

---

**ENGINE ROOM SIMULATORS - WAYS AND TACTICS FOR ACHIEVING SAFETY  
IN THE MARINE BOILER ROOM****Ivaylo Bakalov**Nikola Vaptsarov Naval Academy, Department “Ship Power Plant”, Varna, Bulgaria,  
bakalov@nvna.eu

**Abstract:** The maintenance and inspection of the boiler system is extremely important for our safety and correct operation of the boiler. Therefore, daily, weekly, monthly, half yearly and yearly check of the boiler components are provided. Engine room simulators are used to support critical crew training objectives. The simulators provide a complete scientific insight into systems, machines, mechanisms and everyday operation, detection and correction of problems. In addition, engine room simulators help teamwork, adaptation to different situations, and decision-making in a crisis situation. The deployment of new and more sophisticated systems for master and auxiliary machinery management required the development and implementation of special automated training systems. These modern tools have led to time savings, a resource and a significant increase in learning efficiency. Most of the fires in a machine and boiler room are caused by a cracked pipe combined with a hot surface. It is necessary to professionally and quickly respond to the discovery and removal of the problem. Engine room problems affect not only the crew there, but also the safety of the entire ship. Upon occurrence of malfunctions, students / operators respond to a check sheet or model of work. Too often, technical failures are present as a concomitant cause of accidents, but this can not always be detected and reported. Augmented reality as an approach to interaction provides unlimited opportunities to familiarize operators and learners with real-time knowledge and environment. Adding elements of the added reality to a purely engineering environment such as machine room work (simulator) transforms the way engineering engineers interact with technology, equipment, and provides unlimited access to knowledge. The concrete model of a ship used in the machine simulator is the MAN B&W 6S50MC-C Diesel Engine Product Tanker of the ERS TehSim 5000 simulator for ship mechanics, connected to the navigation simulator, providing feedback to the engine room. Work on the power of such a ship is extremely important in response to the growing global demand for energy accompanied by limited emission of harmful emissions.

**Keywords:** Engine room simulators, ship boiler, safe operation, maintenance, ship engineers.

**СИМУЛАТОРИ ЗА МАШИННО ОТДЕЛЕНИЕ – НАЧИН И ТАКТИКИ ЗА  
ПОСТИГАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТ В КОТЕЛНО ПОМЕЩЕНИЕ НА КОРАБ****Ивайло Бакалов**Висше военноморско училище “Н. Й. Вапцаров” катедра “Корабни силови уредби”, Варна,  
България, bakalov@nvna.eu

**Резюме:** Поддръжката и проверката на котелната система са от изключително важно значение за безопасността ни и правилната работа на котела. Затова са предвидени дневна, седмична, месечна, полугодишна и годишна проверка на елементите по котела. Машинните симулатори се използват за подкрепа на критичните образователни цели за корабния екипаж. Симулаторите предоставят цялостна научна представа за системите, машините, механизмите и ежедневната експлоатация, откриване и коригиране на проблеми. В допълнение на това, симулаторите за машинно отделение спомагат за екипната работа, приспособяване към различни ситуации и вземане на решения при кризисна ситуация. Внедряването на нови и по-сложни системи за управление на главни и спомагателни машини на кораба, наложи разработването и прилагането на специални автоматизирани системи за обучение. Тези съвременни средства довеждат до икономия на време, мот ресурс и значително повишаване на учебната ефективност. Най-често пожарите в машинно и котелно помещение са причинени от спукана тръба в съчетание с гореща повърхност. За откриването и отстраняването на проблема е нужно професионално и бързо да се отреагира. Проблемите в машинно отделение засягат не само екипажа там, но и безопасността на целия кораб. При появата на неизправности обучаемите/операторите реагират според зададен чек лист или модел за работа. Твърде често, техническите неизправности присъстват, като съпътстваща причина за появяване на произшествия, но това не винаги може да се установи и отчете. Обогатената реалност (Augmented reality) като подход за интеракция осигурява неограничени възможности за запознаване на оператори и обучаеми със знания в

реално време и обстановка. Внасянето на елементи от добавената реалност в една чисто инженерна среда, каквато е работата в машинно отделение (симулатор), преобразява начина, по който инженерните командни кадри взаимодействат с техника, оборудване, и осигурява неограничен достъп до знания. Конкретният модел на кораб използван в машинния симулатор е MAN B&W 6S50MC-C Diesel Engine Product Tanker на тренажорния комплекс ERS TehSim 5000 за корабни механици, свързан с навигационния симулатор, осъществява обратна връзка с машинно отделение. Работата по силовата уредба на такъв кораб, е изключително важна в отговор на нарастващото търсене на енергия в световен мащаб, която да е съпроводена с ограничено отделяне на вредни емисии.

**Ключовите думи:** Симулатори за машинно отделение, корабен котел, безопасна работа, експлоатация, корабни механици.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Машинните симулатори се използват за подкрепа на критичните образователни цели за корабния екипаж. Симулаторите предоставят цялостна научна представа за системите, машините, механизмите и ежедневната експлоатация, откриване и коригиране на проблеми. В допълнение на това, симулаторите за машинно отделение спомагат за екипната работа, приспособяване към различни ситуации и вземане на решения при кризисна ситуация.

При появата на неизправности обучаемите/операторите реагират според зададен чек лист или модел за работа. Твърде често, техническите неизправности присъстват, като съпътстваща причина за появяване на произшествия, но това не винаги може да се установи и отчете. Обогадената реалност (Augmented reality) като подход за интеракция осигурява неограничени възможности за запознаване на оператори и обучаеми със знания в реално време и обстановка. Внасянето на елементи от добавената реалност в една чисто инженерна среда, каквато е работата в машинно отделение (симулатор), преобразява начина, по който инженерните командни кадри взаимодействат с техника, оборудване, и осигурява неограничен достъп до знания.

## 2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Реакцията при една ситуация/неизправност по време на вахта винаги е предизвикателство и въпрос на подготовка и опит. Уменията и възможностите на всеки един са достатъчни за един начален етап на визуализиране и сравнение на проблема с вече известен такъв. Дали изборът на най-добър подход за решаване на реални ситуации е коректен, зависи както от личностните качества, така и от техническото състояние на използваното оборудване. Тренажорните комплекси представляват възможност за практикуване в симулирана среда, като в програмата е заложено ефективно натрупване на знания и умения. Намаляват се разходите и средствата в сравнение с традиционните начини за обучение на механици – с реално оборудване. Има няколко фактора, влияещи пряко върху взимането на решения, които няма как да се вземат под внимание при залагане на математичните модели в машинните симулатори:

- Фактор, свързан с личността и по-конкретно с това, че тя не е сбор от различни характеристики, а динамична организация, в която се комбинират индивидуален и донякъде повтарящ се модел на поведение;

- Фактор, свързан с теоретичната ориентация и методическа подготовка. При достатъчен, практичен и теоретичен опит, всеки работи по подход и насочва естествено дейността по отработване да е в съответствие с неговите изисквания. Това може да създаде проблем, тъй като привържениците на един подход са ограничени във възможността за решаването му. Ако съществува някакво решение/подход възможността рязко се увеличава, успоредно с трудностите, свързани с избор на най-подходящ и целесъобразен начин за решаване на даден проблем;

- Фактор, зависещ пряко от практическото мислене. Способност да се формира концепция за решения – правилни или грешни, което е в основата на критично-рефлексното мислене.

Провеждайки практическото упражнение, съчетавайки в себе си работа на симулатор и действителна работа на материално оборудване по едно и също време, се постига една по-действителна подготовка на кадри. Натрупаният опит по време на едно упражнение е не само теоретичен, а пряко насочен към увереността и самодисциплината на всеки един. Такъв тип упражнение съчетава елементи на визуализацията, симулацията в реално време и взаимодействие човек-компютър. Целите са ефективна и интуитивна работна среда, като се разработват и се оптимизират вече съществуващи процедури и алгоритми. Фокусът е и върху иновативните решения, за да се гарантира удобен и ефективен работен процес от взаимодействия [1].

Технологичният напредък позволява използване на иновативни учебни средства за обучение. Изследвания и трудове, свързани с подобни упражнения на машинни симулатори и Обогадена реалност, са сравнително

малко и самата технология е недоразвита. Тенденцията е за нарастване на 3D моделите, но не и на реалното оборудване, свързано с тренажорните комплекси. 3D средата може да допринесе за повишаване на интереса и мотивацията при инженерните кадри с по-голям практически опит. Въпреки това, практическият потенциал в 3D среда все още се проучва и се доразработва със следната цел – как да се използва конкретната технология за подпомагане на личностното усъвършенстване.

Статията фокусира вниманието върху използване на Обогатената реалност за професионално-личностно усъвършенстване на корабните механици. Обогатената реалност (AR) е част от на Виртуалната реалност (VR) и докато в нея обучаемият е „потопен“ във виртуалния свят, около него – в обогатената реалност, се вижда реалният свят с виртуални обекти. Следователно, усилията могат да се насочат в смесване на виртуалната среда и взимането на решения в нея, с опита от една действителна обстановка и предлагане на по-добър подход при работа с реално оборудване. В идеалния случай би изглеждало, че виртуалните, реалните обекти и действията, които се предприемат, съществуват и се взимат едновременно [3].

Едни от най-важните цели на едно такова иновативно упражнение е да насърчи специалното и екипното взаимодействие между екипажа, работещ в Централния пост за управление (engine control room ECR), и този, работещ конкретно за отстраняване на неизправността. Във времето, в което са работи заедно, част от екипа могат да има достъп до споделено пространство с виртуални обекти, докато остават основно в реалния свят. Този подход е изключително ползотворен за тренировки и усъвършенстване, тъй като обучаемият в симулаторна среда може да използва комуникация (говор, жестове), но също така и успешно да се потопи във виртуална среда, примесена с обогатена реалност, и да осъществи „отдалечено“ сътрудничество. Това е положителна характеристика на обогатената реалност и позволява човек да не се чувства изолиран в една среда, като няма достъп до реалното оборудване, а реално позволява, от чисто психологически фактор да „държи“ контрол над обстановката и да има реален поглед върху същината на даден проблем с техника или оборудване.

Тренажорът на фирмата TRANSAS „ERS-TehSim5000“ има изключително важно значение при обучението в специалност “Корабни машини и механизми”. Тренажорът има 8 работни места – всяко обзаведено с по два монитора и компютри, които са включени в локална и интернет мрежа, мултимедиен проектор, видеокамери, съгласно стандарта на Изпълнителна агенция “Морска администрация”, както и едно комплексно интегрирано работно място за екипажна работа – фигура 2. В тренажорния комплекс се симулира работата на корабен пропульсивен комплекс на Product Tanker, main engine: MAN B&W 6S50MC-C и системите към него, както и на корабна електростанция, въздушно-компресорни, помпени системи и инсталации, на общо корабни системи (противопожарни, баластни, сгъстен въздух, специални системи и др.). В симулатора са заложили сценарии, като са реализирани и напълно нови, отговарящи на реални ситуации, с които се сблъскват инженерните кадри при работа в машинно отделение на такъв тип кораб [4,5].

Инструкциите съдържат процедури, тактики и последователност от действия за въвеждане в експлоатация на корабната котелна уредба от студено състояние, при наличие на електрозахранване – Aalborg MISSION™ OL boiler [2].

А. Подготовка преди стартиране на котелната уредба.

1) От главният екран на монитора се избира бутон „MSB”, при което излиза подменю със различни опции. Избира се подменю „MSB No 1 GSP” и се правят следните проверки на помпите: „No 1 AUX BOILER FEED WATER PUMP” и „No1 BOILER WATER CIRC. PUMP FOR E/G ECO”:

Наличие на захранване: Лампата „SOURCE” трябва да свети, ако не свети се превключва ключа на захранването;

Помпите са в режим „AUTO”: Жълтата лампа трябва да свети. Ако не свети - натиска се бутон „AUTO”.

2) Аналогичните проверки се правят от подменю „MSB No 2 GSP” (от страница „MSB”) относно „No 2 AUX BOILER FEED WATER PUMP” и „No 2 BOILER WATER CIRC. PUMP FOR E/G ECO”.

3) От главният екран на монитора се избира бутон „MSB”, при което излиза подменю със различни опции. Избира се подменю „MSB No 1,2 440V Feeder” и се проверява прекъсвач „AUX. BOILER POWER PANEL”, трябва да е в позиция ON (червен цвят).

В. Подготовка на прилежащите към котела системи.

Пояснения към системите: Зелената лампа, илюстрирана до даден клапан, показва отворено положение на съответния клапан.

I. Подготовка на питателната и циркуляционната системи - От главният екран на монитора се избира бутон “SYS”, при което излиза подменю със различни опции. Избира се подменю „Aux. Boiler Feed Water System”.

1) Проверка на нивото на топлият сандък (Cascade TK). Под 50 % от нивото се отваря ръчния клапан за питание (Cascade TK Make Up Valve);

2) Отваряне на всмукателните клапани на питателните помпи (Main Feed Water P/P Suction Valves), отваряне на клапаните към пароводния колектор (Boiler Feed Water Valves), ако вече не са отворени;

3) Отваряне на всмукателните и нагнетателните клапани на циркуляционните помпи (Circ. Water Pump Suction Valves, Circ. Water Pump Delivery Valves), отваряне на клапана от водния колектор (Circ. Pump Supply Valves), отваряне на входния и изходния клапани от и към икономайзера (Economizer Circ. Water Inlet Valve, Economizer Supply Valve, Economizer Outlet Valve), отваряне на входния клапан към пароводния колектор (Boiler Supply Valve), ако вече не са отворени;

II. Подготовка на горивната система - От главният екран на монитора се избира бутон “SYS”, при което излиза подменю със различни опции. Избира се подменю „FO service For AUX Boiler System”.

1) Проверява се нивото на цистерните за тежко гориво (LS HFO settling Tk, HFO settling Tk);

2) Постава се трипътният клапан в положение от системата за дизелово гориво (3 Way HFO/DO Changeover Valve) - линия с жълт цвят. При това положение трипътният клапан към смесителния съд (3 Way FO Return Valve) автоматично променя положението си;

3) Отваря се байпасният клапан (HFO Heater For AUX. Boiler By-pass Valve) и затваряне на входния и изходния клапани на нагревателя (HFO Heater For AUX. Boiler Inlet Valve, HFO Heater For AUX. Boiler Outlet Valve);

4) Отваря се нагнетателният клапан на дизеловата помпа за първичната горелка (Ignition MDO Pump Discharge Valve);

5) Затваря се клапанът на обратната линия от смесителния съд към горивната цистерна (Inlet Valve TO HFO Settling Tk);

6) Отваря се клапанът от системата за въздушна атомизация (Air Atomizing Supply Valve)- линия с сив цвят;

C. Стартиране на котела в автоматичен режим - Котелът може да се стартира по 2 начина:

I. Първи начин за стартиране на котела (дистанционно) - От главният екран на монитора се избира бутон „BMCS”, при което се отваря екран за контрол на котела (BURNER OVERVIEW). Извършва се следната последователност от действия:

1) Натиска се бутон „PUMP OVERVIEW”, намиращ се в горния ляв ъгъл на екрана, При което се появява изглед за управление на помпи;

2) Натиска се бутон „Circulation pump 1”, при което изскача диалогов прозорец за управление. Избират се бутоните „Start” и “OK”, след което се затваря прозореца. Помпата е стартирана, при което триъгълника до бутона се оцветява в синьо;

3) Натиска се бутон „Circulation pump 2”, при което изскача диалогов прозорец за управление. Избират се бутоните „Stand-by” и „OK”, след което се затваря прозореца. Помпата е в режим на готовност;

4) Аналогични действия и за другите помпи („Fuel oil pump 1 (2)”, „Feed water pump 1 (2)”;

5) От горния ляв ъгъл на екрана се избира бутон „BURNER OVERVIEW”, появява се екрана за управление на котела;

6) Избира се бутон „Boiler”, намиращ се над изборената ситема, при което се появява диалогов прозорец за управление;

7) На реда с опцията „Boiler contrl. mode” се натиска бутон „Auto”. Избира се и бутон „LOW” или „HIGH”, чрез което се избира режима на натоварване на котела. След което се натиска бутон „OK”. Котелът стартира и работи в автоматичен режим.

8) След като налягането на котела се повиши се избира бутон „SYS” от главния екран и се избира подменю „Aux. Boiler Feed Water System”, при което се отваря ситемата за питание. Ръчно се отваря главния парен клапан на котела, след което се развежда пара за нужните консуматори (избират се от подменю „Aux. Boiler Steam Service System”).

II. Втори начин за стартиране на котела (локално) - От главният екран на монитора се избира бутон „ER4”, при което се отваря екран с изглед на котела.

Важен е въпросът и за безопасността. Всеки член на екипажа трябва да премине определен набор от курсове, свързани с безопасността. Там се разглеждат теоретични и практични занятия, но не и ситуации на комбинация от тях. В една среда на обогатена реалност, където се смесват елементи на тренажорната

подготовка с тази на практическата, трябва да се даде свобода на ориентация и действие, взаимодействие между действителното ежедневие и аварийната обстановка [6].

Обогатената реалност не може да бъде идеално решение за всеки подход и оборудване, но тази технология винаги трябва да се свързва с педагогическите цели и нужди на практиката.

Заобикалящата среда трябва да бъде реструктурирана по начин, чрез който контекстът на опита и знанието да са в основата на обучението. Взаимодействието представлява, валидна и надеждна основа за теорията на учението във виртуална среда. Това взаимодействие и екипна работа е в основата на изграждането на концептуални модели на обмен на опит и информация между тези, които са подготвени по-добре практически и тези с повече теоретични знания. Този концептуален модел е свързан с хронологичното изграждане на упражнение, пряко обвързано с функцията на екипажа, предметната област, взаимовръзките, както и налаганите ограничения – пожар в корабната котелна уредба. Момент от такъв тип обучение по борба с пожари в котелно помещение, е дадено на фигура 1 и 2.



Фиг.1 – Пожар в котелно помещение.



Фиг.2 – Работен екип за работа във виртуална/симулационна среда.

---

Предлаганият начин на обучение във виртуална среда може да бъде пригоден към индивидуални конструктивни изисквания или особености на силовата уредба поради факта, че умението за пространствена ориентация е важен компонент на човешките способности.

### 3. ИЗВОДИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В заключение, може да се каже, че практическата стойност на такъв тип упражнение и образователният му ефект са значими. Понастоящем, сме в етап на събиране на опит и ситуации от практиката, които да се внедрят в обогатената симулаторна среда за реални образователни подходи. Въпреки разнообразието от възможности за работа с различни членове от машинната команда в реално-виртуална среда, създаването на сценарии изисква съществена работа и време. Трудност се явява свързването и координирането на реално оборудване към различните симулаторни модели на ERS. Напредъкът в развитието на различните педагогически концепции, технологии и подходи при обслужване на съвременни спомагателни системи и механизми изисква необходимост от все по-мощно и необходимо задълбочаване във виртуалната и обогатената реалност при начална и периодична подготовка на инженерни морски командни кадри. Стремежът е както към разбиране на ефекта от виртуалната и обогатената реалност, така и към изучаване на неограничения им потенциал.

Има създадени различни подходи и начини за обучение по отношение на конкретната информация и умения. Изборът на иновации в обучението зависи от индивидуалния подход до различните технологични иновации. Обогатената реалност е подход/технология, която бързо намира място в обучението, поддържането и развитието на навици и умения. Необходими са допълнителни проучвания и решения, свързани с разходите и ефективността на приложените новости, както и обратна връзка от менинговите компании, институции и фирми, свързани с морската икономика, корабостроене, кораборемонт и корабоплаване.

### ЛИТЕРАТУРА

- Bakalov, I. D. (2019). A Contemporary Concept in Troubleshooting and Fixing Malfunctions Using an Engine Room Simulator in Augmented Reality Environment.  
ERS-TehSim5000, manual: MAN\_BW\_6S50MC-C\_Trainee\_Manual.
- Kaufmann, H. (2003). Collaborative Augmented Reality in Education.
- Бакалов, И. Д. (2016). ОБУЧЕНИЕ НА МОРСКИ КОМАНДНИ КАДРИ В УСЛОВИЯТА НА ВИРТУАЛЕН ВОЕНЕН КОРАБ ТИП ФРЕГАТ В СИМУЛАЦИОНЕН КОМПЛЕКС „ERS-TehSim5000“
- Бакалов, И. Д. (2016). ИЗПОЛЗВАНЕ НА СИМУЛАЦИОНЕН КОМПЛЕКС ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ОБУЧЕНИЕ И ТРЕНИРОВКИ ПО БОРБА С ПОЖАРИ“
- [http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas),-1974.aspx)