5000 TechSim, диагностирование судового дизеля.

DOI: 10.33815/2313-4763.2019.1.20.055-063

Введение. Несмотря на оснащение судов новейшими энергетическими комплексами и установками, улучшения берегового обслуживания и качества подготовки экипажей, аварийность судов остается на высоком уровне. Основной причиной сложившейся ситуации является «человеческий фактор». В основном это касается адекватных действий судовых инженеров-механиков во время нахождения в чрезвычайных и аварийных условиях эксплуатации судовой энергетической установки (СЭУ). Для предотвращения возникновения таких ситуаций особое внимание уделяется повышению безопасности эксплуатации судов методом регулярной диагностики технических средств судна.

Тренажерные системы занимают одно из приоритетных направлений в обучении безаварийной эксплуатации СЭУ. Имитационно-тренажерные комплексы, максимально приближенные к реальному судовому машинному отделению, позволяют курсантам приобретать правильные и устойчивые навыки.

Учитывая важность тренажерной подготовки в формировании профессионально важных качеств, вклад в обеспечение безопасности эксплуатации при обслуживании машинного отделения судов – её обеспечение требует комплексного и системного подхода. Наблюдающееся в настоящее время развитие и конструктивное усложнение специальной техники, а также увеличение количества реализуемых в ней задач, требуют от судовых инженеров-механиков технического профессионализма, соблюдения установленных правил и порядка действий. По этой причине подготовка операторов немыслима без

использования тренажерных средств, которые позволяют экономить ресурсы учебного заведения, сократить стоимость обучения, уменьшить аварийность дорогостоящего оборудования в процессе его освоения, отрабатывать действия при возникновении нестандартных ситуаций (пожар, поступление воды в отсек, аварийное изменение параметров судовой энергетической установки, отказ систем управления).

Любой тренажер представляет собой физическую модель, подобную реальному объекту с заданной степенью точности. Особенностью тренажера является то, что при воздействии окружающих устройств и блоков на органы чувств, оператор получает визуальную, тактильную, звуковую и другую информацию, которая и создает иллюзию управления СЭУ [1, 2].

Ученые Калифорнийского государственного университета провели исследования с целью выяснить, как различные способы подачи информации влияют на качество ее усвоения. Результаты показали, что обучаемые запоминают около 10 % от того, что слышат, около 20 % того, что прочитывают, и приблизительно 90 % того, что они видят, слышат и делают [3].

Постановка задачи. Выполнить техническое диагностирование СЭУ используя тренажерное оборудование и программное обеспечение производства фирмы TRANSAS–ERS 5000 TechSim. Эта версия тренажера предназначена для проведения углубленной и расширенной подготовки в условиях штатной или аварийной ситуаций [4, 5].

Анализ полученных результатов. Программное обеспечение тренажера машинного отделения ERS 5000 TechSim имитирует дистанционное управление из центрального поста управления (ЦПУ) судна с помощью так называемых «панелей виртуального оборудования» – Dedicated Hardware (DHW панели), объединенных в отдельную DHW-консоль. Эти панели имитируют оборудования и могут представлять собой отдельные сенсорные экраны или страницы на экране монитора, например, консоль «Propulsion» или виртуальная консоль «Hardware», содержащие все дисплеи для управления и мониторинга судовых систем, узлов и механизмов. Нижняя полоса экрана тренажера содержит кнопки с именами страниц. Список пунктов выбранной страницы откроется в виде всплывающего меню [6].

Тренажер охватывает важнейшие направления обучения в полном соответствии с требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты STCW с манильскими поправками от 2010. Удовлетворяет требованиям конвенций и резолюций ИМО и стандартам ИЕС, сертифицированный норвежским классификационным обществом DNV/GL (согласно Стандарту на сертификацию морских тренажеров № 214., октябрь 2007) [4–6].

Тренажер машинного отделения Transas ERS 5000 TechSim имеет в своем составе 15–20 моделей судов-прототипов, диагностика проводится на модели танкера LCC, короткая технико-эксплуатационная характеристика которого приведена ниже (табл. 1):

Таблица 1 – Технично-експлуатационная характеристика танкера LCC

Танкер LCC (Large Crude Oil Carrier) (Aframax):	
Длина наибольшая	248,92 м
Ширина габаритная	43,8 м
Осадка по летнюю грузовую марку	14,925 м
Дедвейт	115 000 т

Пропульсивная установка – шестицилиндровый, двухтактный, простого действия, малооборотный, крейцкопфный, с газотурбинным наддувом, реверсивный главный двигатель фирмы MAN B & W марки 6S60MC–C с прямой непосредственной передачей оборотов в гребной винт фиксированного шага (табл. 2).

Таблиця 2 – Характеристики пропульсивної установки танкера LCC

Максимальная мощность главного двигателя (Maximum continuous rating, MCR)	13736 кВт (при n = 105 об / мин)
Эксплуатационная мощность (Nominal continuous rating, NCR (85% MCR))	12364 кВт (при n = 101 об / мин)
Эксплуатационная скорость судна	15,5 узлов



Рисунок 1 – Общий вид танкера LCC (Aframax)

Для проведения диагностики главного двигателя (ГД) используется панель диагностики качества процесса сгорания топлива в цилиндре (вкладка Cylinder Combustion process) (рис. 2) и панель снятия индикаторных диаграмм (вкладка Comparison) (рис. 3).

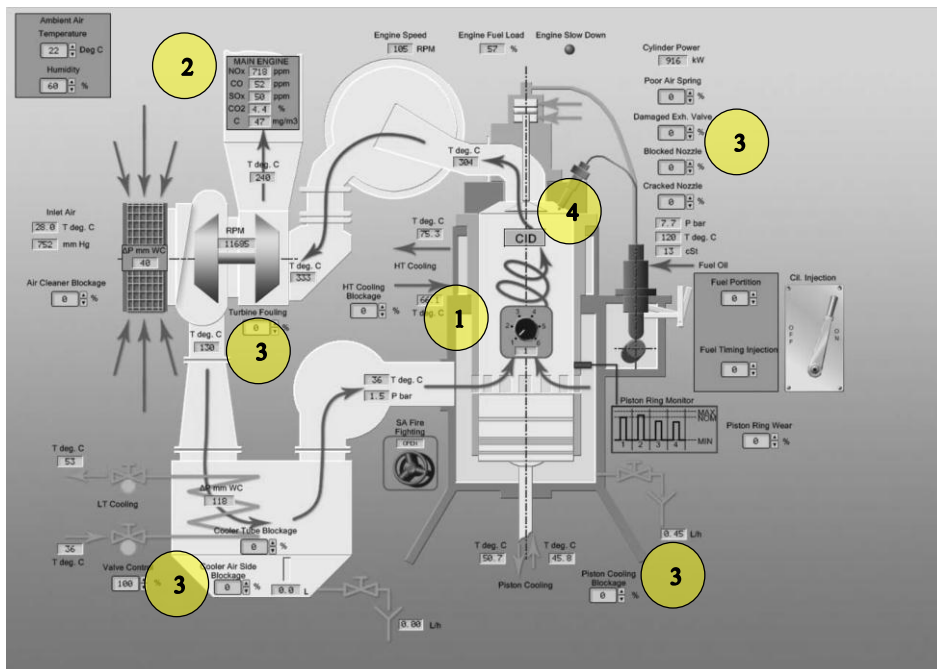


Рисунок 2 – Панель диагностики качества процесса сгорания топлива в цилиндре ГД

При нажатии на пункт меню Diag\ Cylinder Combustion process открывается интерактивная схема ГД, это позволяет наблюдать эффекты различного качества сгорания топлива в цилиндрах. Также есть возможность влиять на процесс сгорания путем внесения онлайн-корректировок или внесения неисправностей в реальном времени.

Диаграмма содержит:

- 1 селекторный переключатель – для выбора необходимого цилиндра;

- 2 MAIN ENGINE – ME индикаторы выхлопных газов;
- 3 регулятора вращения (ползунки) – для установки указанного параметра значения для введения неисправностей;
- цифровые индикаторы для отображения фактического ответа ME системные параметры;
- CID кнопка – открытие панели индикаторной диаграммы во всплывающем окне [6].

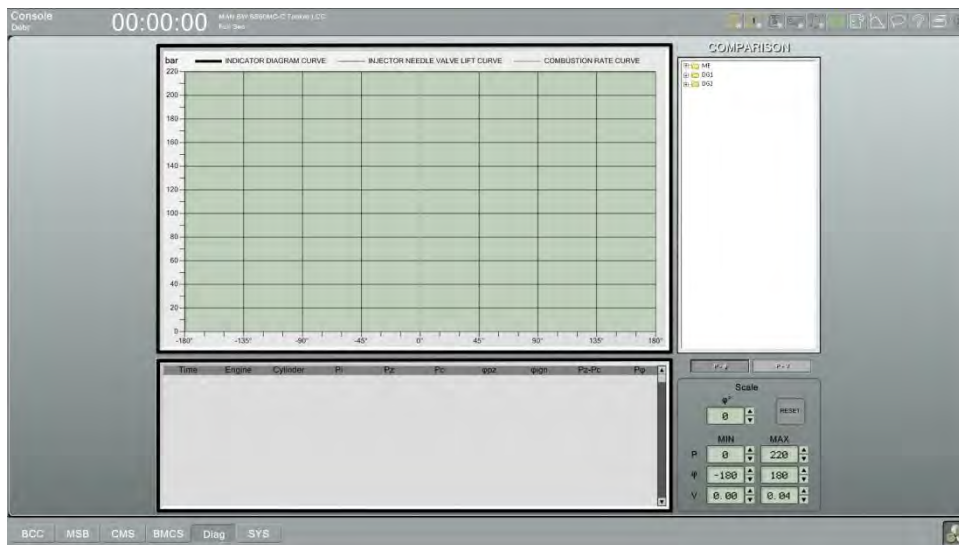


Рисунок 3 – Панель индикаторных диаграмм

На панели диагностики качества процесса сгорания топлива в цилиндре ГД мы имеем возможность имитировать такие неисправности, как:

- загрязнение воздушного фильтра турбины наддува воздуха;
- загрязнение газовой составляющей турбины наддува воздуха;
- загрязнение охладителя воздуха после турбины наддува;
- загрязнение со стороны системы охлаждения;
- перепад температур контура охлаждения высокой температуры (НТ);
- перепад температур охлаждения поршня;
- плотность воздушной пружины выхлопного клапана;
- повреждение (прогорание) выхлопного клапана;
- загрязнение или трещина распылителя форсунки;
- изменение подачи топлива;
- изменение угла опережения впрыска топлива;
- износ поршневых колец.

Учитывая то, что поврежденные или изношенные поршневые кольца трудно диагностировать в 2-тактных двигателях по косвенным параметрам, повреждение может быть неочевидным, пока оно не станет серьезным. В данной статье описывается диагностика именно этой неисправности.

Диагностику выполняем по такому алгоритму. Снять индикаторную диаграмму цилиндра №1 без износа поршневых колец главного двигателя и сохранить в памяти панели диагностики. Записать параметры двигателя вкладки CMS, M/E overview;

С помощью имитатора изменения износа поршневых колец главного двигателя Piston Ring Wear на панели Cylinder Combustion Diagnosis Panel последовательно задать величину износа поршневых колец главного двигателя 20 %; 40 %; 60 %. Последовательно при каждом значении износа поршневых колец снимать индикаторную диаграмму цилиндра № 1 и параметры двигателя вкладки CMS, M/E overview и параметры качества выхлопных газов на вкладке Diag / Emission.

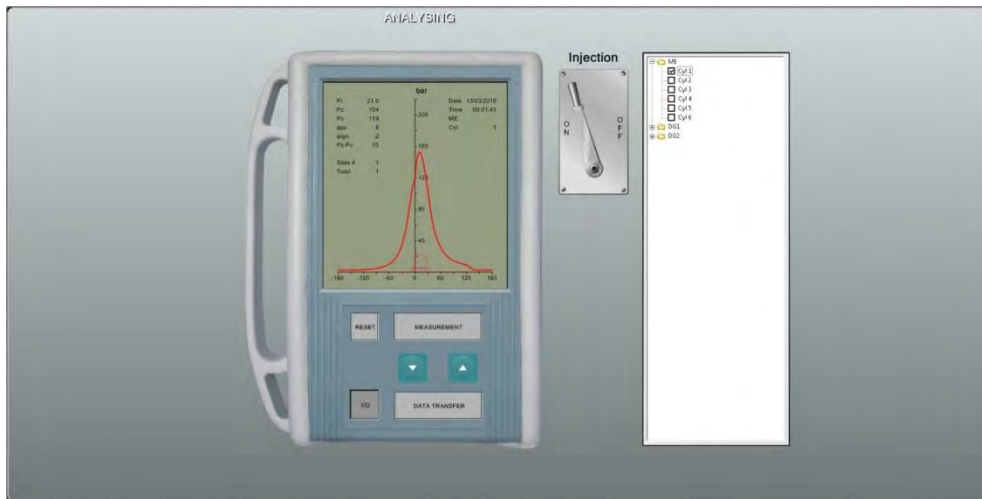


Рисунок 4 – Снятие индикаторной диаграммы в цилиндре №1 без износа поршневых колец ГД



Рисунок 5 – Параметры ГД без износа поршневых колец в цилиндре № 1

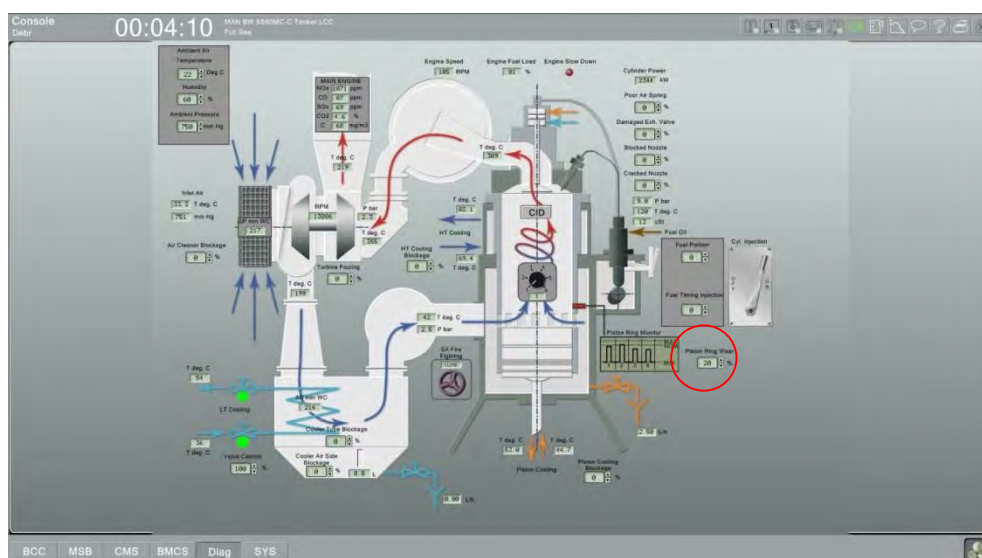


Рисунок 6 – Задана величина износа поршневых колец цилиндра №1 ГД 20 %



Рисунок 7 – Параметри ГД с износом поршневых колец 20 %

По аналогии (рис. 6) задаем величину износа поршневых колец ГД 40 % и 60 %, снимая индикаторную диаграмму и записывая параметры двигателя для каждого положения. Индикаторные диаграммы сохраняем в памяти панели диагностики.



Рисунок 8 – Параметри ГД с износом поршневых колец 40%



Рисунок 9 – Параметри ГД с износом поршневых колец 60%

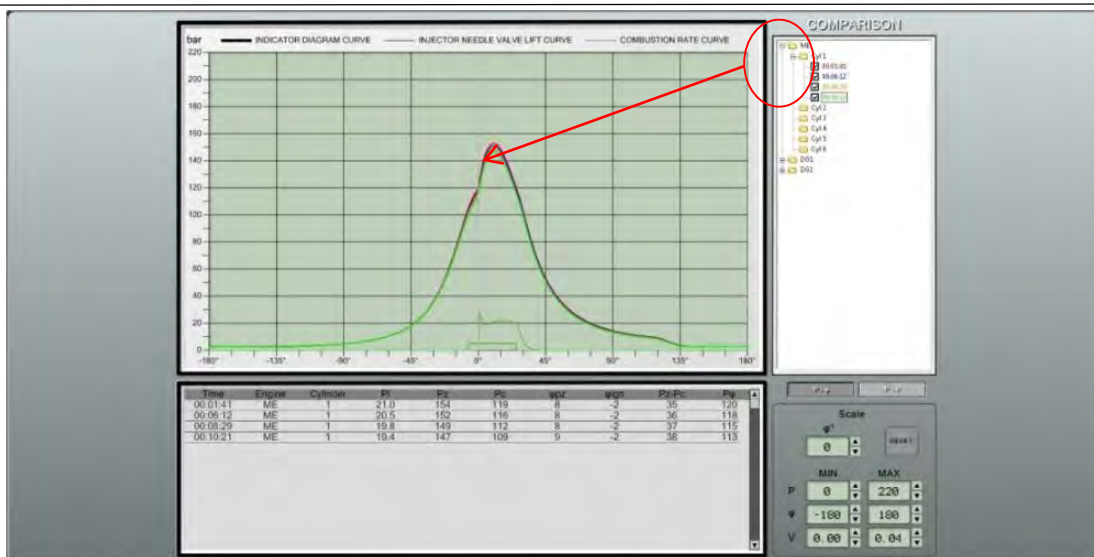


Рисунок 10 – Индикаторные диаграммы различных состояний ГД

В результате проведенного анализа изменений параметров ГД и непосредственно самих индикаторных диаграмм, в случаях различной величины износа поршневых колец были выявлены следующие изменения, свидетельствующие об изменении состояния ГД:

- снижение давления сжатия P_c от 119 до 109 бар, CID;
- снижение среднего индикаторного давления P_i от 21.0 до 19.4 бар;
- снижение максимального давления сгорания P_z от 154 до 147 бар;
- повышение температуры возврата масла охлаждения поршня;
- увеличение расхода смазочного масла в цилиндре.
- снятие индикаторных диаграмм производится при неизменной подаче топлива.

Выводы. Практическая подготовка судовых инженеров-механиков на тренажерах является завершающей стадией теоретического обучения. При работе на тренажере ERS 5000 TechSim инженер-механик (курсант), применяя имеющиеся знания, получает опыт, весьма близкий к работе в реальных условиях, и одновременно идет процесс уточнения и закрепления его теоретических знаний.

Основные преимущества использования тренажера в процессе обучения:

- возможность проведения лабораторных работ фронтальным методом (все студенты одновременно выполняют одну работу), что существенно повышает эффективность этого вида обучения;
- возможность моделирования и безопасного исследования экстремальных и аварийных режимов работы оборудования;
- возможность широкого изменения условий эксперимента;
- интенсификация обучения без потери качества усвоения материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тренажерные комплексы и тренажеры / Шукшунов В.Е. и др. Москва : Машиностроение, 2005. 383с.
2. Кравцов А. В. Математическое и программное обеспечение формирования окружающей обстановки тренажерных комплексов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / ТГУ. Тула, 2010. 20 с.
3. Metcalf T. Listening to your clients. *Life Association News*, 1997, 92 (7), p. 16–18.
4. Международная конвенция подготовки и дипломирования моряков и несения вахты 1978 г. Международный кодекс о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1995 года с Манильскими поправками.

5. Модельный курс IMO 2.07. Тренажер машинного отделения.
6. Тренажер TechSim 5000. ERS 5000 TechSim. MAN B&W 6S60MC-C Diseel Engine – Tanker LCC (Aframax) : учебное пособие. 2014, 11. 279 с.
7. International Maritime Organization (IMO) : веб-сайт. URL : <http://www.imo.org>
8. ООО Транзас Украина : веб-сайт. URL : <http://www.transas.com.ua>
9. Marine Engine : веб-сайт. URL : <http://www.marineengine.com>

REFERENCES

1. Shukshunov, V. E. et al. (Ed.). (2005). *Trenazherniye kompleksy i trenazheri*. Moskva : Mashinostroenie.
2. Kravcov, A. V. (2010). *Matematicheskoe i programmnoe obespechenie formirovaniya okruzhayuthej obstanovki trenazhernikh kompleksov. Extended abstract of candidate's thesis.* Tula.
3. Metcalf, T. (1997). Listening to your clients. *Life Association News*, 92 (7), 16–18.
4. Mezhdunarodnaya konvenciya podgotovki i diplomirovaniya moryakov i neseniya vakhtih (1978). *Mezhdunarodniy Kodeks o podgotovke i diplomirovanii moryakov i neseni vakhtih 1995 goda s Maniljskimi popravkami.*
5. Modelniy kurs IMO 2.07. Trenazher mashinnogo otdeleniya.
6. Trenazher TechSim 5000. (2014). ERS 5000 TechSim. MAN B&W 6S60MC-C Diseel Engine – Tanker LCC (Aframax) : учебное пособие.
7. International Maritime Organization (IMO). Retrieved from <http://www.imo.org>
8. ООО Транзас Украина. Retrieved from <http://www.transas.com.ua>
9. Marine Engine. Retrieved from <http://www.marineengine.com>

Худяков І. В., Грицук І. В., Погорлецький Д. С., Манжелей В. С. ДІАГНОСТУВАННЯ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСУ ERS-500 TECHSIM TRANSAS MIP LTD В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ КУРСАНТІВ

Тренажерні системи займають одне з пріоритетних напрямів у навчанні безаварійної експлуатації СЕУ. Метою дослідження є можливість виконання технічного діагностування суднового дизеля використовуючи тренажерне обладнання та програмне забезпечення фірми TRANSAS - ERS 5000 TechSim у процесі навчання суднових інженерів-механіків. У статті розглянута тренажерна підготовка інженерів-механіків на тренажері, який охоплює найважливіші напрями навчання в повній відповідності з вимогами Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти STCW з Манільськими поправками від 2010 року Чи задовольняє вимогам конвенції і резолюції ІМО і стандартам ІЕС, сертифікований норвезьким класифікаційним товариством DNV/GL. У статті розглянуті аспекти практичної підготовки суднових інженерів-механіків на тренажерах, що є завершальною стадією теоретичного навчання. При роботі на тренажері ERS 5000 TechSim, інженер-механік (курсант), застосовуючи наявні знання, отримує досвід, дуже близький до роботи в реальних умовах, і одночасно йде процес уточнення і закріплення його теоретичних знань.

Ключові слова: тренажерне обладнання, ERS 5000 TechSim, діагностування суднового дизеля.

Khudiakov I., Gritsuk I, Pogorletsky D., Manzheley V. DIAGNOSTICS OF SHIP POWER PLANT USING ERS-500 TECHSIM TRANSAS MIP LTD TRAINING SIMULATOR IN THE PROCESS OF TRAINING OF ENGINEER OFFICERS

Training simulators is one of the key propriety areas in teaching trouble-free operation of ship power plant. This article discusses the possibility of carrying out diagnostics process of ship diesel engine using training simulator equipment and software of TRANSAS-ERS 5000 TechSim in the process of training of engineer officers. The article discusses the training of mechanical engineers on a simulator, which covers the most important areas of training in full compliance with the requirements of the International Convention on the Training and Certification of Seafarers and Watchkeeping STCW with Manila amendments of 2010. Using the Piston Ring Wear main engine piston ring wear simulator on the Cylinder Combustion Diagnosis Panel, sequentially set the main engine piston ring wear to 20%; 40% 60% Sequentially, for each wear value of the

piston rings, take the indicator diagram of cylinder No. 1 and the engine parameters of the CMS tab, M / E overview and the exhaust gas quality parameters on the Diag / Emission tab.

The article also considers aspects of the practical training of marine mechanical engineers on simulators, which is the final stage of theoretical training. When working on the ERS 5000 TechSim simulator, a mechanical engineer (cadet), applying the existing knowledge, gains experience very close to working in real conditions, and at the same time, the process of refinement and consolidation of his theoretical knowledge is ongoing. It has been shown that when working on the ERS 5000 TechSim training simulator, engineer officers (cadets), apply existing knowledge, gain experience under realistic conditions, and simultaneously carry out the process utilizing existing theoretical knowledge.

Keywords. *Training simulator equipment, ERS 5000 TechSim, diagnostics of ship diesel engine.*

© Худяков І. В., Грицук І. В., Погорлецький Д. С., Манжелей В. С.

Статтю прийнято
до редакції 15.03.19