

Міністерство науки і освіти України  
Херсонська державна морська академія  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Одеський національний морський університет  
Національний університет «Одеська морська академія»  
ДП «ДержавтотрансНДІпроект»  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Національний транспортний університет  
Інститут газу НАН України  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»  
Український державний університет залізничного транспорту  
Херсонський національний технічний університет  
University of Zilina (Словаччина)  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn (Польща)  
Rzeszow University of Technology (Польща)  
University of Technology and Humanities in Radom (Польща)  
Науково-виробнича компанія «Modern Multi Power Systems» s.r.o. (Чехія)

## МАТЕРІАЛИ

10-ї Міжнародної науково-практичної конференції

## СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТІ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Присвячена 185-річчю Херсонської державної морської академії



Херсон – 2019

### Науковий комітет:

Білоусов Є.В. – к.т.н., доц., ХДМА;  
Варбанець Р.А. – д.т.н., проф., ОНМУ;  
Волков В.П. – д.т.н., проф., ХНАДУ;  
Волошин В.С. – д.т.н., проф., ПДТУ;  
Горбов В.М. – к.т.н., проф., НУК;  
Грицук І.В. – д.т.н., проф., ХДМА;  
Гутаревич Ю.Ф. – д.т.н., проф., НТУ;  
Іщенко І.М. – к.т.н., проф., ХДМА;  
Каграманян А.О. – к.т.н., доц., УДУЗТ;  
Клец Д.М. – д.т.н., проф., ХНАДУ;  
Колєгаєв М.О. – к.т.н., проф., НУОМА;  
Кухаренко Г.М. – д.т.н., проф., БНТУ;  
Ляшенко Б.А. – д.т.н., проф., ІПМ;  
Матейчик В.П. – д.т.н., проф., НТУ;  
Монастирський Ю.А. – д.т.н., проф., КНУ;  
Наглюк І.С. – д.т.н., проф., ХНАДУ;  
Подригало М.А. – д.т.н., проф., ХНАДУ;  
Подригало Н.М. – д.т.н., доц., ХНАДУ;  
Поливянчук А.П. – д.т.н., проф., ХНУ  
міського господарства імені О.М. Бекетова  
Посвятенко Е.К. – д.т.н., проф., НТУ;  
Рева О.М. – д.т.н., проф., НАУ;  
Рожков С.О. – д.т.н., проф., ХДМА;  
Саравас В.Є. – к.т.н., доц., ПДТУ;  
Сараєв О.В. – д.т.н., проф., ХНАДУ;  
Сахно В.П. – д.т.н., проф., НТУ;  
Селіванов С.Є. – д.т.н., проф., ХДМА;  
Симоненко Р.В. – к.т.н., доц., ДП  
«ДержавтотрансНДПроект»;  
Тамаргазін О.А. – д.т.н., проф., НАУ;  
Тимошевський Б.Г. – д.т.н., проф., НУК;  
Ткач М.Р. – д.т.н., проф., НУК;  
Тулученко Г.Я. – д.т.н., проф., ХНТУ;  
Шарко О.В. – д.т.н., проф., ХДМА;  
Шостак В.П. – к.т.н., проф., НУК  
Gerlici Juraj – Dr., prof., University of  
Zilina (Словаччина)  
Kuric Ivan – Dr., Ing. prof., University of  
Zilina (Словаччина)  
Podprygora Olena – директор науково-  
виробничої компанії «Modern Multi  
Power Systems» s.r.o. (Чехія);  
Saga Milan – Dr., Ing. prof., University of  
Zilina (Словаччина)  
Smieszek Mirosław – д.т.н., проф., Rzeszow  
University of Technology (Польща);  
(Польща);  
Wróblewski Aleksander – д.т.н., проф.,  
University of Warmia and Mazury in  
Olsztyn (Польща).

### Організаційний комітет:

**Голова** – Чернявський Василь Васильович, ректор ХДМА

**Заступники голови** – Бень Андрій Павлович, проректор з НІР ХДМА

Білоусов Євген Вікторович, декан факультету суднової енергетики.

Савчук Володимир Петрович, зав. кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

**Вчений секретар конференції** – Бабій Михайло Володимирович, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

**Технічний секретар** – Курносенко Дар'я Вікторівна, завідувач лабораторії кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

**Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 10-а Міжнародна науково-практична конференція, 12-13 вересня 2019 р.** – Херсон: Херсонська державна морська академія.

У матеріалах 10-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» представлені доповіді, які присвячені проблемам експлуатації, виробництва та проектування енергетичних установок та устаткування на транспорті, а також підготовці спеціалістів у сфері транспортної енергетики й устаткування.

## ЗМІСТ

<b>СЛОВО ГОЛОВИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ, РЕКТОРА ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ ЧЕРНЯВСЬКОГО ВАСИЛЯ ВАСИЛЬОВИЧА.....</b>	<b>9</b>
<b>СЕКЦІЯ 1. ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ.....</b>	<b>10</b>
<b>Bulgakov M.P. INCREASING THE DIAGNOSTICS EFFICIENCY OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM OF MARINE ENGINES.....</b>	<b>11</b>
<b>Авраменко Н.Н., Растегина Г.И., Иванов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ.....</b>	<b>14</b>
<b>Горобченко О.М., Неведров О.В. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ МАТЕМАТИКИ.....</b>	<b>19</b>
<b>Грицук І.В., Симоненко Р.В., Худяков І.В. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕЛІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВСТАНОВЛЕНИМ ТАХОГРАФОМ.....</b>	<b>21</b>
<b>Данилян А.Г., Тирон-Воробьева Н.Б. ОСОБЕННОСТИ СКРУЧИВАНИЯ КОЛЕНВАЛА ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....</b>	<b>24</b>
<b>Дощенко Г.Г., Наговский Д.А. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА.....</b>	<b>27</b>
<b>Колебанов О.К., Терпан И.Д. УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ СУДОВОГО КОМПРЕССОРА СЖАТОГО ВОЗДУХА.....</b>	<b>30</b>
<b>Колебанов О.К. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВАЛОГЕНЕРАТОРА В ДВИГАТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ.....</b>	<b>33</b>
<b>Краснов Ю.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОФОРНОГО ЦИКЛУ НА ЗАТРИМКУ РУХУ МЕТОДОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.</b>	<b>35</b>
<b>Кривошапов С.И. ПРЕДПОСЫЛКИ К НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ.....</b>	<b>38</b>
<b>Курлыков Д.А., Кубич В.И. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СМАЗЫВАНИЯ И СМАЗКИ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ ДВС ПРИ ЕГО ПУСКЕ.....</b>	<b>40</b>
<b>Курносенко Д.В., Грицук І.В. ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ.....</b>	<b>43</b>
<b>Лещев В.А., Найденов А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ПРУЖИНЫ ДАТЧИКА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЯ НА ТОКСИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОГ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ.....</b>	<b>46</b>
<b>Ломакін В.О., Ільченко А.В., Кравченко О.П. ЗМЕНШЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....</b>	<b>49</b>
<b>Наглюк М.И., Макогон Е.А. КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ АНТИФРИЗОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В АВТОМОБИЛЯХ.....</b>	<b>51</b>
<b>Наговський Д.А., Дощенко Г.Г. ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОБОТИ АДАПТИВНОЇ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ LPG-ТАНКЕРА.....</b>	<b>54</b>
<b>Поваляев С.І., Сарасв О.В. МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕКИДАННЯ АВТОМОБІЛЯ.....</b>	<b>57</b>

<b>Погорлецький Д.С. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДЛІЯ ПУСКУ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ.....</b>	<b>59</b>
<b>Рябушенко О.В., Наглюк І.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТИЧНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ НА ДІЛЯНКАХ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА ХАРКОВА.....</b>	<b>63</b>
<b>Сараєва И.Ю. МЕТОД ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ГЕРМЕТИЧНОСТИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ.....</b>	<b>67</b>
<b>Селиванов С.Е., Тарасенко А.Н. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ (МАШИННОМ) ОТДЕЛЕНИИ И МАСТЕРСКИХ НА СУДНЕ.....</b>	<b>68</b>
<b>Терещенкова О.В., Кондрашов К.В. ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛІЯ МИНИМИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>72</b>
<b>Шарко О.В. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ СУДНОВИХ КОТЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ.....</b>	<b>75</b>
<b>СЕКЦІЯ 2. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ, НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ.....</b>	<b>77</b>
<b>Ushkarenko O.O., Dorohan O.I. SOFTWARE FOR DETERMINING THE COMPOSITION OF DIESELGENERATORS FOR OPERATION OF SHIP POWER PLANT IN THE HIGHEST EFFICIENCY MODE.....</b>	<b>78</b>
<b>Бондарь І.В., Монастирський Ю.А. ПЕРЕХІД НА ФІРМОВИЙ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ БЕЛАЗ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ.....</b>	<b>81</b>
<b>Вербовський В.С. ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ СТАЦІОНАРНОГО ГАЗОВОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ АКУМУЛЬОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ.....</b>	<b>82</b>
<b>Головань А.И., Дели А.К., Костенко А.А., Гончарук И.П. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ГРУЗОВОГО СУДНА.....</b>	<b>85</b>
<b>Горбов В.М., Мітенкова В.С. ВПЛИВ ВІД РОБОТИ ДОПОМІЖНИХ КОТЛІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ НАЛИВНИХ СУДЕН.....</b>	<b>88</b>
<b>Данілян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б. КОРУПЦІЙНІ ДІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ СЛУЖБ: НЕЗАХИЩЕНІСТЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ПОРТАХ УКРАЇНИ.....</b>	<b>91</b>
<b>Дзигар А.К. РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ МІЖНАРОДНОЇ КОНВЕНЦІЇ З УПРАВЛІННЯ БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ НА СУДНАХ КОМПАНІЇ OFFSHORE HEAVY TRANSPORT.....</b>	<b>95</b>
<b>Дзигар А.К. ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК СУДЕН КОМПАНІЇ SONGA SHIPS MANAGMENT.....</b>	<b>97</b>
<b>Димо Б.В., Колбасенко О.В., Горячкін А.В., Язловецький А.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ СЕУ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ.....</b>	<b>99</b>
<b>Заблоцкий Ю.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ.....</b>	<b>102</b>



<b>Коваленко С.И.</b> ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВНЕДРЕНИЯ ГПД НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	105
<b>Куропятник А.А.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ КОНВЕНЦИИ МАРПОЛ 73/78 ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫБРОСОВ NO <sub>x</sub> ПУТЕМ ПЕРЕПУСКА ВЫПУСКНЫХ ГАЗОВ.....	109
<b>Матвеев В.В.</b> ДВИГАТЕЛЬ LVOC-COMBUSTING ME-GIE.....	112
<b>Мацкевич Д.В.</b> РЕГЕНЕРАЦІЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ.....	116
<b>Настасенко В.О.</b> ВОДЕНЬ, ЯК ПАЛИВО МАЙБУТНЬОГО І ПРОБЛЕМИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ.....	119
<b>Пелевін Л.С., Горбатюк Є.В., Терентьев О.О.</b> СТВОРЕННЯ ГІДРОАВТОМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН З ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРОМ.....	122
<b>Ремізов П.П., Товстокорій О.М., Сілеверстов І.А., Даньшин М.І.</b> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКОГО ПЕРЕСУВНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ.....	124
<b>Рокицький М.О., Шут М.І., Рокицька Г.В., Демченко В.Л., Січкара Т.Г., Шут А.М.</b> ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПОЛІМЕРНИХ КОМПЗИТИВ СИСТЕМ ПЕНТАПЛАСТ - AgI ТА ПЕНТАПЛАСТ – ВНТ.....	125
<b>Сагин С.В.</b> МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.....	128
<b>Скалига М.М., Рудинець М.В.</b> ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ-СМІТТЄВОЗІВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВОГО ПАЛИВА.....	131
<b>Скрипка Г.Л., Бабій М.В.</b> УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛА ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН В СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ.....	133
<b>Солодовников В.Г.</b> УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИЯ СУДОВЫХ ТЯЖЕЛЫХ ТОПЛИВ.....	135
<b>Таран І.О., Литвин В.В.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА РАХУНОК ОРГАНІЗАЦІЇ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ КОМБІНОВАНОГО РЕЖИМУ РУХУ.....	138
<b>Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Моисеенко С.В., Тарасов А.С.</b> АЭРОДИНАМИКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С РОТОРАМИ ДАРЬЕ И САВОНИУСА.....	141
<b>Тымкив А.В.</b> ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ.....	142
<b>Чередниченко А.К., Коробейникова Н.В.</b> ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	145
<b>СЕКЦІЯ 3. РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....</b>	148
<b>Бутаков И.Б., Рожков С.А., Тимофеев К.В.</b> СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОФФШОРНОГО СУДНА.....	149
<b>Варбанець Р.А., Маулевич В.О., Кирица В.І., Кучеренко Ю.М., Губін В.С.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	152
<b>Варбанець Р.А., Залож В.И., Губанов В.П., Пизинцали Л.В.</b> МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	153

<b>Воробйов Ю.А., Нечипорук М.В., Майорова К.В. ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИБОРІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....</b>	<b>155</b>
<b>Головань А.И. ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ПРОЦЕССАХ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.....</b>	<b>158</b>
<b>Дмитриев С.А., Хрулев А.Э. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ШАТУНА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВС.....</b>	<b>161</b>
<b>Ерыганов А.В. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ ПРИ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ....</b>	<b>166</b>
<b>Сахно В.П., Поляков В.М., Корпач А.О., Шарай С.М. ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ШВИДКОСТІ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ МЕТРОБУСА.....</b>	<b>167</b>
<b>Яглицький Ю.К., Кириченко К.В. ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОМПОЗИТНОГО ПЛАВУЧОГО ДОКУ.....</b>	<b>170</b>
<b>СЕКЦІЯ 4. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ЙОГО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....</b>	<b>172</b>
<b>Zinchenko D.O. NANOMODIFIED EPOXYCOMPOSITE MATERIALS FOR METALPOLYMERIC TRIBOSYSTEMS OF TRANSPORT VEHICLES.....</b>	<b>173</b>
<b>Агеев М.С. ,Зиньковский А.П., Кавун В.И. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ОБРАБОТКИ ЭДН – ПОКРЫТИЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКИМ ИОННЫМ АЗАТИРОВАНИЕМ.....</b>	<b>178</b>
<b>Власов І.В. НЕОБХІДНІ КРИТЕРІЇ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТС.....</b>	<b>182</b>
<b>Врублевський Р.Є. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТА МЕХАНІЗМІВ ПРИ СУДНОРЕМОНТІ.....</b>	<b>184</b>
<b>Гутаревич Ю.Ф., Сирота О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ..</b>	<b>185</b>
<b>Ивченко Т.И., Николайчук В.Я., Хрипко Т.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ СУДОРЕМОНТА В УСЛОВИЯХ ПОРТА И ОТКРЫТОГО МОРЯ.....</b>	<b>188</b>
<b>Клец Д.М., Дубінін Є.О., Холодов А.П., Слинченко І.В. МОБІЛЬНИЙ РЕЄСТРАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ЯК ОСНОВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІСНИХ МАШИН.....</b>	<b>190</b>
<b>Кравченко С.А., Ліньков О.Ю., Пильов В.В. ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГОЛОВКИ ЦИЛІНДРІВ СЕРЕДНЬООБЕРТОВОГО ДИЗЕЛЯ.....</b>	<b>193</b>
<b>Лебедь Н.И, Лебедь О.Н. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОСТРОСТА НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ ПИН GAAS.....</b>	<b>195</b>
<b>Лебедь Н.И, Лебедь О.Н. ЭЛЕКТРОННЫЙ СПЕКТР ПРИМЕСЕЙ ЭС GAAS, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРОВ-РАСПЛАВОВ.....</b>	<b>198</b>
<b>Лебедь Н.И, Лебедь О.М. ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ФРОНТУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ GAAS ПРИ ВИРОЩУВАННІ З РІДКОЇ ФАЗИ.....</b>	<b>200</b>
<b>Литвин С.Н. ФАЗИРОВАННЫЙ ВПРЫСК ТОПЛИВНОГО ГАЗА В ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ.....</b>	<b>202</b>
<b>Несин Д.Ю., Терлыч С.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ГЛАВНОЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ КРАНОВОГО СУДНА БОЛЬШОЙ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ.....</b>	<b>204</b>

<b>Савчук В.П. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....</b>	<b>208</b>
<b>Самарін О.Є. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУВНИХ КЛАПАНІВ ІЗ ЗАДАНИМ ТИСКОМ ВІДКРИТТЯ В ЦИЛІНДРІ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА.....</b>	<b>212</b>
<b>Самарін О.Є. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУВНИХ КЛАПАНІВ З МЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ В ЦИЛІНДРІ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА.....</b>	<b>216</b>
<b>Самарін О.Є. ЗАСТОСУВАННЯ САМОРЕГУЛЬОВАНИХ ПРОДУВНИХ КЛАПАНІВ В ЦИЛІНДРІ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА.....</b>	<b>220</b>
<b>Слинько Г.І., Полуведько С.Ю., Сухонос Р.Ф., Слинько В.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОДУВКИ ДВОТАКТНОГО БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З СИСТЕМОЮ ПРОДУВКИ ЦИЛІНДРА ЧИСТИМ ПОВІТРЯМ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....</b>	<b>224</b>
<b>Соломонюк Д.М. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ РЕГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГТУ ДЛЯ МОРСЬКОГО І НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ.....</b>	<b>227</b>
<b>Черняк Ю.В., Горобченко О.М., Гатченко В.О., Каращук С.В. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЕЛЕКТРОВОЗУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.....</b>	<b>230</b>
<b>Шульженко А.А., Jaworska L., Гаргин В.Г., Соколов А.Н., Романко Л.А., Луцак Э.Н., Гаращенко В.В., Шульженко А.А., Русинова Н.А. ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК N-СЛОЙНЫХ ГРАФЕНОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА, ПОЛУЧЕННОГО СПЕКАНИЕМ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ В СИСТЕМЕ АЛМАЗ–МЕДЬ.....</b>	<b>232</b>
<b>Щедронос О.В., Узлов О.М., Кириченко К.В. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТАПЕЛЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПОНТОНІВ КОМПОЗИТНИХ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ.....</b>	<b>235</b>
<b>Щедронос О.В., Терлич С.В., Коновалова Г.В., Щедронос М.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ПЛАВУЧОГО БУДИНКУ.....</b>	<b>238</b>
<b>СЕКЦІЯ 5. ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ.....</b>	<b>241</b>
<b>Білоусова Т.П., Максимук Г.Є., Тулученко Г.Я. ОБЧИСЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ ГІПЕРГЕОМЕТРИЧНИХ ІНТЕГРАЛІВ У ФОРМУЛАХ ШВАРЦА-КРИСТОФФЕЛЯ.....</b>	<b>242</b>
<b>Васильченко Г.Ю., Знамеровська Н.П., Татаринцева Ю.Г. ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗА УМОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СТУПЕНЕВОЇ ПІДГОТОВКИ.....</b>	<b>247</b>
<b>Годлевський П.М., Круглик М.І. ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ЯК ОСНОВА РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ.....</b>	<b>250</b>
<b>Даниленко О.Б. ОСОБЛИВОСТІ КОНЦЕПЦІЇ ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ СУДНОВОДІВ ДО ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....</b>	<b>254</b>
<b>Зайцева Т.В. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ.....</b>	<b>255</b>
<b>Знамеровська Н.П., Кравцова Л.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ПРИРОДНИЧОГО ЦИКЛУ В ХЕРСОНСЬКІЙ ДЕРЖАВНІЙ МОРСЬКІЙ АКАДЕМІЇ.....</b>	<b>258</b>
<b>Камась О.Ю., Кравцова Л.В. ОХОРОНА ПРАЦІ НА СУДНІ: МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «БЕЗПЕЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ СУДНОВИХ ТРАПІВ ТА СХОДИН».....</b>	<b>261</b>

<b>Коротченков Н.П.</b> ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ СУДОВОДИТЕЛЕЙ МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ МЕСТА СУДНА.....	264
<b>Кравцова Л.В., Каминская Н.Г.</b> ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	265
<b>Кравцова Л.В., Камінська Н.Г.</b> ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НОВИЙ ПОГЛЯД НА ПІДГОТОВКУ КУРСАНТІВ – ЕЛЕКТРОМЕХАНІКІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ.....	269
<b>Кравцова Л.В., Пуляєва Г.В.</b> ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ MS EXCEL ПРИ ПІДГОТОВЦІ СУДНОВИХ МЕХАНІКІВ: РОЗРАХУНОК ЗАПАСУ ПАЛИВА НА РЕЙС.....	271
<b>Кузнєцов Ю.М.</b> НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЛАБОРАТОРІЯ МАЛОГАБАРИТНОГО СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	274
<b>Мотайло А.П., Білоусова Т.П.</b> ПОБУДОВА КУБАТУРНОЇ ФОРМУЛИ ДЛЯ ОКТАЕДРА.....	277
<b>Мусоріна М.О.</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ КОНВЕНЦІЙ ТА СТАНДАРТІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ СУДНОВИХ МЕХАНІКІВ.....	280
<b>Носов П.С., Попович І.С., Носова Г.В., Якушенко С.О., Свириденко О.В.</b> РОЗРОБКА ТЕСТУ НА СПРИЙНЯТТЯ СТУДЕНТАМИ / КУРСАНТАМИ МЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У 3D-ПРОСТОРІ.....	282
<b>Проценко В.О.</b> МІРКУВАННЯ ПРО СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОСВІТИ В УКРАЇНІ.....	285
<b>Рева О.М., Камишин В.В., Невиніцин А.М., Шульгін В.А.</b> АПРОБАЦІЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕК ПОМИЛОК АВІАДИСПЕТЧЕРІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....	287
<b>Савков Б.П., Шумило О.М.</b> ЩОДО ДЕЯКИХ АСПЕКТІВ БОРОТЬБИ З ЗАГРОЗАМИ НА МОРІ З ВИКОРИСТАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ СУДНА І ЙОГО ЕКІПАЖУ.....	291
<b>Шапар Л.А., Шпілєвая Т.М.</b> ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ МОРЯКІВ ХХІ СТОРІЧЧЯ.....	294

## СЛОВО ГОЛОВИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ, РЕКТОРА ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ ЧЕРНЯВСЬКОГО ВАСИЛЯ ВАСИЛЬОВИЧА



### Шановні колеги!

Збірка матеріалів ювілейної X-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (СЕУТТОО – 2019) – це результат тривалої та наполегливої роботи досвідчених і молодих науковців, які об'єдналися для аналізу сучасного стану транспортної енергетики і тенденцій її розвитку.

Нааявність ефективної транспортної галузі – один із важливіших системоутворюючих факторів в економіці України, який впливає на всі галузі промисловості і соціальне

життя. Зростання швидкості руху вантажів і пасажирів дає відчутний економічний і соціальний ефект; здешевлення перевезень дозволяє наблизити віддаленні регіони і підняти рівень ділової активності населення; забезпечення регулярності та ритмічності доставки вантажів призводить до вивільнення оборотних коштів і зменшення витрат на складування і збереження товарів. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають наукові дослідження у сфері виробництва й експлуатації енергетичних установок як основного елемента транспортного засобу.

Ця збірка об'єднує розробки з питань енергозбереження та нетрадиційної енергетики, створення нових і удосконалення існуючих конструкційних, матеріалів, інноваційних методів проектування та виробництва енергетичних систем тощо.

Надані статті, авторами яких виступають як окремі науковці, так і групи дослідників, об'єднані у п'ять розділів:

- 1) проблеми експлуатації енергетичних установок і допоміжного обладнання на транспорті;
- 2) проблеми енергозбереження, надійності та безпеки енергетичних установок і допоміжного обладнання на транспорті, нетрадиційні енергетичні системи;
- 3) робочі процеси, динаміка та міцність транспортного і технологічного обладнання;
- 4) проблеми розвитку та особливості проектування і виробництва енергетичних установок і допоміжного обладнання для транспортних систем, його програмне забезпечення;
- 5) проблеми підготовки спеціалістів для транспортної галузі.

Переконаний, що матеріали цієї збірки підуть на користь усім, хто опікується проблемами розвитку транспортної енергетики. Розробки учасників конференції здатні зробити транспортні системи більш ефективними, дозволять зменшити рівень енергоємності транспорту, зробити його безпечнішим як для людини, так і для навколишнього середовища.

Сьогодні окремий дослідник і навіть ціла держава не в змозі забезпечити науковий поступ, тому що прогрес науки – це глобальний рух людства до процвітання, який безпосередньо впливає на повноту та якість життя кожного. Конференція «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» об'єднує фахівців із навчальних закладів та наукових установ України, Білорусі, Польщі, Словаччини, Чехії, та інших країн світу. Їх спільна праця сприяє зміцненню наукового співробітництва в галузі, розширенню кола наукового пошуку, залученню молоді до найбільш актуальних досліджень у сфері транспортної енергетики.

Десята збірка матеріалів конференції доводить, що Херсонська державна морська академія – не лише морський заклад освіти, але й потужний центр наукової думки. У наш час високих технологій та інноваційного розвитку саме результативність наукової діяльності впливає на темпи економічного зростання і конкурентоспроможність нашої держави у світовому співтоваристві.

Бажаю усім нових творчих пошуків, невичерпної енергії, професійної інтуїції та численних перемог на нелегкому, але надзвичайно цікавому шляху наукової творчості.

З повагою ректор ХДМА, д.п.н. В.В. Чернявський

## **Секція 1**

# **ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ**

## **INCREASING THE DIAGNOSTICS EFFICIENCY OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM OF MARINE ENGINES**

Bulgakov M.P.

Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

### **Introduction.**

The technical state of maritime transport is characterized by the large number of malfunctions and equipment failures of various systems and vessels' units. The greatest number of failures in diesel engines. From the analysis of the vessels' technical conditions it is clearly seen, that the number of failures and malfunctions, associated with diesel damage, is about 35%.

Malfunctions of marine power plants may be due to the fault of the operating personnel, due to the fault of repair personnel or due to the fault of repair factories and manufacturing plants. This situation is because of insufficient skills and abilities of the staff, serving the vessel, and because of the lack of modern repair and diagnostic equipment.

### **Relevance of the topic.**

There are diesels with malfunctions, which can be attributed to "hidden" failures in operation. They can lead to an increase in fuel consumption, decrease in nominal power, and uneven power distribution for individual cylinders. This is usually due to a regulation violation of fuel equipment, the formation of coke in nozzle holes of injectors, the deterioration of the turbocompressor technical state, the wear of the cylinder-piston group and of the mechanism of gas distribution.

The analysis of some published works shows, that in 30% of the examined diesel engines the power was lowered by 15 ... 20%, and the uneven load on the cylinders reached up 25 ... 30%. The difference in load on individual cylinders depends on the uneven fuel flow by injectors and the standard value of the fuel timing injection angle.

Every third case of unplanned repair of diesel engines is associated with the fuel failure equipment (FE). Vessels' operation is often characterized by conditions where separate aggregates and the engine as a whole, work with partial loss of ability to work without adequate preventive measures.

If the FE is in good condition, but the fuel timing injection angle is set to be incorrect (for example, 20° instead of the normative 28°), the working process will be broken down, which will be visible due to increased fuel consumption and exhaust smoking [2].

**Problem Statement.** It is necessary to analyze various methods of diagnosing fuel equipment and give a conclusion about their use.

**Research results.** The work of the internal combustion engine, its mechanisms and systems is accompanied by vibration. There is a relationship between the level of vibration and the technical condition of the object. As the parts of the mechanisms wear out, gaps in the coupled pairs increase and the kinetic energy of the shock influences increases.

Impact influences increase with increasing the injector needle movement during operation. In this case, it is necessary to determine the amplitude coefficient, which is equal to the ratio of the maximum value of the signal to its average value. The average signal value is determined for the initial value of the needle maximum stroke according to the technical data of the manufacturer. If the amplitude coefficient is more than 1.5, then the injector needs to be replaced. For example, in the new injector, the maximum needle stroke is 0.5 mm, during operation it has increased to a value of 0.8 mm. In this case, a replacement sprayer is required.

The phase characteristics of the signal from vibration are used to determine the time of events, that are accompanied by shock effects in the mechanisms. For example, for a diesel engine, the valves operation of the mechanism of the gas distribution, the high pressure pump, and the needle moving of the injector are accompanied by knocks.

Diagnosis of the technical condition of the injector according to the vibration parameters can be performed by comparing the reference vibrodiagram with the actual one. Having a set of

oscillograms with previously known malfunctions, the comparative method can determine the type of damage.

*Method of diagnosing of fuel equipment due to change of units' temperature.*

In the process of operation of the internal combustion engine, the chemical energy of the fuel is converted into heat energy. In the combustion chamber, the temperature reaches over 2 000 C. All parts and components of the engine are heated. At a given set operating mode of the engine, the temperature of its parts reaches a certain constant value. During the proper condition of all mechanisms and engine systems, the temperature field of the engine reaches a certain permissible value. The technical state of the diesel depends on the temperature change of its units.

In work [3] the influence of the technical state of FE injectors on the change of surface temperature of the injection pipeline was investigated. It is known, that in the process of fuel supply, the pipeline, connecting the pressure pump to the injector, is heated. The temperature depends on the fuel friction on the walls of the pipeline. The friction value depends on the inner surface roughness of the pipeline, pressure, velocity and fuel viscosity. Friction in the form of heat dissipates in the surrounding space.

Raytek Minitemp, a portable computer thermograph (infrared image converter) IRTIS 2000, consisting of a receiving camera, a Noterbook and special software, was used for conducting contactless thermal control.

During operating the 6Ч 16 / 22.5 engine at a low load conditions with a power of 22.7 kW at  $450 \text{ min}^{-1}$ , for all six cylinders the pressure at the end of compression, maximum combustion pressure and surface temperature of the injection pipeline were determined. Then in the engine, there was a replacement (re-installation) of injectors. The cylinders 1, 2, 3 were equipped with injectors 4, 5, 6 cylinders, and 4, 5, 6 - 1, 2, 3. The pressure at the end of the compression remained almost the same, so the impact of the wear of the cylinder and piston rings was excluded. The study showed that an increase in the combustion pressure of the first cylinder from 2.6 to 5.2 MPa (increased cyclic fuel supply) contributed to an increase in the surface temperature of the injection pipeline from 33 to 42 °. The temperature has changed in other injection pipelines as well [3].

Analysis of the study results showed, that the change in the temperature of the pipeline surface could be determined by the technical state of the injectors. If for known failures of fuel equipment (wear of plunger pairs, coke formation in spray nozzles, loss of needle movement, decrease in pressure of needle opening) determine the change in temperature of the surface of the injection pipeline, then this will allow to diagnose determine the type of malfunction by the temperature changing.

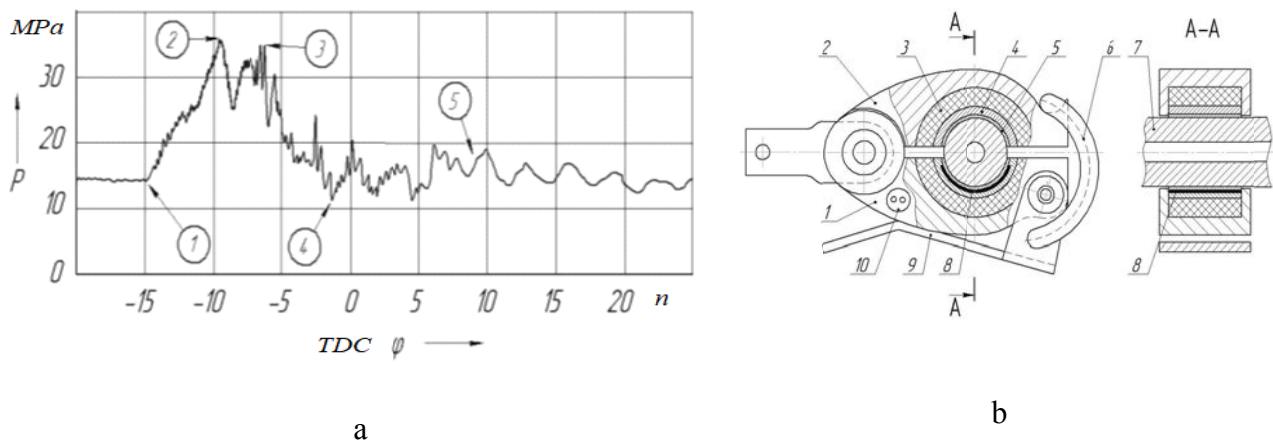


Figure 1. Pressure oscillograms which was written by removable sensor (b) and sensor design for achieving of it, where 1 - fixed sensor housing; 2 - suspended housing of the sensor; 3 - elastic element; 4 - external electrode; 5 - internal electrode (copper foil); 6 - loop; 7 - fuel line; 8 - piezoelectric film; 9 - handle of the clamping device; 10 - sensor socket



The disadvantages of this method are the complexity of conducting the control of the technical state of the FE and the influence of the temperature of the other parts of the engine on the change in the temperature of the surface of the injection pipeline.

*Analysis of malfunctions of diesel engine injectors by changing the needle nozzle movement.* In idle or low load conditions, there is a deterioration of the combustion process due to poor quality fuel spraying [4].

On the diagram of needles movement it is possible to distinguish the key points and areas: 1 - the beginning of the needle lift (the beginning of the fuel supply); 1-2 - area of needle lifting; 2-3 - area of maximal lifting of the needle; 3-4 - the site of the needle landing on the saddle; 4 - the end point of the needle landing. A smaller number of digits indicates these points on the needle stroke.

**Conclusions.** The following sequence of diagnostics is proposed for analyzing the needle movement:

- for fuel equipment, the parameters of which correspond to the requirements of the manufacturer, in idle mode or nominal power, the needle movement is fixed with an explanation of key points and sites;

- for possible malfunctions, that can be occur in operation (change in fuel timing injection angle, duration of injection, speed of lifting and landing of the needle, the additional injections, needle freezing), the shape of the needle motion (stroke) is fixed by oscylograph [5].

By location of key points on the diagrams of fuel pressure and needle stroke (vertically and horizontally) it is possible to determine the technical state of the pump and injector; the needle stroke, in the current period of diesel operation, is compared with the reference (control) stroke. By comparing the reference chart of the needle stroke with the actual, it is estimated the technical state of the EA and determining the possible type of malfunction [6].

The considered methods of diagnosing fuel equipment are very informative and reliable. In addition, they do not require expensive equipment. All methods can be used during the vessels' operation, but their use requires high qualification of the service personnel.

## REFERENCES

1. Обозов А.А. Развитие методов и систем технического диагностирования / А.А. Обозов, В.И. Таричко // Двигателестроение. – 2012. – № 4 (250). – С. 30-34.
2. Лышевский А.С. Колебательные процессы в топливных системах дизелей / А.С. Лышевский, В.И. Кравченко. Ростов: Изд-во Ростовского университета, 1974. – 190 с.
3. Михайлова Л.Ю. Диагностика форсунки дизеля по анализу хода иглы и утечкам топлива / Л.Ю. Михайлова // Вестник инновационного евразийского университета. – Павлодар, 2011. – № 3 (43). – С. 99-105.
3. Гаврилов В.С., Камкин С.В., Шмелев В.П. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок. Учебное пособие для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. – 288 с.
4. Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик»; пер. с нем. Ю.Г. Грудского. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с
5. Макушев Ю. П. Датчики для осциллографирования процесса впрыска топлива в дизелях. Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования - основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России / Ю.П. Макушев, А.В. Филатов, Л.Ю. Михайлова // Матер. 66-й Межд. науч.-практ. конф. – Омск: СибАДИ, 2012. – Кн. 2. – С. 67-71.
6. Булгаков М.П. Аналіз методів діагностування паливних систем дизелів / М.П. Булгаков, Д.О. Зінченко, В.О. Коротій / Матеріали міжн. наук.-практ. конф. Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 9-а Міжнародна науково-практична конференція. – Херсон.; Вид-во Херсонська державна морська академія, 2018. – С. 14-16.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ

<sup>1</sup>Авраменко Н.Н., <sup>1</sup>Растегина Г.И., <sup>2</sup>Иванов А.А.

<sup>1</sup>Морской колледж Херсонской государственной морской академии (Украина)

<sup>2</sup>Херсонская государственная морская академия (Украина)

**Введение.** Согласно требованиям международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ) [1] относительно компетентности при эксплуатации генераторов и распределительных систем, персонал машинной команды должен обладать необходимыми знаниями и навыками при обслуживании параллельно работающих генераторов, а также иметь глубокие знания и понимания физических процессов, происходящих в судовых электроэнергетических системах, что в свою очередь снизит количество аварийных ситуаций, а также повысит эффективность компетентных действий персонала в аварийные ситуации и их устранения без риска безопасного судовождения.

**Актуальность исследований.** Нагрузка судовой электростанции величина случайная, которая зависит от режима работы судна и изменяется во времени. Между параллельно работающими генераторами происходит постоянное распределение нагрузки. Согласно требованиям международной ассоциации классификационных обществ (IAACS - International association of Classification Societies) [2], между параллельно работающими генераторами активная и реактивная мощности должны распределяться равномерно. Для обеспечения таких требований персонал машинной команды должен проводить квалифицированное обслуживание автоматических регуляторов частоты (АРЧ) и автоматических регуляторов напряжения (АРН).

На современных судах с высоким классом автоматизации распределение активной нагрузки и регулирование частоты при параллельной работе генераторов возможны по статическому и астатическому законам регулирования. Регуляторы АРЧ настроенные на статический и астатический закон регулирования частоты в режиме одиночной работы генераторов, достаточно хорошо описываются в различных литературных источниках и публикациях. В режиме параллельной работы генераторов, где регулирование частоты и распределение активной нагрузки осуществляется по астатическому закону регулирования, эта тематика остается актуальной для образовательного процесса и подготовки персонала машинной команды и в литературных изданиях конкретный метод недостаточно подробно описывается. Понимание процессов в электроэнергетической системе при распределении активной нагрузки между генераторами и выборе статического или астатического регулирования, повысит уровень знаний и компетентности персонала машинной команды, а также снизит аварийные ситуации, связанные с параллельной работой генераторов и распределением нагрузки между ними.

**Цель исследований.** Для образовательного процесса и подготовки персонала машинной команды целесообразно использовать виртуальные симуляторы и тренажеры реального оборудования, где интегрированы современные регуляторы, что дает возможность проводить научно-исследовательскую деятельность для получения экспериментального подтверждения теоретическим сведениям о методах и законах регулирования нагрузки и частоты в судовых электростанциях при параллельной работе генераторов.

**Результаты исследований.** Из теории СЭЭС известно, что при параллельной работе синхронных генераторов регулирование активных нагрузок происходит путем изменения подачи топлива, а регулирование реактивных нагрузок происходит путем воздействия на ток возбуждения.

Основной характеристикой приводного двигателя (ПД) генераторного агрегата (ГА) является регуляторная характеристика, представляющая собой зависимость числа

оборотов  $n$  от мощности  $P$  генератора при фиксированном положении регулирующего органа. Чтобы частота тока в сети поддерживалась стабильной ПД генераторных агрегатов снабжают автоматическими регуляторами частоты АРЧ, которые стабилизируют частоту вращения вала ПД путем воздействия на подачу топлива.

В зависимости от наклона регуляторной характеристики АРЧ подразделяют на астатические И-регуляторы (Isochronous – изохронные) (см. рис. 1, характеристика 1) и статические П-регуляторы (см. рис 1, характеристика 2).

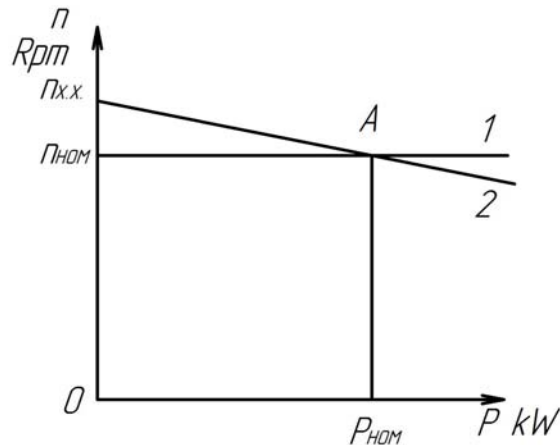


Рисунок 1. Астатическая (1) и статическая (2) регуляторные характеристики приводных двигателей генераторных агрегатов

Наклон регуляторной характеристики, или статизм  $\delta$ , % (в англоязычной технической литературе – DROOP) определяют по формуле

$$\delta = \frac{n_{x.x} - n_{ном}}{n_{ном}} \cdot 100 \%,$$

где  $n_{x.x}$  и  $n_{ном}$  – частота вращения соответственно холостого хода и номинальная, об/мин (см. рис. 1).

Современные АРЧ можно настроить на статическую или астатическую характеристики. Для астатической характеристики  $\delta = 0$ , где частота вращения приводного двигателя ГА не зависит от нагрузки генератора (см. рис 1, характеристика 1), т.е. обороты ПД постоянны при разных величинах нагрузки генератора. Для статической характеристики  $\delta > 0$ , где частота вращения ПД уменьшается с увеличением нагрузки генератора (см. рис 1, характеристика 2).

При наличии в энергосистеме нескольких агрегатов с астатическими характеристиками их АРЧ частота тока в системе будет регулироваться по астатическому закону, однако распределение нагрузки между этими агрегатами станет неопределенным.

Поскольку неопределенность в распределении нагрузки между агрегатами недопустима, регуляторы частоты вращения всех агрегатов должны быть настроены на статические характеристики с одинаковым статизмом [3].

Наклон регуляторной характеристики АРЧ можно изменять в процессе настройки АРЧ. Регуляторные характеристики можно перемещать параллельно самим себе путем воздействия на регулирующий орган (переключатель подачи топлива на ГРЩ или панели управления ПД ГА). Для обеспечения устойчивой параллельной работы генераторов и равномерного распределения активной нагрузки статизм регуляторных характеристик дизелей должен быть не ниже 3% [4].

Возникает вопрос, можно ли получить астатическое регулирование частоты в сети при параллельной работе генераторов?

Астатическое регулирование может быть получено двумя способами. Можно настроить регулятор частоты вращения астатически и для этого необходимо сделать равным нулю коэффициент жесткой обратной связи. Во втором способе регулятор

частоты вращения агрегата настраивается на статическую характеристику, астатическое регулирование получается за счет смещения статической характеристики параллельно самой себе.

Смещение характеристики осуществляется воздействием на механизм изменения числа оборотов и при автоматическом управлении импульсы на двигатель механизма изменения числа оборотов подаются от специального регулятора. Такой регулятор и регулирование называется вторичным, а регулятор частоты вращения является первичным регулятором [3].

Структурная схема регулятора представлена на рисунке 2. Схема замкнутая и состоит из двух контуров: контроля скорости и контроля нагрузки, а также содержит сигнал задания нагрузки и скорости. Представленная структура обеспечивает работу регулятора как в режиме одиночной, так и параллельной работы ГА.

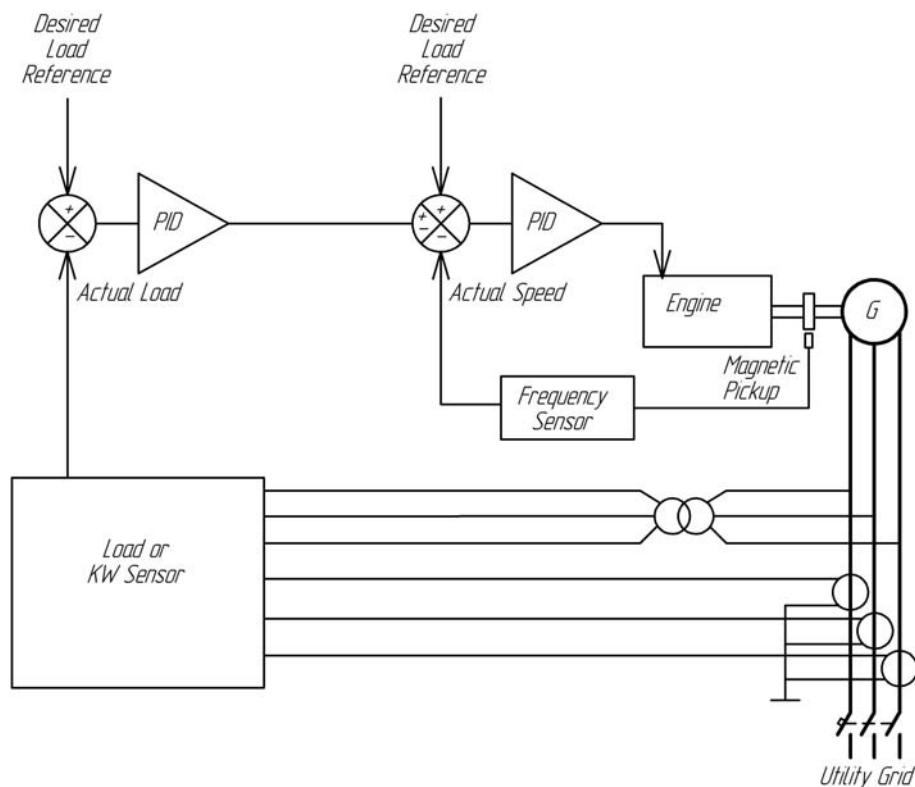


Рисунок 2. Структурная схема регулятора частоты

В современных СЭС существует два вида регулирования частоты и распределения активной нагрузки:

- а) регулирование по мгновенному отклонению частоты;
- б) регулирование по интегральному отклонению частоты.

Регулирование по мгновенному отклонению частоты может быть выполнено тремя методами:

- 1) методом статических характеристик;
- 2) методом ведущего генератора;
- 3) методом мнимо статических характеристик.

Получение и проверка всех трех методов были выполнены на виртуальном симуляторе MC90-V (Kongsberg). Исследования проводились при параллельной работе двух дизель генераторов. Рассматривалось поведение электроэнергетической системы при включении и отключении нагрузки большой мощности, подруливающего устройства и двух пожарных насосов. Показания приборов и осциллограммы снимались в трех экспериментах при разных сочетаниях режимов работы генераторных агрегатов (ГА) – автоматическом AUTO и ручном MANUAL.

В результате эксперимента получены данные по распределению активной нагрузки между параллельно работающими генераторами, которые представлены в таблице 1.

Осциллограммы переходных процессов, полученных в экспериментах 1 и 2 представлены на рисунке 3. Слева осциллограмма для DG1, справа для DG2.

Таблица 1. Результаты исследований СЭЭС при включении и отключении мощных приемников электроэнергии с целью определения законов и методов распределения активной нагрузки

№ эксперимента	Задание режима работы ГА	Закон регулирования частоты тока	Скорость холостого хода ДГ (база), $n_{xx}$ , об/мин	Закон распределения активной нагрузки между генераторами	Метод распределения нагрузки
1	DG1 – MANUAL.; DG2 – MANUAL.	$f = \text{const}$ по статическому закону	$U$ DG1 и DG2 $n_{xx} = \text{const}$	Пропорциональный статический	Статических характеристик
2	DG1 – AUT.; DG2 – AUT.	$f = \text{const}$ по астатическому закону	$U$ DG1 и DG2 $n_{xx}$ изменяется	Пропорциональный статический	Мнимостатических характеристик
3	DG1 – AUT.; DG2 – MANUAL.	$f = \text{const}$ по астатическому закону	$U$ DG1 $n_{xx}$ изменяется; $U$ DG2 $n_{xx} = \text{const}$	Нагрузка G1 изменяется; Нагрузка G2 неизменна	Ведущего генератора

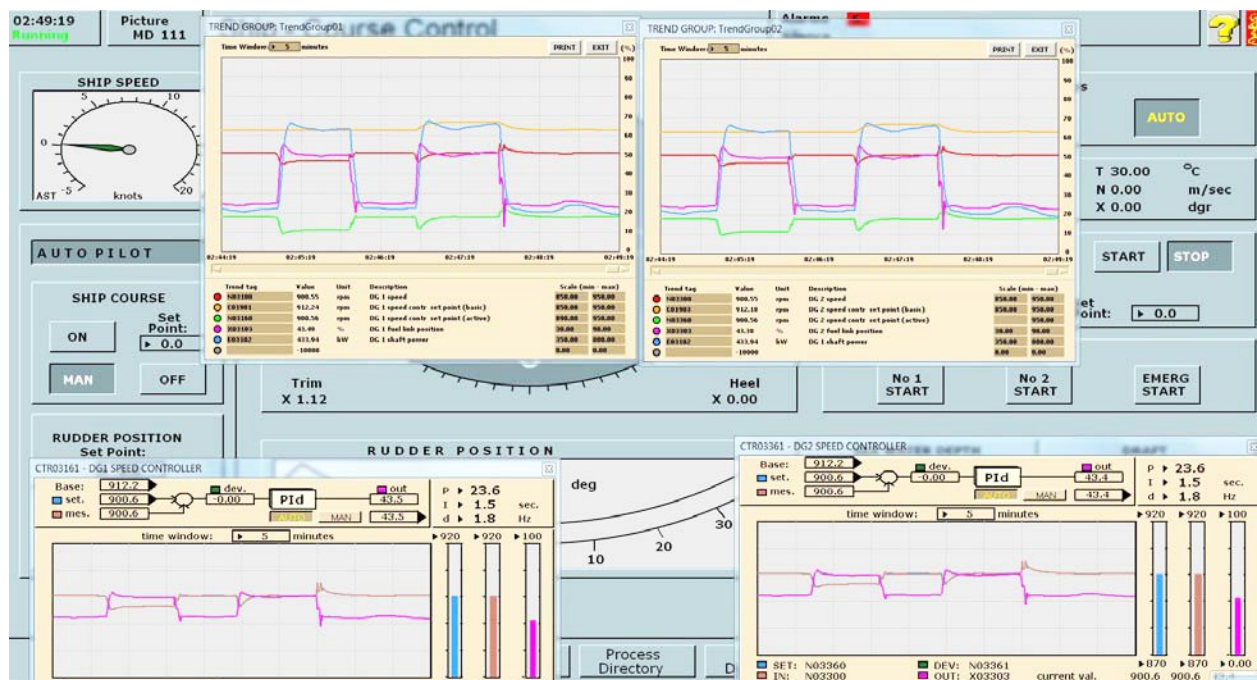


Рисунок 3. Осциллограммы переходных процессов

Во всех представленных режимах получено автоматическое распределение активных нагрузок, выполненное разными методами, при этом регуляторная характеристика приводного двигателя, работающего в режиме AUTO перемещается параллельно самой себе, а в режиме MANUAL она неподвижна. Анализ показаний приборов, осциллограмм, характеристик контроллеров скорости позволил сделать выводы о примененных методах распределения активной нагрузки.

Особый интерес вызывает третий эксперимент при работе одного ГА в режиме AUTO, а второго ГА в режиме MANUAL. При изменении нагрузки в системе, частота тока неизменна и регулируется по астатическому закону и нагрузка ГА, работающего в режиме MANUAL, также неизменна, а все колебания нагрузки воспринимает ГА работающий в режиме AUTO, но при этом уставку по нагрузке генератора, работающего в режиме MANUAL можно изменять при помощи регулятора подачи топлива.

#### **Выводы:**

1. При любом режиме работы ГА распределение активной нагрузки между параллельно работающими генераторами выполняется автоматически. Исключение составляет только период сразу после синхронизации при ручном управлении.

2. Автоматические регуляторы частоты генераторных агрегатов, предназначенных для параллельной работы, настраиваются на статизм 3%.

3. В режиме пропорционального распределения нагрузки и работе одного из генераторов в режиме автомат, а другого в режиме ручного управления, генератор, работающий в режиме автомат, является ведущим и берет на себя изменяемую нагрузку. Генератор, работающий в ручном режиме, работает с неизменной нагрузкой, при этом частота в сети неизменна. Нагрузка между генераторами может распределяться неравномерно. Распределение активных нагрузок выполняется автоматически методом ведущего генератора. Этот режим не рекомендуется устанавливать при больших колебаниях нагрузки в сети. В режимах работы судна при мало изменяющейся нагрузке такой режим работы СЭС может быть самым экономичным.

4. Понимание законов распределения активной нагрузки, которые используются при выборе различных сочетаний режимов работы дизельгенераторов на судне позволит избежать аварийных ситуаций и обесточивания судна.

5. Для образовательного процесса и подготовки персонала машинной команды рекомендуется включить в учебный процесс тематику распределения активной нагрузки и регулирование частоты при параллельной работе генераторов по статическому и астатическому законам регулирования, а также результаты исследований.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. – Лондон.: ИМО. «Эшфорд Пресс», 2011. – 450 с.

2. Международная ассоциация квалификационных обществ. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Международная\\_ассоциация\\_классификационных\\_обществ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Международная_ассоциация_классификационных_обществ) – Название с экрана.

3. Павлов Г.М. Автоматика энергосистем / Г.М. Павлов, Г.В. Меркурьев. – СПб.: НОУ ЦПКЭ, 2001. – 388 с.

4. Сергиенко Л.И., Миронов В.В. Электроэнергетические системы морских судов/ Л.И.Сергиенко, В.В. Миронов. – М.: Транспорт, 1991. – 264 с.

## ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ МАТЕМАТИКИ

Горобченко О.М., Неведров О.В.  
Державний університет інфраструктури та технологій (Україна)

При розробці інтелектуальних систем керування тяговим рухомим складом розробники стикаються з завданням описати ситуації, що при цьому виникають. Машиніст локомотива постійно оцінює поточну обстановку та приймає керуючі рішення, що відповідають його основному завданню – безпечному та ефективному веденню поїзда. Інтелектуальна діяльність людини при цьому достатньо складна і не може бути точно описана у виразах класичної математики. Але існує підхід, при якому людина-оператор представляється у вигляді «чорної скрині» [1], на вхід якої подаються зовнішні сигнали, а на виході маємо керуючі дії.

Процеси, що відбуваються всередині такої «чорної скрині» можливо описати за допомогою теорії розпізнавання образів та теорії прийняття рішень [2,3]. Для випадку керування локомотивом процес прийняття рішень машиністом докладно описано в роботах [4–6]. Але недостатньо висвітленим залишається питання формалізації тієї інформації, що надходить до машиніста при керуванні поїздом. Складність тут полягає у різноманітності інформаційних сигналів, їх неоднорідності, деколи неоднозначності та залежності від широкого кола факторів [7].

Постає завдання визначення теоретичного підґрунтя для найбільш якісного опису станів, в яких знаходиться машиніст локомотива, рухомий склад та оточуюче середовище. Модель повинна враховувати як кількісні, так і якісні показники оточуючого середовища та поїзда, що рухається. Також необхідно врахувати, що поїзд є об'єктом керування з підвищеною небезпекою, а визначення його поточного стану необхідно проводити у найкоротші терміни, значно менше секунди. Тому математичний апарат не повинний перевантажувати бортову локомотивну систему керування та водночас дозволяти визначати будь-які ситуації, що можуть виникнути на шляху прямування.

При моделюванні інтелектуальної системи керування будемо спиратись на реальні ситуації та їх ознаки і характеристики, що виникають підчас ведення поїзду. Встановимо укрупнену схему роботи машиністів (рис. 1).

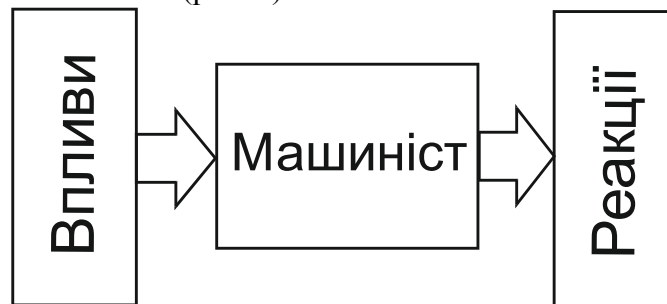


Рисунок 1. Укрупнена схема роботи машиніста

Впливи на машиніста відбуваються за різними каналами, мають різну природу та різні наслідки [8]. Крім того необхідно відмітити, що момент початку та час дії деяких впливів визначається самим машиністом локомотива. В залежності від обставин він може зосередитись або над контролем ділянки колії попереду (при проходженні небезпечних місць), або над визначенням поточного стану локомотива, або над контролем параметрів руху поїзда для прийняття керуючих рішень і т. і. Необхідно виконати аналіз всіх впливів, для чого спочатку проведено їх класифікацію.

Всю інформацію, що надходить до машиніста локомотива, можливо розбити на дві множини: чіткі та нечіткі сигнали [9,10]. Прикладами чітких сигналів може бути сигнал світлофора, наявність обмеження швидкості, положення штурвалу контролера та інше. До



нечітких сигналів відносяться оцінки машиністом за даних умов швидкості руху (швидко, дуже швидко, повільно і т. і.), відстані до сигналу (дуже далеко, близько і т. і.), ефективності гальмування, можливості використання кінетичної енергії поїзда та інші види інформаційних впливів.

Таким чином можливо формалізувати визначення загального впливу на машиніста під час керування поїздом. Урахування як чітких, так і нечітких змінних дозволить більш якісно оцінити умови прийняття керуючих рішень машиністом та точніше змоделювати роботу інтелектуальної системи керування поїздом.

Висновки. Стан поїзда, як об'єкта керування, можливо оцінювати за значенням набору ознак, що належать до нього [11]. Також набором ознак можемо охарактеризувати стан локомотива та оточуючого середовища (поїзну обстановку). Повністю ситуація може бути описана набором значень всіх ознак при керуванні поїздом в поточний момент часу. При моделюванні інтелектуальної системи керування можливо використати таблицю, що приводить у відповідність всі можливі ситуації і деякий набір керуючих рішень. Розмір таблиці визначається числом ситуацій, яке залежить від ступеню конкретизації значень ознак. Якщо  $p$  — число ознак,  $m_i$  — число значень ознаки  $y_i \in Y (i \in J = \{ 1, 2, \dots, p \})$ , то число можливих ситуацій не перевищує  $m_1 \times m_2 \times \dots \times m_p$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shankar, S. (2017). Looking into the Black Box: Holding Intelligent Agents Accountable. *NUJS L. Rev.*, 10, 451.
2. Chen, C. H. (2015). *Handbook of pattern recognition and computer vision*. World Scientific.
3. White, D. J. (2018). *Decision theory*. Routledge.
4. Tartakovskiy, E., Gorobchenko, A., & Antonovych, A. (2016). Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, (5 (3)), 4-11.
5. Gorobchenko, O., Fomin, O., Gritsuk, I., Saravas, V., Grytsuk, Y., Bulgakov, M., & Zinchenko, D. (2018, September). Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. In *2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)* (pp. 239-243). IEEE.
6. Бутько, Т. В., & Горобченко, А. Н. (2015). Моделювання керуючої діяльності машиніста локомотива за допомогою теорії нечітких графів. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*, (2 (56)).
7. Горобченко, О. М. (2014). Формалізація задачі поточної оцінки безпеки руху при управлінні локомотивом. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Сер.: Транспортні системи і технології, (24), 214-221.
8. Cheng, Y. H., & Hui-Ning, T. (2019). Train drivers' subjective perceptions of their abilities to perceive and control fatigue. *International journal of occupational safety and ergonomics*, (just-accepted), 1-38.
9. Cao, Y., Ma, L., & Zhang, Y. (2018). Application of fuzzy predictive control technology in automatic train operation. *Cluster Computing*, 1-10.
10. Zhang, D. (2017). High-speed Train Control System Big Data Analysis Based on Fuzzy RDF Model and Uncertain Reasoning. *International Journal of Computers, Communications & Control*, 12(4).
11. Tanaka, K., & Wang, H. O. (2004). *Fuzzy control systems design and analysis: a linear matrix inequality approach*. John Wiley & Sons.



## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕЛІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВСТАНОВЛЕНИМ ТАХОГРАФОМ

<sup>1</sup>Грицук І.В., <sup>2</sup>Симоненко Р.В., <sup>1</sup>Худяков І.В.

<sup>1</sup> Херсонська державна морська академія (Україна)

<sup>2</sup> Національний транспортний університет (Україна)

В ХДМА, НТУ і ХНАДУ проводяться роботи щодо подальшого розвитку інформаційних програмних комплексів моніторингу транспорту для дослідження можливості дистанційного отримання інформації про параметри експлуатації транспортних засобів (ТЗ) в умовах ITS.

Процес формування та аналізу графів інформаційних структур моделі системи «Система управління безпекою експлуатації і працездатності засобів транспорту» («Motor Vehicle Safety and Performance Management» (в подальшому - MVSPM)) включає в себе [1, 2, 3, 4] наступні взаємопов'язані операції: побудову множин структурних елементів на основі моделі предметної області системи; формування матриці семантичної суміжності на множині структурних елементів, побудову орієнтованого графу його інформаційної структури [5, 6]; формування матриці семантичної досяжності на множині структурних елементів [5]; визначення інформаційних і групових елементів структурних множин; упорядкування груп структурних елементів за рівнями ієрархії, виділення і формування множині ключів і атрибутів в групах даних підсистем; побудова канонічних моделей підсистем баз даних системи.

Елементи множини складена [1, 2] для множин структурних елементів моделі системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ матриця семантичної суміжності  $B = \|\|b_{ij}\|\|$ , тобто квадратна бінарна матриця проіндексована за обома осями множини структурних елементів  $D$ , має вигляд (2)

Матриці семантичної суміжності  $B$  ставиться у відповідності до графу інформаційної структури  $G(D, U)$ , множинами вершин якого є структурні елементи множин  $D$ , а дуги ( $d_i, d_j$ ) відповідають запису  $b_{ij} = 1$ , в матриці  $B$ . Дуги організованого графа (орграфу)  $G$  відображають наявність або відсутність семантичної зв'язності між їх структурними елементами.

Для предметної області інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з встановленим тахографом визначили існуючий загальний інформаційний елемент для всіх п'яти інформаційних груп. У відповідності до елементу «Час збирання інформації» -  $d_{94}$ , який є ключовими з причини семантичної залежності одержуваних даних моніторингу параметрів технічного стану ТЗ від часу збирання інформації. Таким чином, з урахуванням особливостей побудови, розроблена інформаційна система моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, має множину ключів:

$$W_{2.1} = \{d_{94}\} \quad (1)$$

В результаті виконання роботи був розроблений і сформований приведений до канонічної структури оргграф системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з встановленим тахографом, який показаний на рис. 1.

Побудована реляційна модель [1, 2] системи моніторингу на основі канонічної структури бази даних [7] і положень [1,2], відповідно до множини допустимих значень основних параметрів технічного стану ТЗ. Таким чином отриманої в результаті проведеного аналізу інформації достатньо для створення системи управління бази даних реляційного типу [5, 6], в тому числі і в компонентах ПІК «MVSPM».

$$B = \begin{pmatrix} 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 000000000000000010000 \\ 0000000000000000100 \\ 0000000000000000100 \\ 0000000000000000100 \\ 0000000000000000010 \\ 0000000000000000010 \\ 0000000000000000010 \\ 0000000000000000001 \\ 000000000000000011111 \\ 000000000000000000000 \\ 000000000000000000000 \\ 000000000000000000000 \\ 000000000000000000000 \\ 000000000000000000000 \\ 000000000000000000000 \end{pmatrix} \quad (2)$$

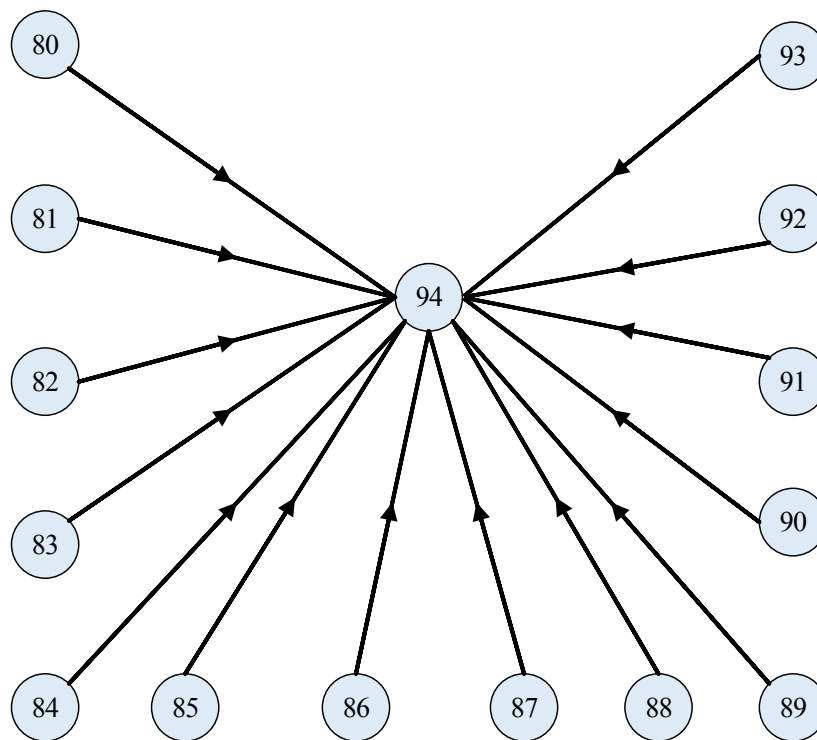


Рисунок 1. Оргграф G канонічної структури моделі підсистеми моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з встановленим тахографом

**Висновки.** В роботі виконано приведення до канонічної форми оргграф інформаційної структури моделі системи дистанційного моніторингу параметрів технічного стану водія і ТЗ з встановленим тахографом. Побудована реляційна модель системи моніторингу на основі канонічної структури бази даних, що базуються на теоретичних положеннях у відповідності до множини допустимих значень основних параметрів технічного стану ТЗ. Отриманої в результаті проведеного аналізу інформації

достатньо для створення системи управління бази даних реляційного типу, в тому числі і в компонентах ІПК «MVSPM» з використанням інформаційних складових тахографа.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Атрощенко В.А. Технические возможности повышения ресурса автономных электростанций энергетических систем. Монография. / В.А. Атрощенко, Ю.Д. Шевцов, П.В. Яцынин, Р.А. Дьяченко, М.Н. Педько. - Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2010. - 192 с.
2. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y. et al., "Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions," SAE Technical Paper 2018-01-0024, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>
3. Волков В.П., Мырхалыков Ж.У., Грицук И.В., Никонов О.Я., Сатаев М.И., Волков Ю.В., Саипов А.А. Интеллектуальные и телематические технологии на транспорте / Под ред. Волкова В.П. – Шымкент: Изд-во ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2016. – 508 с.
4. М.Ф. Дмитриченко, В.П. Матейчик, В.П. Волков, О.К. Грицук, М.П. Цюман, І.В. Грицук, Г.О.Вайганг, О.А.Клименко. Програмне забезпечення систем моніторингу транспорту / Під редакцією Дмитриченка М.Ф. – Київ: Вид-во НТУ, 2016. – 204с.
5. Берж К. Теория графов и ее применения / К. Берж. – М. : Иностранная литература, 1962. – 319 с.
6. Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари ; пер. с англ. – М. : Мир, 1973. –301 с.
7. Диго С.М. Базы данных. Проектирование и создание: Учебно-методический комплекс. – М.: Изд. центр ЕАОИ. 2008. – 171 с.
8. Gritsuk, I., Zenkin E.Y., E., Bulgakov, N., Golovan, A. et al., "The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units," SAE Technical Paper 2018-01-1773, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.

## ОСОБЕННОСТИ СКРУЧИВАНИЯ КОЛЕНВАЛА ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Данилян А.Г., Тиرون-Воробьева Н.Б.

Дунайский институт Национального университета Одесская морская академия  
(Украина)

**Введение.** Бурное развитие Мирового морского флота, требует значительных научных изысканий в области технической эксплуатации, обслуживания и ремонта главной энергетической установки судна. Накопленный опыт в этом направлении, далеко не всегда находит свое широкое распространение в публикациях и научных обсуждениях в стенах, высших, морских учебных заведений.

Обобщение опыта в процессе эксплуатации современных главных двигателей в основном считается интеллектуальной собственностью судоходной компании и не подлежит широкому распространению. Основные детали остова и движения современного двигателя, претерпевают в процессе эксплуатации значительные нагрузки, а порой и повреждения, ведущие к аварийным ситуациям и авариям на флоте.

**Актуальность исследования.** Нормативные требования надзорных органов за эксплуатацией судов, четко определяют основные позиции контроля узлов и механизмов, обслуживающие главный судовой двигатель. Выполнение этих требований не всегда могут быть выполнены на должном техническом уровне по ряду объективных и субъективных причин, порой не зависящих от машинной команды судна.

Предмет исследования коленчатого вала на скручивание не случайно был обозначен в данной статье. Накопленный опыт, позволяет открыть ряд новых позиций в изменениях, происходящих в основной детали главного двигателя – коленчатом вале. Исследование этого вопроса, дает возможность, предотвратить нежелательные последствия в процессе эксплуатации главного двигателя [1].

**Результаты исследования.** При вращении коленчатого вала главного двигателя на различных режимах нагрузки и условиях плавания судна, коленвал постоянно изгибается в положительной и отрицательной плоскости, при этом он еще и скручивается. и все это происходит за один его оборот. Так сколько же он способен деформироваться в упругой деформации с каждым своим оборотом? Этот вопрос является определяющим в долговечности его работы и беспокоит проектанта и механика эксплуатационника.

Сам вопрос скручивания вала, рассчитывается по коренной шейке с учетом на усталостную прочность и только на кручение. Точки для расчета, берутся по отверстию выхода масла в шейке и сопряжения коренной шейки с щекой на поверхности галтели.

Согласно принятой методики, утвержденной Регистром РФ и другими надзорными органами напряжения кручения, выбираются по максимальному и минимальному значениям кручения в Мпа:

$$\tau_{\max} = 10^{-6} \cdot T_{\text{ткр}}^{\max} / W_{\text{кр}} \quad (1)$$

$$\tau_{\min} = 10^{-6} \cdot T_{\text{ткр}}^{\min} / W_{\text{кр}} \quad (2)$$

где  $T_{\text{ткр}}^{\max}$  и  $T_{\text{ткр}}^{\min}$  - соответственно минимальное и максимальное значение индикаторного крутящего момента набегающего на шейку. Эти значения получают поиском минимального и максимального значения элементов массива.

$\Xi - T_{\text{ткр}}[j, i];$

J – номер колена;

i – порядковый номер элемента в массиве соответствует определенному углу поворота коленчатого вала;

W – момент сопротивления кручению коренной шейки м<sup>3</sup>;

$$W_{кр} = 0,0625\pi d^3_{кр} [1 - (d_{1кр} / d_{кр})^4] . \quad (3)$$

Находим амплитуду напряжения, МПа

$$\tau_v = 0,5(\tau_{max} - \tau_{min}) . \quad (4)$$

Находим среднее напряжение, МПа

$$\tau_{cp} = 0,5(\tau_{max} + \tau_{min}) . \quad (5)$$

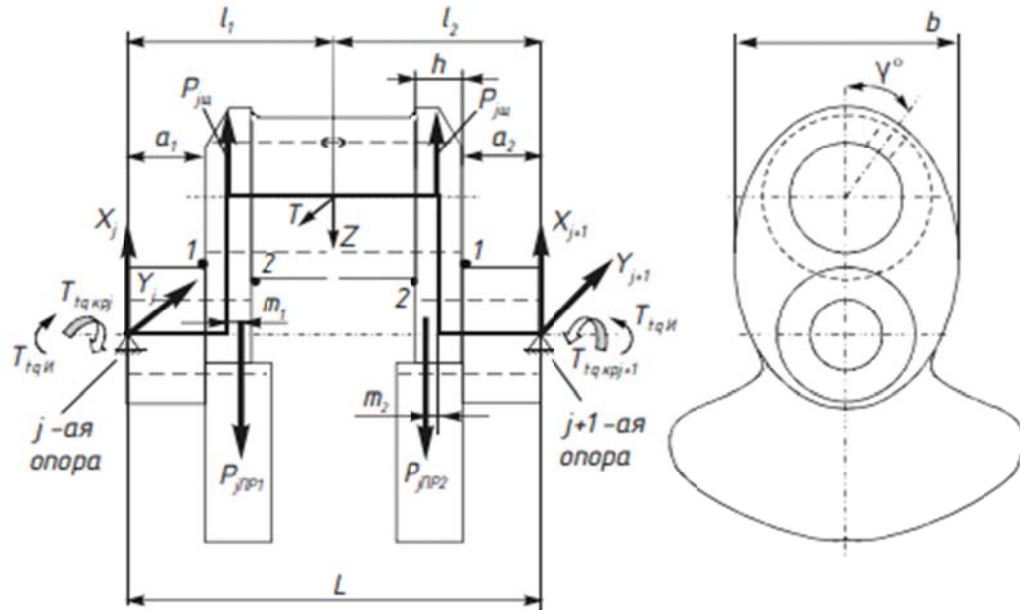


Рисунок 1. Эюра сил, действующих на колено коленчатого вала

Эюра сил и моментов приложенных к колену вала (рис. 1.), используются в расчетах: силы  $T, Z$ , моменты  $T_{такр}$  и  $T_{такрj}$ , реакция опор  $X_j, Y_j, X_{j+1}, Y_{j+1}$ , силы инерции противовесов  $P_{jш1}, P_{jш2}$  и щек  $P_{jш}$ . Дополнительно на рисунке показаны плечи:  $l_1, l_2, a_1, a_2, m_1, m_2$  и угол  $\gamma$  расположенный между осью в плоскости колена и осью маслоподводящего отверстия к шатунной шейке [2].

В практике встречаются случаи, когда старые двигатели, имеющие большую наработку в часах, при определенных условиях могут иметь скручивание коленвала. Такой случай имел место, на одном из судов где на одной из коренных (рамовых) шеек произошло скручивание в районе галтели. Первое, что заметили механики, это резкое возрастание вибрации двигателя, незамедлительно было проверено движение цилиндропоршневой группы, всех движущихся частей, крепление фундаментной рамы, станины. И только после индицирования двигателя и проверки положения ВМТ на каждом цилиндре, стало понятно, где именно, произошло скручивание рамовой шейки. Была проверена галтель шейки методом цветной дефектоскопии – результаты показали достаточно большую концентрацию микротрещин, переходящих в макротрещины [3].

Было принято решение отрегулировать двигатель уже с учетом изменения угла опережения подачи топлива, которое произошло по причине скручивания вала, этим была устранена вибрация двигателя.

Надо признать, что скручивание, повлекло за собой и изгиб колена вала, резко увеличив раскеп на двух соседних опорах рамовых шеек, нарушив осевую линию коленвала как в горизонтальной так и вертикальной плоскостях. Эксплуатация двигателя с таким техсостоянием не допустима, и несмотря на то, что судно успешно завершило переход до порта выгрузки груза, оно было поставлено на длительный ремонт где была произведена замена коленвала [4].

**Выводы.** В данной статье, проведен анализ возможного скручивания коленвала, вскрыты причины, ведущие к этой ситуации. Показаны основные силы, действующие на скручивание коренной шейки коленчатого вала. На конкретном примере из практики эксплуатации, описаны последствия скручивания вала. Практический материал имеет определенную научную и практическую значимость для обобщения опыта технической эксплуатации главного двигателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фока А.А. Справочник механика, том 1, изд-во «Феникс» Одесса, 2008., с. 447-451.
2. Расчет коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания на прочность., изд-во Российский речной регистр, Москва, 2016, с. 34-36.
3. Кокоткин В.З., Скепский В.П., Балабан В.Н. Техническая диагностика, изд-во Московский государственный университет путей сообщения, Москва, 2015, с. 28-35.
4. Данилян А.Г., Чимшир В.И. Техническое обслуживание и ремонт судовых технических средств, издание 2-е, изд-во LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2017, с.81-83.

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Дощенко Г.Г., Наговский Д.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Системы автоматического регулирования (САР) применяются для регулирования отдельных параметров (температура, давление, уровень, расход и т.д.) в объекте управления. В современных системах автоматического управления (САУ) системы автоматического регулирования являются подсистемами САУ и их применяют для регулирования различных параметров при управлении объектом или процессом.

Современный судовой дизель является сложным объектом регулирования. В общем случае в двигателях дизеля автоматически регулируются следующие величины: частота вращения коленчатого вала; температуры в системах охлаждения, смазки, воздуха наддува; вязкость тяжелого топлива [1].

На судах зарубежной постройки регулирование двигателей внутреннего сгорания (ДВС) осуществляют регуляторы скорости фирмы Вудвард (Woodward) различных модификаций. Этими регуляторами скорости оборудуются главные и вспомогательные судовые двигатели. Самыми распространенными механическими регуляторами главных двигателей на судах на сегодняшний день являются зарубежные регуляторы типа Вудвард PGA, Вудвард UG-8, Вудвард UG-40TL. Каждая из этих моделей выпускается в нескольких вариантах, отличающихся работоспособностью, способом задания скоростного режима и остаточной неравномерностью, а также устройствами для реализации дополнительных функций: ограничения нагрузки, остановки и защиты судового двигателя и другие.

Главные производители судовых двигателей таких фирм как MAN B&W и Фиат стали оборудовать выпускаемые дизеля электронными регуляторами скорости. Эти регуляторы являются универсальными и их можно использовать не только в системах регулирования частоты вращения вала двигателей, но и в системах регулирования температуры, давления и других параметров.

Гибкость и простота осуществления связей между элементами регулятора, а также легкость суммирования сигналов (координат, величина которых пропорциональна электрическим сигналам) позволяют реализовать в электронных регуляторах различные законы регулирования и выбрать их путем перестройки электрических параметров без каких-либо конструктивных изменений. Еще к достоинствам таких регуляторов можно также отнести и возможность их размещения на любом расстоянии от объекта, а также их небольшие габариты.

Обобщенная блочная (функциональная) схема электронных регуляторов приведена на рис. 1.

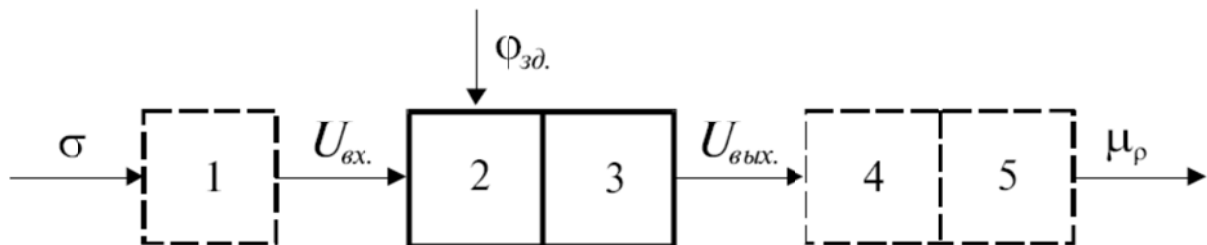


Рисунок 1. Блочная функциональная схема электронного регулятора

Такие регуляторы представляют собой функциональный электронный блок или совокупность блоков электрических приборов, который выполняет функции сравнения (измерения) унифицированного сигнала  $U_{вх}$  поступающего от датчика-преобразователя

(чувствительного элемента) 1, и функции формирования выходного сигнала  $U_{вых}$  - закона регулирования. Сам электронный регулятор является прибором, состоящим из измерительного блока 2 и блока формирования закона регулирования 3. В функциональную схему регулятора не включают измеритель-преобразователь 1, усилитель мощности выходного сигнала 4 и исполнительный (передаточный) механизм 5. Обычно выходной электрический сигнал  $U_{вых}$  электронного регулятора воздействует на управляющий элемент подвода вспомогательной электрической энергии к преобразователю. Поэтому свойства электронного регулятора описываются зависимостями между выходным  $U_{вых}$  и входным  $U_{вх}$  электрическими сигналами, а не между регулируемым параметром  $\varphi$  и выходной величиной  $\mu_p$ , как это принято для обычных регуляторов [2].

Особенностью электронных регуляторов также является необходимость подвода электрической энергии питания к измерителю-преобразователю, измерительному блоку и блоку формирования закона регулирования [3].

На рис. 2 представлена упрощенная принципиальная схема всережимного электронного регулятора частоты вращения STL990 (Дания), который устанавливают в системе автоматизированного управления главным судовым двигателем марки Фиат.

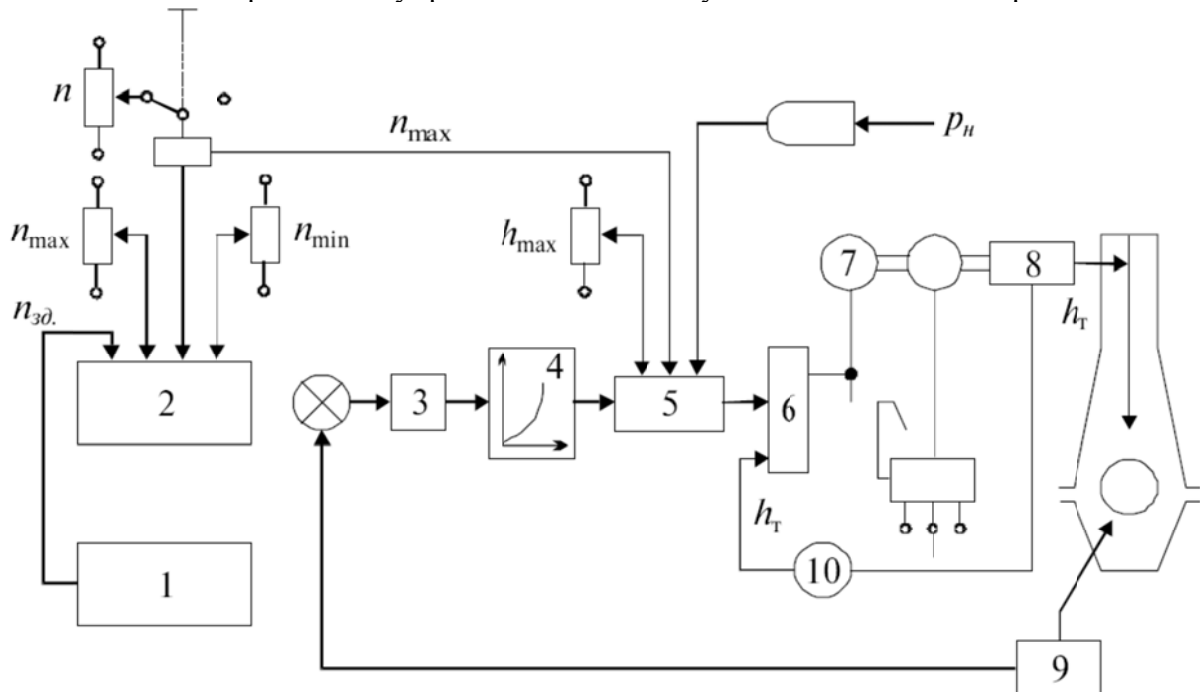


Рисунок 2. Схема электронного регулятора STL990

Регулятор изменяется для управления дизелем либо по стабилизации частоты вращения вала, либо по стабилизации положения топливной рейки и применяется в составе систем дистанционного автоматического управления (ДАУ). В случае управления по стабилизации частоты вращения может быть включено ограничение по максимальному положению топливной рейки  $h_{max}$ , а при управлении по стабилизации положения топливной рейки может быть ограничено максимальное значение частоты вращения  $n_{max}$ .

Блок 1 в составе регулятора является задатчиком, сигнал от которого  $n_{зд}$  через селектор минимума 2 (см. рис. 2), где сравнивается с ограничениями по максимальному  $n_{max}$  и минимальному  $n_{min}$  значению частоты вращения, сигнал затем поступает к преобразователю 3 ПИ-регулятора, где он сравнивается с сигналом от тахометра, то есть с действительным значением частоты вращения  $n$ .

Затем выходной сигнал от блока 3 направляется в электронный блок 4 винтовой характеристики двигателя, где он корректируется в соответствии с видом действительной кривой таким образом, чтобы обеспечить устойчивую работу двигателя во всем диапазоне



частоты вращения. После корректировки в блоке 4 сигнал поступает в селектор минимума 5, где осуществляется ограничение по максимальной подаче топлива  $h_{max}$ , коррекция по давлению продувочного воздуха  $p_n$  и выработка команды на остановку двигателя, если он вдруг начнет вращаться вразнос ( $n_{фmax}$ ). Кроме перечисленных операций, которые выполняются селектором минимума 5, можно через него задавать любую установку положения топливной рейки. Результирующий сигнал после селектора минимума 5 поступает в последний блок 6 регулятора — блок управления сервомотором 7. В этом блоке поступающий сигнал  $h_T$  от датчика 10 положения топливной тяги 8. Кроме того, к блоку управления через предыдущие блоки подключена защита 9 от системы, контролирующей исправность основных элементов.

В случае неисправности электронного регулятора исполнительный механизм блока управления 7 немедленно стопорится. Исполнительный механизм топливной тяги представляет собой электродвигатель постоянного блока с редуктором 8. Сам редуктор выполнен в виде шпинделя с резьбой, по которому может перемещаться гайка. Такая конструкция редуктора позволяет получить на выходе максимальный момент при электрическом исполнительном механизме.

Для питания элементов регулятора используется переменный ток напряжением 110 - 127 В с частотой  $(50 - 60) \pm 1$  Гц. Потребляемая регулятором энергия составляет 14 Вт.

Таким образом, в процессе эксплуатации современных судовых двигателей целесообразно использование электронного регулятора частоты вращения, который необходимо устанавливать в системе автоматизированного управления главным судовым двигателем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов Э.В., Фока А.А., Бойко П.В., Голофастов Э.И. Судовые главные двигатели с электронным управлением. - Одесса: Экспресс реклама, 2010. - 224 с.
2. Токарев Л. Н. Системы автоматического регулирования. Примеры схем и структур, статические и динамические характеристики, математические модели, элементы теории регулирования / Л. Н. Токарев – СПб.: Нотабене, 2001. – 192 с.
3. Крестлинг Н.А. Устройство и принцип действия типовых регуляторов скорости судовых ДВС. – Керчь: КГМТУ, 1990г. - 31с.

# ГРЕБНЫЕ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Ищенко И.М.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**Вступ.** Вентильно-индукторный двигатель, одна из возможных схем которого показана на рисунке 1, состоит из специальной четырехфазной электрической машины, электронного коммутатора на силовых транзисторных модулях и блока микроконтроллерного управления.

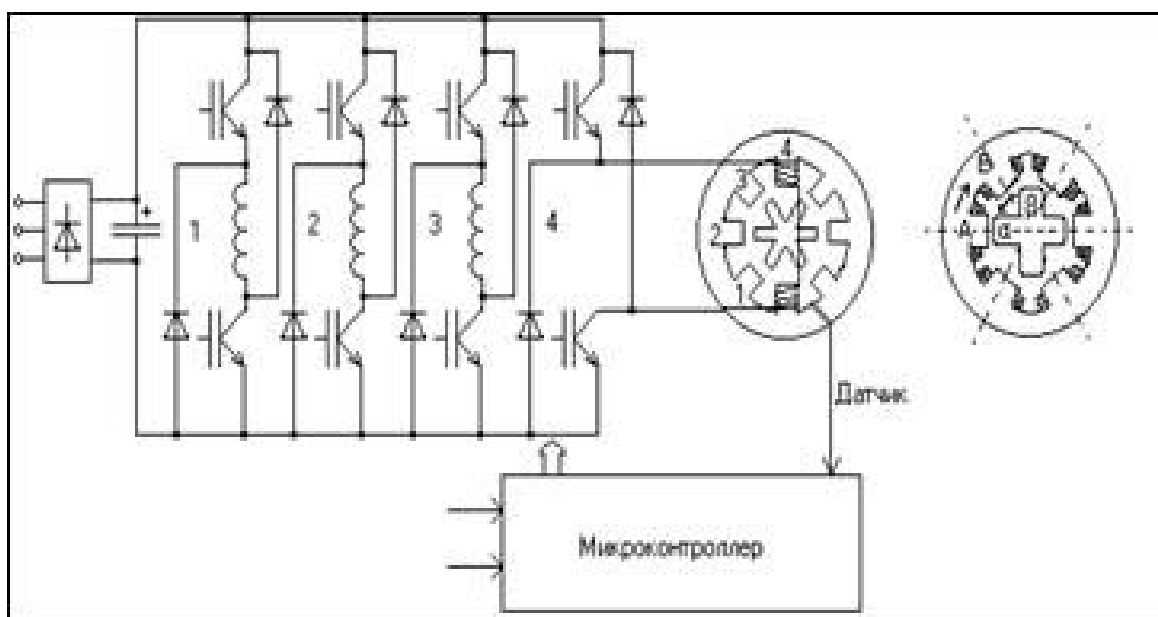


Рисунок 1. Вентильно-индукторный двигатель

**Основная часть.** У индукторной машины (ИМ) магнитная индукция в каждой точке рабочего зазора изменяется только по величине, а ее направление остается постоянным. Отсюда следует, что индукция в зазоре индукторных машин имеет пульсирующий характер и содержит переменную (рабочую) и постоянную (нерабочую) составляющие. Изменение во времени магнитного потока, сцепленного с обмоткой якоря, достигается за счет периодического изменения магнитного сопротивления на пути рабочего потока при вращении зубчатого ротора. Так как число зубцов на роторе можно сделать большим, ИМ характеризуется повышенными частотами тока ( $f \gg 400 \dots 30000$  Гц).

Статор и ротор электрической машины выполнены шихтованными явнополюсными, причем число полюсов статора и ротора не одинаково: 6/4, 8/6 и т.д. На статоре расположены сосредоточенные обмотки (катушки), соединенные через электронный коммутатор с источником питания постоянного тока (выпрямитель, аккумулятор). Коммутатор состоит из группы электронных ключей, открытое или закрытое состояние которых диктуется положением пассивного явнополюсного ротора, фиксируемых специальным датчиком и сигналами микропроцессорного управления, за счет чего формируются нужные токи в обмотках.

Перспективной системой регулируемого электропривода является вентильно-индукторный электропривод на базе индукторной электрической машины с пассивным ротором. По существу такой двигатель является разновидностью синхронного реактивного двигателя с явно выраженными полюсами статора, на которых установлены обмотки, подобные катушкам возбуждения двигателей постоянного тока (рис. 2). Число полюсов ротора, т.е. зубцов не равно числу явно выступающих полюсов статора.

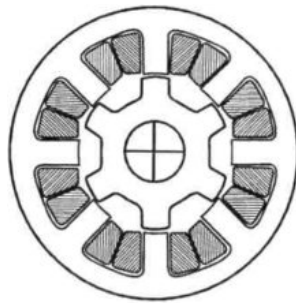


Рисунок 2. Переключаемый реактивный двигатель с 8-ю полюсами статора и 6-ю полюсами ротора

Двигатель управляется транзисторным коммутатором, осуществляющим поочередное переключение обмоток индуктора в соответствии с положением ротора. Для этого используют датчики положения ротора  $DR$  или математическую модель, вычисляющую положение ротора на основе измеренных напряжения и тока в цепи индукторов.

Принцип работы вентильно-индукторного двигателя состоит в поочередном последовательном включении индукторов ( $a-a$ ,  $b-b$ ,  $c-c$ ), поток которых замыкается через зубцы ротора (см. рис. 3).

Возбуждение индуктора вызывает возникновение электромагнитных сил, стремящихся повернуть ротор двигателя так, чтобы зубец ротора стал по оси потока магнитного поля, создаваемого индуктором. Для дальнейшего движения ротора необходимо отключить данный индуктор и включить следующий по направлению движения ротора. Благодаря такому принципу работы вентильно-индукторные двигатели называют *переключаемыми реактивными двигателями*.

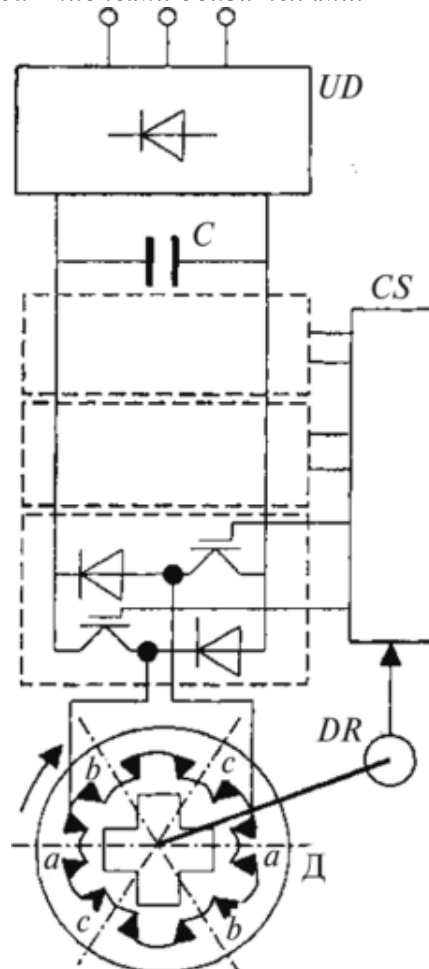


Рисунок 3. Функциональная схема вентильно-индукторного привода

Под действием реактивных сил (моментов), обусловленных явлением втягивания ферромагнитного сердечника в магнитное поле катушки с током, происходит силовой поворот ротора. Так как число зубцов статора и ротора различно, то в том положении, когда зубец ротора находится напротив одного индуктора, для следующего индуктора зубец ротора окажется в несогласованном положении. Поэтому при отключении первого индуктора и включении последующего ротор снова повернется на одно полюсное деление. Последовательная коммутация индукторов в функции датчика через систему управления *CS* обеспечивает создание вращающего момента и, следовательно, непрерывное вращение ротора двигателя.

При прямоугольной форме импульсов напряжения развиваемый электромагнитный момент имеет значительные пульсации. В современных индукторных двигателях применяют формирование кривой тока в обмотках индуктора по определенному закону, что достигается широтно-импульсной модуляцией транзисторов в схеме питания обмотки.

Направление вращения данного реактивного двигателя не зависит от направления тока в обмотках индуктора, поэтому ток может быть однополярным.

Технические характеристики гребного вентильно-индукторного двигателя

1 Напряжение в звене постоянного тока, В 900

2 Мощность, кВт 2000

3 Действующее значение фазного тока, А 590

4 Частота вращения, об/мин 200

5 КПД, % 97

6 Число фаз 6

13 Габариты, мм 2500\*2330\*3500

14 Масса двигателя, т 30

Электромагнитный момент двигателя определяется следующим выражением:

$$M_{\text{э}} = \frac{Z_R m_1 U_1^2}{\omega_1 (r_1^2 + x_c^2)} [x_c \sin Z_R \theta' + r_1 \cos Z_R \theta' - r_1],$$

где  $\theta'$  - угол нагрузки,  $Z_R$  - число зубцов ротора,  $x_c$  - индуктивное сопротивление обмотки якоря,  $r_1$  - активное сопротивление обмотки якоря,  $m_1$  - число фаз.

Мощность гребного винта:

$$N_{\text{в}} = \frac{D^2 V^3}{C_N},$$

где  $D$  - водоизмещение судна,  $C_N$  - адмиралтейский коэффициент,  $V$  - скорость судна.

**Выводы.** 1. Применение вентильного индукторного гребного двигателя позволяет значительно упростить преобразователь частоты для питания и регулирования скорости вращения приводного двигателя. Соответственно, повысится надёжность работы пропульсивного комплекса и упростится его эксплуатация.

2. При применении вентильного индукторного двигателя возможно регулирование частоты вращения винта от нуля до максимального без применения редуктора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Индукторный двигатель: Пат. № 22 37338 Рос. Федерация; заявл. 22.07.2002; опубл. 2004. Бюл. № 27.

2. Вентильный индукторно-реактивный двигатель: Пат. № 2352048 Рос. Федерация; заявл. 08.08.2007; опубл. 2009, Бюл. № 10.

3. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания /Ю.А. Пахомов. – М. : ТрансЛит, 2007 – 528 с.

4. Осин И.Л., Шакарян Ю.Г. Электрические машины: Синхронные машины. М.: Высш. шк., 1990. – 304 с.

## УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ СУДОВОГО КОМПРЕССОРА СЖАТОГО ВОЗДУХА

Колебанов О.К., Терпан И.Д.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**Введение.** На судах мирового флота применяются воздушные компрессоры различных фирм. Они бывают двух и трехступенчатые, а на современных судах возникает потребность в четырехступенчатых компрессорах [1]. Необходимость применения многоступенчатых компрессоров вызвана тем, что степень сжатия воздуха в одной ступени не должна превышать 8 (т. е. воздух в первой, например, ступени можно сжимать до давления 0,8 МПа). Это объясняется тем, что температура вспышки компрессорных смазочных масел составляет 250...280°C, а при сжатии воздуха до 0,8 МПа его температура достигает 170...220°C. При дальнейшем повышении давления пары масла могут самовоспламениться, что приведет к взрыву и разрушению компрессора. Поэтому в первой ступени двухступенчатого компрессора воздух обычно сжимается до 0,5...0,8 МПа, во второй - до конечного давления 2,5...3,0 МПа. При этом воздух обязательно охлаждается в специальном воздухоохладителе после первой ступени компрессора примерно до первоначальной температуры (для предотвращения чрезмерного повышения температуры воздуха после сжатия во второй ступени и уменьшения затрат мощности на привод компрессора). После второй ступени компрессора, перед подачей в воздухохранители (баллоны), воздух также охлаждается (по Правилам Регистра температура воздуха, поступающего в баллоны, не должна превышать 40°C). Для очистки воздуха от масла и влаги устанавливаются влагомаслоотделители.

Поршневой компрессор является простым механическим устройством с объёмным вытеснением, которое уменьшает объём газа за счет увеличения давления при поршневом действии. Термин «объёмное вытеснение» относится к инженерии, к области движения сред. Положительное действие (движение) поршня буквально заставляет газ сжиматься.

### **Типы управления компрессоров.**

В компрессорах могут применяться различные типы управления его производительностью: включение дополнительного компрессора, старт-стоп, регулирование производительности с помощью золотника или дроссельного клапана, регулирование производительности путем перепуска горячего газа, управление при помощи преобразователя частоты.

Компрессоры работают непосредственно на контур использования сжатого газа, минуя ресивер, в таком случае наиболее эффективным способом регулирования является использование частотно-регулируемых систем управления. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРЭ) позволяет изменять производительность компрессора в зависимости от фактического потребления сжатого газа и таким образом достичь весьма значительной экономии электроэнергии.

Наиболее предпочтительными для поршневых компрессоров являются ступенчатое регулирование и регулирование с использованием системы клапанов.

Частотно-регулируемый электропривод состоит из асинхронного двигателя и преобразователя частоты. Компрессоры изготавливают с использованием высококачественного чугуна, что обеспечивает максимальную износоустойчивость и высокую производительность в агрессивных средах.

Преобразователь частоты управляет электрическим двигателем и преобразует переменный ток одной частоты в переменный ток другой частоты. Название "частотно-регулируемый электропривод" обусловлено тем, что регулирование скорости вращения двигателя осуществляется изменением частоты напряжения питания, подаваемого на двигатель от преобразователя частоты [2].

При пуске асинхронного электродвигателя пусковые токи превышают номинальные в четыре с лишним раза, что ведет к перегрузке сети и ограничению допустимых включений компрессора в течение часа, а компрессор с "частотно-регулируемым электроприводом" запускается в работу плавно с меньшими значениями пусковых токов, соответственно и число операций пуска у него меньше.

Компрессор с частотно-регулируемым электроприводом, поддерживает постоянное рабочее давление в системе с точностью до 0,1 бар и немедленно реагирует на изменение давления в системе. А каждый лишний бар давления нагнетания увеличивает электропотребление компрессора на 6...8% (рис. 1).

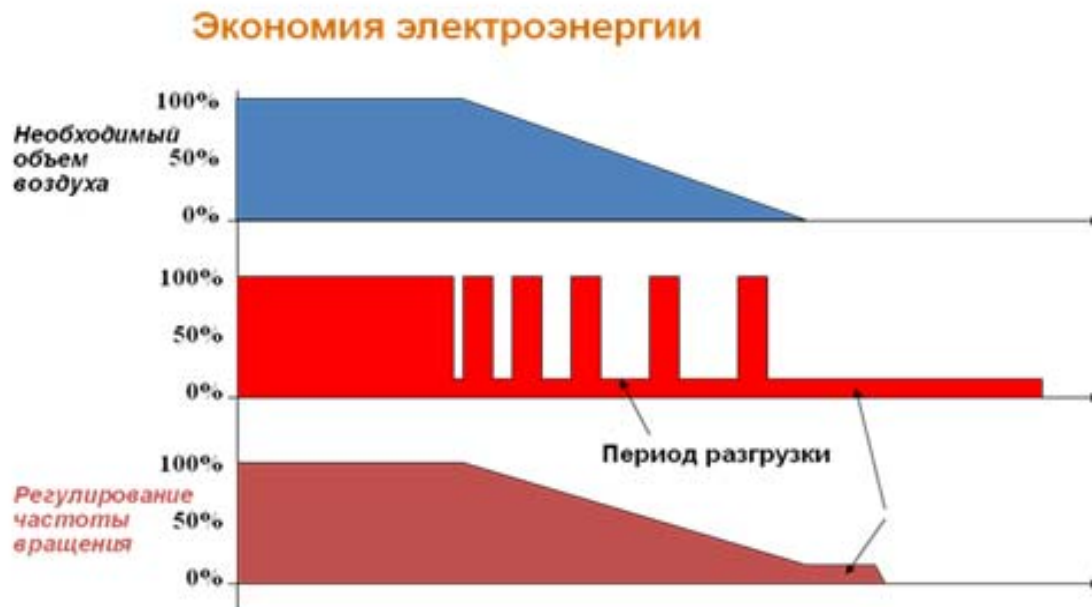


Рисунок 1. Экономия электроэнергии

Существует несколько вариантов установки компрессоров для получения экономии электроэнергии.

Первый вариант - установка нескольких компрессоров, соединенных в единую сеть с общим пультом управления, позволит помимо сокращения энергопотребления обеспечить столь необходимый "резерв" сжатого воздуха в случае выхода из строя одного компрессора. При пиковых нагрузках компрессорная станция работает полностью, а при падении потребления воздуха один или несколько компрессоров автоматически отключаются. Сделав это, уже можно получить вполне реальную экономию электроэнергии.

Второй вариант - компрессор с ЧРЭ работает в паре с обычным винтовым компрессором, тем самым мы также получаем экономию электроэнергии + 50% резерв, если один из них выходит из строя.

Считается, что компрессор с ЧРЭ имеет смысл использовать при работе компрессора в режиме 20...70% нагрузки, при нагрузке свыше 80% экономия электроэнергии уже не так заметна, возможно, здесь имеет смысл ставить компрессор с постоянной производительностью. А так же важно отметить, что компрессор с ЧРЭ не будет экономить электроэнергию, если в системе сжатого воздуха есть утечки.

#### **Преимущества и особенности применения преобразователей частоты для компрессоров сжатого воздуха**

Применение частотных преобразователей для управления производительностью компрессора имеет ряд преимуществ:

- снижение пусковых токов;
- защита электродвигателя;

- значительная экономия электроэнергии;
- не имеет ограничений по количеству пусков в час;
- точное поддержание давления;
- не нужен ресивер большого объема;
- меньше механический износ компрессора.

При подборе преобразователя частоты для компрессорного применения необходимо учитывать ряд факторов и ограничений:

- поддержание постоянного момента;
- режим нормальной перегрузки;
- коэффициент запаса мощности для двигателей 110...120%;
- принудительное охлаждение двигателя;
- высокая температура среды;
- необходимость подбора преобразователя частоты с запасом по току;
- снижение уровня масла в компрессоре;
- возрастание динамических потерь;
- снижение КПД.

**Заключение.** Компрессор с частотно-регулируемым электроприводом, поддерживает постоянное рабочее давление в системе с большой точностью до 0,1 бар и немедленно реагирует на изменение давления в системе, что особенно важно для судовых воздушных систем обеспечения надежного запуска, работы и подачи сжатого и инструментального воздуха в самых тяжелых условиях эксплуатации на судне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Френкель М.И. Поршневые компрессоры 3-е изд./ М.И. Френкель – Л.: Машиностроение, 1969. – 744 с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г.Г. Соколовский – М.: Академия, 2006. – 272 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВАЛОГЕНЕРАТОРА В ДВИГАТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Колебанов О.К.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Применение валогенератора (ВГ) в составе судовой электроэнергетической системы (СЭЭС) позволяет снизить расход горюче-смазочных материалов и экономить моторесурс вспомогательных дизель-генераторов (ДГ). Помимо традиционной функции источника электроэнергии ВГ как обратимая электрическая машина (ЭМ) может выполнять роль гребного электродвигателя (ГЭД), обеспечивая аварийный ход судна, или работать совместно с главным дизелем (ГД) на гребной винт. Некоторые международные классификационные общества рассматривают вопрос о включении применительно к отдельным типам судов (танкеры, газовозы, пассажирские и круизные суда) дополнительных требования о наличии резервного пропульсивного комплекса, обеспечивающего аварийный ход судна в случае отказа ГД. В качестве аварийного пропульсивного комплекса можно использовать и валогенераторную установку ВГУ.

В настоящее время в эксплуатации находятся различные типы ВГУ. Одной из наиболее распространенных является ВГУ на судах с ВРШ. Структурная схема СЭЭС с ВГУ данного типа приведена на рис. 1.

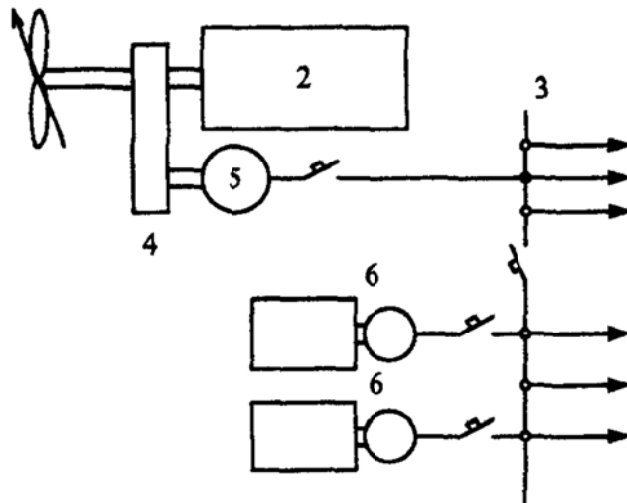


Рисунок 1. СЭЭС с ВГУ на судах с ВРШ:  
1 – ВРШ; 2 – ГД; 3 – ГРЩ; 4 – редуктор; 5 - ВГ; 6 – ДГ

Реализация двигательного режима работы ВГУ при наличии полупроводникового преобразователя (ПП) не вызывает принципиальных затруднений. На судах с винтом регулируемого шага (ВРШ) при отсутствии ПП работу ВГ в двигательном режиме реализовать значительно сложнее. Проблема, прежде всего, связана с пуском ВГ.

Пуск синхронного ВГ до синхронной частоты можно осуществить с помощью вспомогательного пускового электродвигателя асинхронного (АД) типа. Такой способ используется для запуска синхронного компенсатора (СК) в ВГУ с ПП [1]. Если имеется возможность на время пуска отсоединить ВГ от винта с помощью разъединительной муфты, мощность пускового АД будет сравнительно небольшой. Если разъединительной муфты нет, разгон ВГ будет осуществляться вместе с гребным валопроводом и винтом. Мощность пускового АД, а, следовательно, его масса габариты и стоимость значительно увеличивается.

Порядок запуска ВГ с целью снижения пусковых токов и ограничения перегрузки



ДГ может производиться в следующем порядке. При пониженной частоте вращения ДГ, пониженном напряжении и нулевом шаге ВРШ производится асинхронный пуск ВГ. После пуска ВГ возбуждается и переходит в режим работы синхронного двигателя.

Повышается частота вращения ДГ, при этом пропорционально изменяется частота вращения ВГ и гребного винта. После выхода ДГ на номинальные обороты винт выводится из нулевого положения и создает упор, обеспечивающий движение судна. По мере разгона судна шаг винта можно изменять, обеспечивая работу ВГ с номинальной нагрузкой. Ориентировочно можно считать, что скорость судна пропорциональна корню кубическому из мощности на гребном винте.

В современных ВГУ наибольшее применение нашли ПП со звеном постоянного тока на базе ВИ и значительно реже - с непосредственной связью. Данные ПП охватывают практически весь диапазон мощностей судовой силовой преобразовательной техники. Для реализации двигательного режима работы ВГ в данных установках применяют обратимый ПП, схема которого представлена на рис. 2. Данный ПП состоит из активного выпрямителя и автономного инвертора АИ. В двигательном режиме работы АИ переходит в режим работы неуправляемого выпрямителя, а активный выпрямитель в режим автономного инвертора.

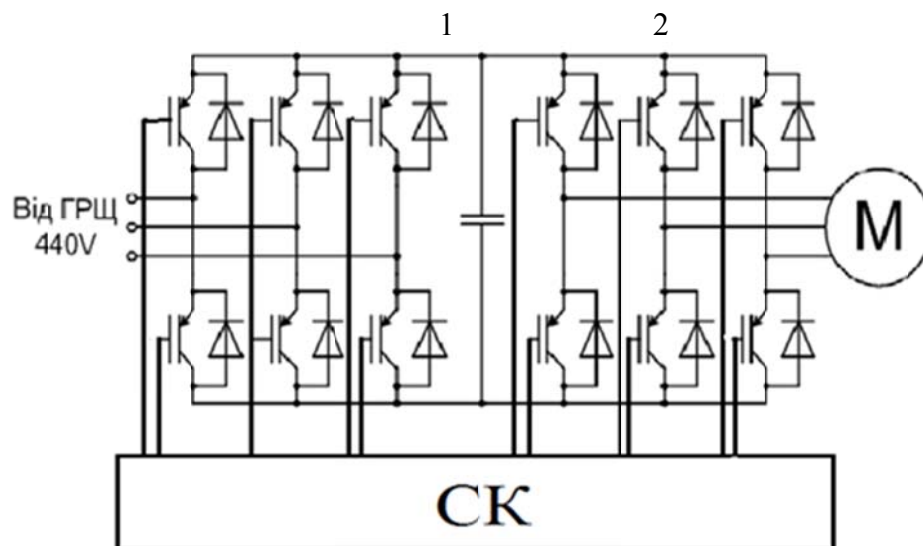


Рисунок 2. Преобразователь частоты: 1 – активный выпрямитель; 2 – автономный инвертор

Таким образом, ВГУ данного типа могут работать в автономном режиме, параллельно с ДГ и в двигательном режиме. В автономном режиме эксплуатации и при параллельной работе с ДГ от ВГУ в сеть поступает активная и реактивная мощность. Необходимость в использовании СК отпадает. В двигательном режиме работы ВГУ активная мощность от ДГ поступает в ВГУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.В. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки / Григорьев А.В., Петухов В.А. – СПб.: ГМА им. Макарова. – 2009. – 176 с.

# ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Кондрашов К.В., Абрамов Г.С., Рожков С.А.  
Херсонская государственная морская академия (Украина)

В работе выполнен анализ средств судовой диагностики, используемых в реальных условиях плавания, для поиска и устранения причин неисправности судовых автоматизированных систем и механизмов. Описаны наиболее приемлемые способы и модели, по которым строятся деревья отказов и деревья решений для выявления неисправности в конкретных объектах диагностики (ОД) и их структурных единиц (СЕ), а также методы, которыми производится поиск неисправностей [1, 2].

Систематизированы и упорядочены основные субъективные и объективные условия, влияющие на время, затрачиваемое обслуживающим персоналом на восстановление работоспособности отказавшей судовой системы. Авторами разработана структурная схема в виде диаграммы Ишикавы («рыбий скелет») с последовательной структуризацией основных факторов, расположенных в порядке значимости, влияющих на время поиска основных неисправностей.

Авторами показано, что повышение эффективности систем автоматического управления (САУ) можно достичь двумя способами.

Первый способ – это подготовка высококвалифицированного персонала. Для быстрого нахождения и устранения неисправностей ОД, оператор должен обладать специальными знаниями и опытом. При этом следует учитывать личностные качества и умение быстро адаптироваться к изменяющимся условиям и объективным причинам, затрудняющим поиск неисправностей. Даже при наличии всех этих качеств процесс поиска и устранения неисправности может быть довольно длительным. Это связано с тем, что объём информации, получаемой оператором, зачастую носит избыточный характер. Как правило, один и тот же ОД представлен различными моделями, а объём информации о его элементах и связях значительно превышает уровень, необходимый для отыскания неисправности.

В результате оператору достаточно трудно быстро составить четкую схему (алгоритм) действий при поиске неисправности, т.к. он вынужден оперировать большим числом способов и алгоритмов проверок. В этом случае следует учитывать достаточно ограниченные возможности человека по обработке большого количества информации в единицу времени. [1].

Второй способ – это повышение надёжности ОД путем усиления контроля над работоспособностью основных узлов ОД и взаимосвязей между ними. Проблема состоит в том, что конструктивные, схемные и технологические возможности повышения надёжности судовых систем достаточно ограничены. Повышение надёжности ОД за счёт конструктивного усложнения систем диагностирования, как правило, предусматривает рост количества измерений с одновременным увеличением размерности диагностируемой цепи, что требует увеличения количества контрольных точек в ОД, что неизбежно порождает новую проблему, связанную с надёжностью самих диагностирующих систем.

Таким образом, очевидна необходимость совершенствования судовой информационной экспертной системы для повышения эффективности эксплуатации судового электрооборудования и минимизации времени поиска и устранения неисправностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 271 с.
2. Мозгалеvский А.В., Калявин В.П. Системы диагностирования судового оборудования: Учеб. пособие. – Л.: Судостроение, 1987. – 224 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОФОРНОГО ЦИКЛУ НА ЗАТРИМКУ РУХУ МЕТОДОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Краснов Ю.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

**Вступ.** Основним технічним засобом регулювання транспортних потоків на вулично-дорожній мережі (ВДМ) великих та найкрупніших міст України є світлофорні об'єкти.

Одним із негативних факторів впливу регульованих перехрещень в одному рівні є затримки транспортних засобів при їх проїзді та, як наслідок, додаткові витрати транспортного часу. Затори також виникають здебільшого саме на регульованих перехрестях, які дуже часто обмежують пропускну здатність ділянки ВДМ [1]. До затримок слід відносити не тільки вимушені зупинки транспортних засобів перед перехрестями, але також і зниження швидкості транспортного потоку в порівнянні з розрахунковою для даної ділянки дороги.

**Постановка задачі.** Якість організації дорожнього руху на регульованих перехрестях в першу чергу впливає на показники функціонування транспортної мережі та ефективність транспортних процесів перевезень. Тому особливо перспективним напрямом є зменшення втрат транспортного часу через удосконалення організації дорожнього руху на регульованих перехрещеннях, оскільки це впливатиме без виключення на всі транспортні процеси, де задіяний автомобільний транспорт [2]. Метою дослідження було проведення аналізу впливу параметрів циклу світлофорного регулювання на затримки транспортних засобів при проїзді регульованого перехрестя.

**Методика дослідження.** На даний момент в світовій практиці організації дорожнього руху використовується значна кількість методів визнання величини транспортної затримки, крім того, є нормативні документи, в яких містяться докладні методики відповідних розрахунків [3, 4].

Більш сучасним та перспективним методом оцінки параметрів дорожнього руху можна вважати імітаційне моделювання з використанням спеціальних програмних продуктів з моделюванні транспортних потоків. Однією із найбільш досконалих засобів імітаційного моделювання транспортних потоків на сьогодні є програма PTV VISSIM. Вона дозволяє моделювання будь-яких видів транспорту на макрорівні, в тому числі що рухаються за розкладом, моделювання роботи сигнальних пристроїв, прогнозування транспортних пробок, вибір оптимальної організації руху на перехресті і оцінка пропускну здатності для кожного варіанта руху. Крім того, студентська версія програми надається безкоштовно для користування в навчальних цілях та при цьому має майже весь функціонал повноцінної комерційної версії, в тому числі можливість візуалізації процесу дорожнього руху.

Для оцінки впливу параметрів циклу світлофорного регулювання на затримку транспортних засобів в програмі VISSIM була побудована модель умовного симетричного перехрестя з 4-ри смуговою проїзною частиною (ширина смуг руху – 3,5 м).

Параметри циклу та перехрестя були прийняті наступними:

а) Тривалість циклу  $T_{\text{Ц}} = 78$  с;

б) Фазовий коефіцієнт  $t_o / T_{\text{Ц}} = 0,5$ ;

в) Розподіл вхідного потоку за напрямками прямо/праворуч/ліворуч: 80%/10%/10%.

г) Ступень завантаження  $N_{\text{ВХ}} / P = 0,5$ ;

д) Інтенсивність вхідного потоку  $N_{\text{ВХ}} = 950$  авт/год.

**Результати досліджень.** В результаті імітації роботи перехрестя вбудованими алгоритмами програми VISSIM підраховувалися затримки автомобіля на одному з підходів до перехрестя. Під час моделювання один із досліджуваних параметрів

світлофорного циклу ступінчато змінювалися, після чого запускався новий цикл імітації роботи перехрестя (рис. 1).

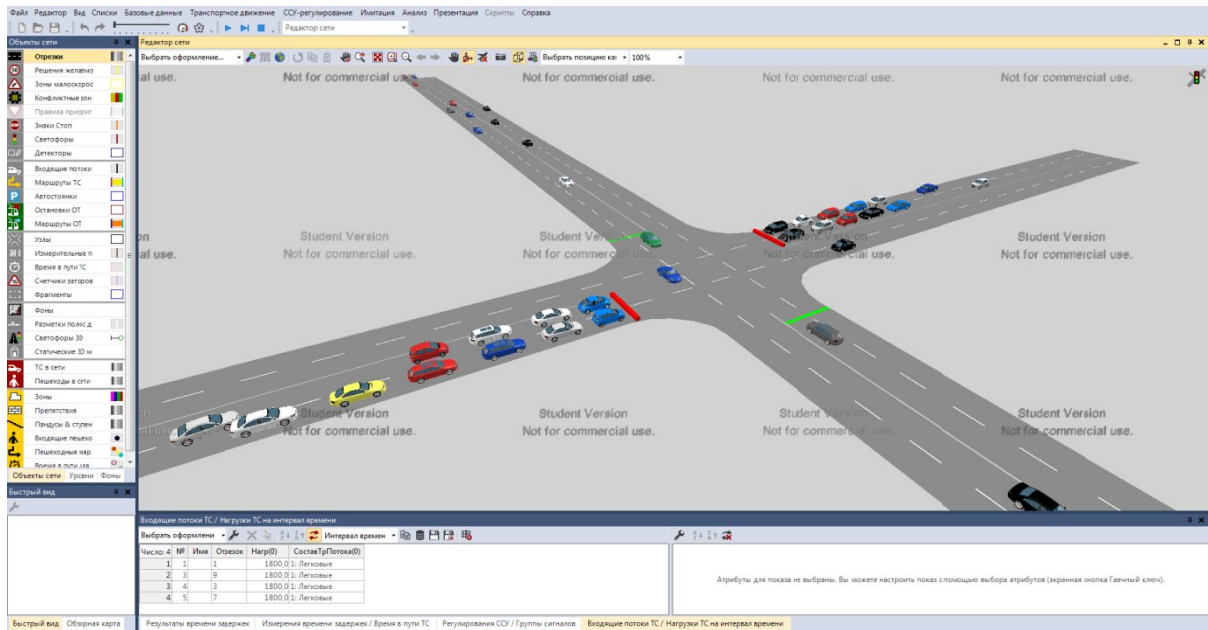


Рисунок 1. Процес імітаційного моделювання роботи перехрестя

Було вирішено провести дослідження зміни величини затримки від частки зеленого сигналу в циклі  $t_o/T_{\text{Ц}}$  та загальної тривалості циклу регулювання  $T_{\text{Ц}}$ . В останньому разі в моделі перехрестя змінювали тривалість циклу, залишаючи незмінним співвідношення  $t_o/T_{\text{Ц}} = 0,5$ .

Залежність середньої затримки від співвідношення  $t_o/T_{\text{Ц}}$  показано на рис. 2.

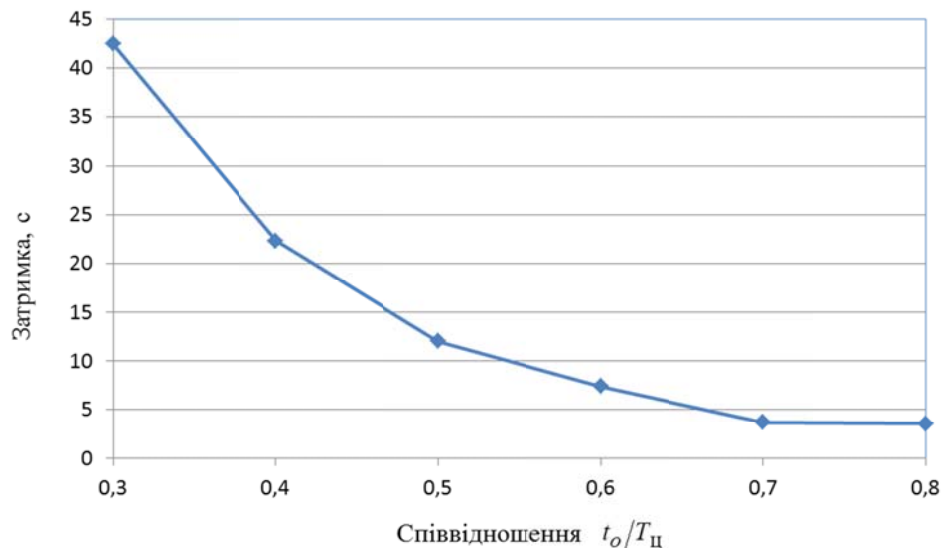


Рисунок 2. Залежність середньої затримки від співвідношення  $t_o/T_{\text{Ц}}$

Залежність середньої затримки від тривалості циклу  $T_{\text{Ц}}$  показано на рис. 3.

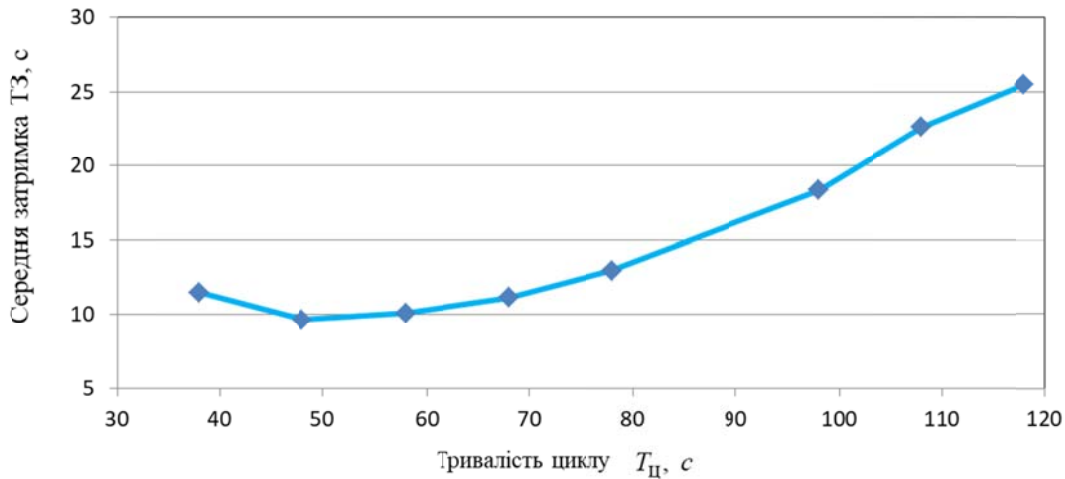


Рисунок 3. Залежність середньої затримки від загальної тривалості циклу

**Висновки.** Аналізуючи отримані результати можна побачити, що невеликі значення  $t_o/T_{ц}$  призводить до збільшення затримки. Після досягнення оптимального значення співвідношення  $t_o/T_{ц}$ , подальше збільшення  $t_o/T_{ц}$  не призведе до значного зменшення величини затримки.

На графіку (рис. 3) можна бачити, що при мінімальних значеннях тривалості циклу спостерігається збільшення часу затримки автомобіля. Причиною такого результату є перш за все зростаючі стартові затримки при включенні дозволяючого сигналу. По мірі збільшення тривалості циклу спостерігається зменшення затримки руху до мінімального значення, таким чином результати моделювання підтверджують як існування оптимального значення тривалості циклу регулювання, що дає мінімум затримок, так і можливість його отримання таким способом. Для обраної моделі перехрестя оптимально значення циклу склало близько 60 с. При подальшому збільшенні часу циклу знову відбувається зростання затримки руху через збільшення тривалості простоїв біля стоп-лінії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Григоров М.А., Дашенко О.Ф., Усов А.В. Проблеми моделювання і управління рухом транспортних потоків у великих містах: Монографія. – Одеса: Астропринт, 2004. – 272 с.
2. Мироненко С.Н. / Критерии эффективности регулирования дорожного движения / С.Н. Мироненко, А.С. Охота, А.И. Сухарникова / Логистические системы в глобальной экономике - №6. – 2016. – с. 477-481.
3. Левашев А.Г. Михайлов А.Ю. Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: Учеб. пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
4. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4)

## **ПРЕДПОСЫЛКИ К НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Кривошапов С.И.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

Основная цель нормирования эксплуатационных показателей – это максимальное приближение фактических значений к нормативным величинам, во всем диапазоне функционирования транспортного средства. К сожалению, не всегда этого удается достигнуть.

Анализ законодательства Украины [1] по нормированию расхода топлива на автомобильном транспорте показывают некоторые неудобства в его использовании. Основное ограничение - это не для всех моделей автомобилей установлены нормативные значения расхода топлива. Появление новых марок и моделей автомобилей значительно опережает обновление законодательной базы. Необходимо более оперативно устанавливать базовую норму расхода топлива для транспортных средств. Например, можно создать открытую для потребителей информационную базу, в которой будет накапливаться и обрабатываться экспериментальные данные от заводов-производителей, сертифицированных лабораторий и экспертов. Второй путь, это разработать механизм, когда базовую норму расхода топлива можно установить самостоятельно. Например, путем разработки аналитических зависимостей для расчета нормы расхода топлива на основе параметров конструкции автомобиля. Математическая модель должна с достаточной точностью рассчитывать расход топлива при допустимом изменении нагрузочных и скоростных режимов эксплуатации транспортного средства.

Заслуживает внимание методика расчета расхода топлива, разработанная проф. Говорущенко Н.Я. [2]. Исходными данными для расчета являются технико-эксплуатационные показатели, предоставляемые заводом-изготовителем. Условия эксплуатации оцениваются непосредственно через дорожные, транспортные и атмосферно-климатические показатели, или косвенно через среднюю техническую скорость автомобиля. Математическая модель позволяет рассчитать базовую норму расхода топлива и норму расхода на транспортную работу.

В методике [1] изменение условий эксплуатации автомобиля корректируется коэффициентами, которые не всегда точно отражают реальный расход топлива. Например, с уменьшением скорости автомобиля расход топлива увеличивается быстрее, чем это заложено корректирующими коэффициентами. На скоростных дорогах, когда расход топлива также увеличивается из-за повышенного аэродинамического сопротивления, в методике [1] введены коэффициенты, которые этот расход снижают. Если значение базовой нормы расхода топлива не позволяет точно оценить топливную характеристику автомобиля во всем диапазоне скоростей, то может целесообразно устанавливать несколько базовых норм расхода топлива для разных режимов эксплуатации. Заводы-изготовители предоставляют информацию о топливной экономичности автомобиля на трех режимах: городской, загородный и смешанный циклы испытания.

В методике [1] не всегда корректно учитывается фактическая загрузка транспортного средства. Особенно это касается автобусов, работающих на городских маршрутах, где масса пассажиров может в несколько раз превышать снаряженную массу транспортного средства, а их количество меняется на всем протяжении маршрута. Также в методике [1] занижается расход топлива технологического транспорта, у которых не учитывается фактическая грузоподъемность. Применение корректирующего коэффициента только частично покрывает перерасход топлива из-за транспортировки груза.

В методике [1] не корректно установлен уровень потребления топлива во время

простоя автомобиля с включенным двигателем, поскольку часовой расход топлива привязан к базовой норме расхода топлива. А ведь работа двигателя при минимальных оборотах без нагрузки сопряжено значительными механическими потерями. Характеристика двигателя без нагрузки отличается от характеристики с нагрузкой, когда задействована трансмиссия, ходовая часть и инерционные характеристики всего автомобиля. Целесообразно для всех транспортных средств дополнительно устанавливать часовую норму расхода топлива. Дополнительно можно установить норму расхода топлива на запуск и прогрев двигателя, которая будет учитывать температурный режим «холодного» двигателя, отличается от установившегося режима.

На некоторые автомобили могут устанавливаться разнообразное специализированное оборудование, для работы которого необходимо дополнительное топливо. Можно выделить пять типов применения оборудования на автомобиле: электрооборудование с приводом от электросети автомобиля (кондиционеры, охладительные установки, медицинские или измерительные системы); оборудование с приводом от коробки отбора мощности (поливочные станции, снегопогрузчики, топливозаправщики); применение независимой энергетической установки (бетономешалки, автокраны, автомастерские, автономные обогреватели); установка оборудования, которое препятствует движению автомобиля (снегоуборочные машины, кабелеукладчики, асфальтоукладчики); установка оборудования, которое увеличивающее массу транспортного средства (медицинское оборудование, ремонтные мастерские, дорожные лаборатории). Такое специальное оборудование может работать как во время движения автомобиля, так на стоянке. При нормировании расхода топлива необходимо учитывать не только характеристики самого оборудования, но и как это оборудование изменяет режим работы самого транспортного средства. Поэтому одно и то же оборудование, установленное на разные автомобили, могут давать различный прирост расхода топлива. Разработка математической модели взаимодействия транспортного средства со спецоборудованием позволит определить дополнительный расход топлива без проведения экспериментальных исследований.

На современных автомобилях устанавливаются системы нейтрализации вредных веществ в отработавших газах автомобиля. Установка таких систем приводит к незначительному увеличению расхода топлива. Для дизельных автомобилей (отвечающих нормам Евро-4, 5 и 6) применяется система Selective Catalytic Reduction (SCR), которая снижает содержание оксидов азота в выпускной системе. Для работы SCR необходимо вещество AdBlue, представляющее собой раствор мочевины (диамид угольной кислоты) в деминерализованной воде. В настоящее время расход AdBlue на автомобильном транспорте не нормируется. Однако, зная содержание оксидов азота на разных режимах работы автомобиля и необходимое количество мочевины, можно рассчитать расход AdBlue индивидуально для каждого автомобиля

Выводы. С развитием конструкций автомобилей необходимо совершенствовать нормативную базу по нормированию расхода топлива. Предпочтение следует отдавать детерминированным методам определения эксплуатационных параметров по специально разработанным математическим моделям, учитывающие конструкцию автомобиля, режимы работы и условия эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Електронний ресурс] // Законодавство України. — Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/ru/v0043361-98>. (дата звернення 20.08.2018 р.). – Назва з екрану.

2. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте [текст] / Н.Я. Говорущенко. - М.: Транспорт, 1990. - 135 с.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СМАЗЫВАНИЯ И СМАЗКИ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ ДВС ПРИ ЕГО ПУСКЕ

Курлыков Д.А., Кубич В.И.

Национальный университет «Запорожская политехника» (Украина)

**Введение.** Система смазывания является одной из важнейших систем двигателя внутреннего сгорания. Это обусловлено тем, что агрегаты системы обеспечивают формирование и поддержание несущей способности стойких масляных структур, которые непосредственно лимитируют ресурс его работы в целом. Однако, качество смазывания трибосопряжений во время быстротечных режимов работы двигателя имеет ряд особенностей [1]. Изучение трибологической составляющей, путем моделирования пуска, демонстрирует, что запаздывание подачи свежей порции моторного масла к узлам трения ведет к неминуемому разрушению масляных пленок и возникновению режимов масляного голодания. Поэтому, для снижения влияния негативных факторов, которые возникают в системе смазывания, существуют различные направления «нормализации» рабочих процессов на быстротечных режимах работы двигателя.

**Целью работы** является систематизация сведений относительно улучшения смазывания и смазки трибосопряжений механизмов и систем ДВС при его пуске.

**Результаты обработки информации и их обсуждение.** Для систематизации методов и современных тенденций в области повышения качества смазывания на режиме пуска проведены патентные исследования. Детальный анализ патентной информации на изобретения и полезные модели дал возможность определить, что на сегодняшний день следует выделить четыре основных направления повышения качества смазывания (рис.1).

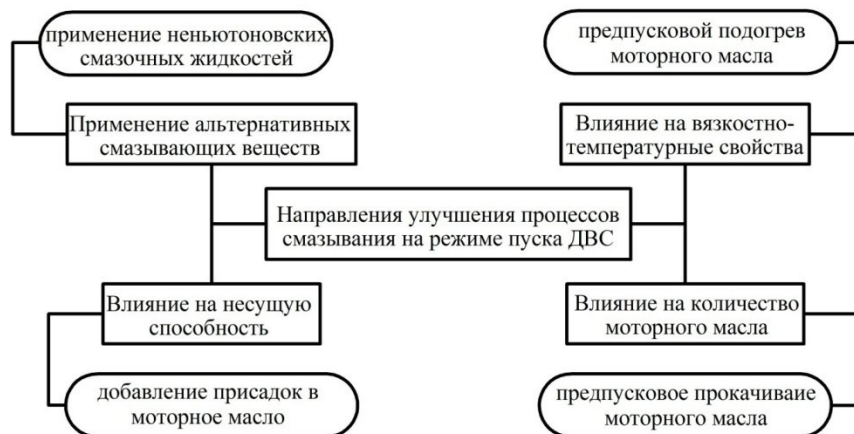


Рисунок 1. Направления по улучшению смазывания трибосопряжений ДВС при пуске

**Направление 1.** Кинематическая связь между масляным насосом и коленчатым или распределительным валом позволяет регулировать количество моторного масла, которое поступает к узлам трения на различных режимах работы двигателя, кроме пуска. Это вызвано тем, что пусковые частоты вращения валов настолько малы, что масляный насос не может создать необходимое давление для качественной подачи масла. Тем самым делая пуск самым благоприятным для возникновения интенсивного изнашивания поверхностей трибосопряжений. Для компенсации данного конструктивного недостатка системы смазывания предлагается использовать системы предпусковой прокачки моторного масла. В работах [2, 3] обеспечить предпусковое прокачивание моторного масла к трибосопряжениям двигателя предлагается путем установки дополнительного масляного насоса с электронным управлением, который будет работать независимо от основного насоса и при включении замка зажигания приводится в действие от АКБ. Также, помимо насосов, устанавливаются систему клапанов и дополнительные магистрали питания. Для повышения качества



управления электронасосом могут устанавливаться микроконтроллеры и датчики, которые, фиксируя дополнительные параметры, позволяют поддерживать благоприятные условия работы трибосопряжений двигателя на всем этапе пуск – готовность к принятию нагрузки.

К общим недостаткам данного направления следует отнести усложнение конструкции двигателя за счет установки дополнительной системы, увеличение нагрузки на АКБ, так как прокачивание будет происходить при неработающем двигателе. Следует отметить, что практически во всех системах отсутствуют дублирующие контуры, имеются несовершенства программного обеспечения, отсутствует дополнительная синхронизация новой системы со штатными системами двигателя, для предотвращения пуска, пока не будет закончено предпусковое заполнение системы маслом.

**Направление 2.** К одному из самых простых направлений в области повышения качества смазывания на режиме пуска следует отнести приготовление антифрикционных масляных композиций, путем добавления к стандартным моторным маслам различных присадок. В качестве присадок такие производители как РЕМОЛ-2, HADO, LIQUIMOLY широко применяются различного рода ревиталезанты, ремиталезанты, геомодификаторы, атомарные кондиционеры металлов и т.д. Принцип действия данных присадок практически идентичный. Введенная порция активных веществ (АВ), вовремя установившихся режимов работы двигателя распространяется по системе смазывания и путем избирательного массопереноса осаждается (налипает) на различные поверхности. Новообразованная масляная композиция оказывает по отношению к парам трения антифрикционный эффект, который позволяет снизить коэффициент трения и повысить несущую способность масляных образований. Коренным отличием присадок одних производителей от других является состав АВ. Так, например, в РЕМОЛ-2 [4] для создания масляной композиции в моторное масло добавляют мелкодисперсные частицы меди, которая снижает коэффициент трения в трибосопряжениях двигателя и тем самым повышает несущую способность масляных пленок [1]. Масляные композиции, приготовленные на основе дисульфида молибдена  $MoS_2$  также реализуют в парах трения антифрикционный эффект. Благодаря тому, что  $MoS_2$  в составе масла образует ламинарную (слоистую) структуру на поверхностях трения, данная прослойка гарантированно исключает непосредственный контакт пар трения.

К недостаткам рассматриваемого направления следует отнести ограниченное время действия АВ. Достаточно сложным при этом является прогнозирование периодичности обновления АВ, так как признаков свидетельствующих о прекращении действия присадок нет. Прекращение действия присадок проявляется лишь каскадным ухудшением показателей работы двигателя, на которые масляная композиция оказала положительный эффект.

**Направление 3.** Одним из направлений, которое позволяет снизить негативное влияние пусковых износов на этапе пуска и пуск – готовность к принятию нагрузки, является предпусковой подогрев моторного масла. Данный метод позволяет подвести подогретое моторное масло к холодным деталям двигателя, создавая более благоприятные условия для образования масляных пленок на поверхностях трения, снизить время подготовки двигателя к принятию нагрузок и облегчить пуск холодного двигателя в условиях отрицательных температур. Принцип предпускового подогрева моторного масла реализуется путем установки дополнительного нагревательного блока, с саморегулирующимся позисторным элементом [5]. Подобный блок устанавливается на каждую опору коленчатого вала и при подводе масла к подшипникам скольжения происходит мгновенное подогревание моторного масла до температуры 120...160°C. Нагревательные элементы автоматически начинают нагреваться с включением бортовой сети и достигают рабочей температуры в течение нескольких секунд. Далее, автоматически происходит переключение на режим минимального потребления энергии только для поддержания рабочей температуры. Еще одним способом реализовать предпусковой подогрев моторного масла предлагается установкой дополнительного пускового двигателя, который в процессе работы будет обогревать картер (поддон) выхлопными газами [6].

К общим недостаткам рассматриваемого направления следует отнести как и в предыдущем направлении: усложнение конструкции, увеличение нагрузки на систему электропитания, повышение стоимости двигателя, усложнения технического обслуживания и ремонта, неоднородность прогревания общего объема масла и его коксования на поверхностях контакта нагревателя.

**Направление 4.** Предложенное направление может быть использовано для создания негорючих смазок узлов трения машин, в том числе быстроходных и тихоходных двигателей. Для смазывания узлов трения часто применяют известные минеральные, полусинтетические и синтетические масла. Наряду с очевидными преимуществами они обладают и существенными недостатками. Потери трения для таких масел в узлах трения многих машин весьма высоки, а их теплоемкость невелика, что приводит к возникновению высоких температур масла и деталей опор трения. Поэтому разработка и применение смазочных материалов, свободных от указанных недостатков, например, с использованием водных растворов высокомолекулярных соединений (полимеров, сополимеров, олигомеров и их смесей) вместо углеводородной основы является весьма перспективным направлением. Их неньютоновские характеристики таковы, что при малых скоростях относительной деформации она имеет высокую вязкость и, наоборот, при высоких скоростях низкую [7].

Главным недостатком известных составов неньютоновских жидкостей является высокая коррозионная активность по отношению к конструкционным материалам, связанная с применением воды в качестве основы, малая теоретическая изученность направления и отсутствие экспериментальных исследований по моделированию работы трибосопряжений с применением их в качестве смазочного материала.

**Вывод.** Результаты патентных исследований позволили определить, что улучшение процессов смазывания при пуске двигателя является весьма актуальной проблемой. Большое количество предложенных систем свидетельствует о том, что на сегодняшний день однозначного способа для решения исследуемого вопроса нет. Каждое из рассмотренных направлений только частично позволяет улучшить процессы смазывания и снизить пусковые износы. Конструктивное исполнение большинства систем не учитывают значительное количество параметров, которые в свою очередь могут значительно повлиять на рабочие процессы в системе смазывания. Исходя из полученных результатов, следует отметить, что предпусковое прокачивание является самым результативным, так как в любом случае позволит обеспечить наличие смазочного материала в трибосопряжениях двигателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кубіч В.І. Стан трибологічної системи «ВЧ50 - моторна олива - АО20-1» в умовах недостатнього мащення /В.І. Кубіч, Д.А. Курликов, М.М. Марущак// Проблеми тертя та зношування. №4(77). 2017. С.48-60.
2. Патент № 2043510 Российская Федерация, Устройство для предпусковой смазки ДВС/ А.Г. Дмитриев; патентообладатель А.Г. Дмитриев - заявл. 11.03.1991; опубл. 10.09.1995.
3. Патент № 125387 Україна, Електромеханічна система змащування ДВЗ / Ю.В. Шабатура, В.Я. Гера - власник Ю.В. Шабатура, В.Я. Гера - заяв. 27.11.2017; публік. 10.05.2019; Бюл. № 9.
4. Патент № 49857 Україна, Мазильна композиція/ Л.П. Малюта ; - власник Л.П. Малюта - заяв.14.05.1998; публік. 15.10.2002; Бюл. № 10.
5. Патент № 71651 Україна, Пристрій для полегшення пуску ДВЗ/ Ю.С. Бородин, О.В. Грицюк, В.Г. Кондратенко, Д.В. Демиденко; - власник КП "Харківське КБ з двигунобудування" - заяв. 14.06.2002; публік. 15.12.2004; Бюл. № 12.
6. Патент № 2182235 Российская Федерация, Устройство для облегчения запуска ДВС/ И.А. Захаров, В.Д. Лукин, С.К. Рахимов, А.В. Даренских; патентообладатель ОАО "НИИА" - заявл. 30.03.2004; опубл. 20.03.2006; Бюл. № 8.
7. Патент № 2098463 Российская Федерация, Негорючая неньютоновская смазочная жидкость/ Л.Д. Паценкер, А.П. Шкумат; заявитель и патентообладатель ООО "Гидромеханика" - заявл. 27.12.1994; опубл. 10.12.1997.

## ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Курносенко Д.В., Грицук І.В.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

Одним з основних шляхів підвищення ефективності використання суден є підвищення надійності елементів судових енергетичних установок (СЕУ). Їх надійність впливає на безпеку експлуатації судна, на вартість і трудомісткість його ремонтів і технічного обслуговування (ТО). У зв'язку з цим розробку заходів щодо підвищення безвідмовності елементів СЕУ, оцінку рівня працездатності елементів і підготовку рекомендацій щодо можливості подальшої експлуатації елемента слід проводити на основі детального аналізу даних про їх технічний стан. Такі заходи зведуть до мінімуму ймовірність виникнення відмов елементів СЕУ в процесі експлуатації, що в свою чергу, підвищить ефективність експлуатації судна в цілому. Також такі заходи виключать передчасне списання елементів СЕУ, що не виробили свій фактичний ресурс, що підвищить рентабельність судноплавної компанії.

Питання технічної експлуатації СЕУ і судна в цілому присвячено багато робіт, наприклад: Блінова Е.В., Гальперіна М.М., Нікітіна АМ, Розенберга Г.Ш., аналіз яких показує, що в організації процедури технічної експлуатації СЕУ істотне місце займає інформаційне забезпечення технічних процесів ТО. Зокрема, згідно з СОЛАС (Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі) і ПДМНВ (Міжнародна Конвенція про підготовку дипломованих моряків та несення вахти) як міжнародних угод, так і Правил технічної експлуатації суден, особливо виділяється наявність відповідного потоку інформації про все, що відбувається на судні. Щодо ТО, наявність відповідної інформації про технічний стан елемента СЕУ на увазі внесення обґрунтованих змін в обсяг і періодичність виконання відповідних робіт з підтримки працездатності елемента СЕУ. При підготовці робіт, пов'язаних з виконанням ТО, першочергову роль відіграє відповідне алгоритмічне забезпечення обробки даних інформації про технічний стан елементів СЕУ.

Надійність судової енергетичної установки [1] – це здатність СЕУ забезпечувати судно всіма видами енергії, необхідними для його використання за призначенням, зберігаючи при цьому встановлені параметри роботи при дотриманні регламентованих вимог до технічного обслуговування, ремонтів та зберігання. Надійність СЕУ обумовлюється високим рівнем безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності і зберігання входить в СЕУ обладнання, а також передбаченим при проектуванні резервуванням механізмів і систем. Надійність СЕУ забезпечується при проектуванні судових механізмів і установки в цілому, досягається при їх створенні і підтримується в процесі експлуатації. Виявляється головним чином в забезпеченні максимально можливого часу експлуатації за термін служби судна. Специфічність поняття надійності СЕУ полягає в різноманітті виконуваних судном завдань. У деяких випадках необхідна працездатність СЕУ може забезпечуватися при відсутності можливості використовувати весь діапазон специфікаційних режимів її роботи. Це визначає специфічність таких понять, як працездатність, ремонтпридатність, довговічність судових механізмів і систем.

До основних критеріїв працездатності СЕУ відносять міцність, жорсткість, зносостійкість, а до додаткових – теплостійкість, вібростійкість та ін. Міцність – здатність деталі сприймати прикладені навантаження без руйнування або виникнення пластичних деформацій. Найчастіше міцність є головним критерієм працездатності більшості деталей та механізмів СЕУ. Жорсткість – здатність деталі чинити опір зміні форми і розмірів під дією прикладених навантажень. Іноді вирішальним є не критерій міцності, а критерій жорсткості, тому що він задає великі розміри деталей. Зазвичай розглядають продовжню, крутильну і контактну жорсткість. Зносостійкість – здатність деталі зберігати необхідні розміри поверхонь, які труться протягом заданого терміну служби. Велика кількість деталей СЕУ виходить з ладу внаслідок зносу. Теплостійкість – здатність нормально працювати в заданому

температурному режимі в межах встановленого терміну служби. Робота більшості механізмів СЕУ пов'язана з підвищеними режимами або виділенням тепла при подоланні сил тертя між окремими деталями. Вібростійкою називають здатність конструкції працювати в потрібному режимі без неприпустимих коливань, близьких до області резонансів. Цей критерій обумовлює здатність конструкції працювати в необхідному діапазоні режимів без неприпустимих коливань і вібрацій. Вібрації викликають додаткові змінні напруги і призводять до втомного руйнування.

Важливість проблеми підвищення надійності підтверджується також економічними міркуваннями. Недостатній рівень надійності – це додаткові витрати, викликані аваріями і простоями суден, зниженням їх швидкості і збільшенням часу вантажних операцій, а також додаткові витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання. Збільшення міжремонтного періоду суден, скорочення чисельності суднових екіпажів (без збільшення напруженості праці) не можуть бути успішно реалізовані без істотного підвищення надійності всіх технічних засобів. У цьому полягають економічні передумови проблеми надійності. Таким чином, проблема забезпечення необхідного рівня надійності суднового устаткування відноситься до числа проблем першорядної важливості. Технічний прогрес висунув проблему надійності на перше місце і залежить від успішного її вирішення [2]. Однак недостатньо розуміти значення надійності для підвищення техніко-економічної ефективності створення і використання технічних засобів. Необхідно вміти кількісно оцінювати рівень надійності, визначати кількісну залежність надійності від режимів використання та умов експлуатації.

Терміни та визначення основних понять і показників надійності наведені в керівних документах. Доцільно навести додаткові роз'яснення деяких основних понять і вихідних положень теорії і практики надійності. Будь-який об'єкт, з точки зору відповідності пропонованим до нього вимогам, в кожен момент може знаходитися в одному з наступних станів: справному, працездатному, несправному, непрацездатному, граничному. Поняття «*справність*» ширше, ніж поняття «*працездатність*». Працездатний об'єкт, на відміну від справного задовольняє лише тим вимогам нормативно-технічної документації (НТД), які забезпечують його нормальне функціонування з параметрами, встановленими в НТД, тобто із встановленими значеннями потужності, швидкості, напруги, точності регулювання, продуктивності, опору ізоляції. Працездатний об'єкт може бути несправним, проте його несправність при цьому не настільки істотна, щоб перешкоджати нормальному функціонуванню об'єкту (наприклад, перегорання сигнальної лампи контролю живлення на щиті за наявності вольтметра; деформація рукоятки управління, практично не впливає на процес управління тощо).

Під час розподілу об'єктів на *відновлювані* і *невідновлювані*, з одного боку, і на *ремонтвані* і *неремонтвані* – з іншого, слід мати на увазі, що термін «*ремонтвані*» характеризує пристосованість об'єкту до проведення ремонту та технічного обслуговування як внутрішня властивість об'єкта, яке визначається його конструкцією, а термін «*відновлюваний*» характеризує можливість і доцільність відновлення працездатності і справності об'єкту в конкретній ситуації під час його експлуатації. Об'єкт може бути ремонтваним, але не відновлюваним. Наприклад, багато контрольно-вимірвальних приладів та елементів автоматики за своєю конструкцією є об'єктами ремонтваними, але в умовах судна, як правило, не підлягають ремонту, тобто відновленню працездатності після відмови, і тому розглядаються як невідновлювані. У той же час є чимало об'єктів, які однозначно можна віднести або до відновлюваних і ремонтваних, або до невідновлюваних і неремонтваних. Більшість суднових механізмів: двигуни, насоси, сепаратори – є об'єктами ремонтваними і відновлюваними, а такі вироби, як електричні лампи, підшипники і – неремонтваними і невідновлюваними. Розподіл об'єктів на ремонтвані і неремонтвані є визначальним при виборі показників для оцінки їх надійності.

Сукупність властивостей, що обумовлює придатність продукції, об'єктів для задоволення певних потреб відповідно до їх призначення, називається *якістю*. *Надійність* є одним зі складових властивостей якості об'єкту. У свою чергу, надійність можна розглядати

як складну властивість, що включає в себе кілька часткових властивостей, в тому числі *безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість*. На сьогоднішній день найбільш докладно досліджено показники працездатності та безвідмовності як основних властивостей надійності, що забезпечує безперервну експлуатацію суден.

*Головні малооборотні двигуни* [2]. Найбільш характерним показником надійності головного двигуна є напрацювання на одну вимушену зупинку судна в морі. Для сучасних суден цей показник змінюється від 330 до 645 год. при тривалості стоянки 70÷137 хв. Найменш надійними вузлами головних двигунів є циліндро-поршнева група (ЦПГ) ( $k_0=25\%$ ) і паливна апаратура ( $k_0=30\%$ ). Час безвідмовної роботи багатьох деталей (поршні, циліндрові втулки, підшипники і т.д.) узгоджується за законом гамма-розподілу.

*Допоміжні механізми енергетичної установки* [3]. У таблиці 1 наведено значення середнього часу безвідмовної експлуатації  $T_e$  деяких допоміжних механізмів.

Таблиця 1. Середній час безвідмовної експлуатації деяких допоміжних механізмів

Найменування механізму	$T_e$ , тис. год.	Найменш надійні елементи та їх коефіцієнти відмов $k_0$ , %
Компресори пускового повітря	5÷9	Клапан 50-90; ЦПГ 3-14; підшипник 2-14
Відцентрові насоси	10÷26	Ущільнення 40-70; підшипник 12-30; вал 10-30; робоче колесо 3-16
Поршневі насоси	8÷13	Поршневе кільце 10-37; клапан 29-62; підшипник 5; сальник 7-17
Відцентровий сепаратор	13÷28	Прокладка барабана 10-29; черв'ячна передача 11-26; муфта 10-30; підшипник 5-28

*Гребні гвинти і валопроводи*. Гребні гвинти, як правило, не відновлюють в судових умовах. Тому показник безвідмовності (середнє напрацювання до відмови) збігається з показником довговічності – ресурсом до капітального ремонту або до заміни (списання). За даними обстеження 360 торгових суден і великої кількості військових кораблів США, для 50% судів капітальний ремонт гребних гвинтів, виготовлених з марганцовистої бронзи, потрібен був через 10 років експлуатації і раніше, а 35% гвинтів були замінені в перші 5 років. Відмови гребних валів відбуваються, як правило, внаслідок розвитку явища втоми. Згідно з результатами обстежень одновальних морських судів США, більше 30% всіх валів мали термін служби до 3 років і лише 13% – від 9 до 12 років.

В останні роки на судах починає впроваджуватися система регламентації експлуатації і ремонту по фактичному технічному стану суден та їх енергетичних установок. В основі цієї системи лежить принцип постійного контролю поточного технічного стану судна і його енергетичної установки і прийняття рішень на проведення тих чи інших заходів з їх технічного обслуговування і ремонту, виходячи з їх фактичного технічного стану. Така система дозволяє істотно економити матеріальні та фінансові ресурси, що виділяються на потреби експлуатації та ремонту суден.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Морской энциклопедический справочник. В двух томах. Том 1. / Под ред. Н.Н. Исанина. - Л.: Судостроение, 2012, с.14-15.
2. Карпов Л. Н. Надежность и качество судовых дизелей. Л., «Судостроение», 1999.
3. Смирнов О. Р., Юдицкий Ф. Л., Надежность судовых энергетических установок. Л., Судостроение, 1998.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ПРУЖИНЫ ДАТЧИКА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЯ НА ТОКСИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОГ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Лещев В.А., Найденов А.И.

Дунайский институт Национального университета «Одесская морская академия»  
(Украина)

**Вступление.** Получение требуемых законодательно экологических и экономических показателей работы САР частоты вращения дизельного двигателя является актуальным, поскольку, такие системы работая в разнообразных динамических режимах и обладая многорежимными регуляторами, выбрасывают в атмосферу повышенное количества токсичных веществ.

Это важно, так как связь между переходными процессами и экологическими показателями в дизельных двигателях изучены явно недостаточно и пока не отработаны эффективные способы и методы воздействия на системы автоматического регулирования для получения нужного результата [1, 2].

Вместе с этим становится ясно, что для ускорения получения таких результатов следует также сочетать натурные испытания и получение объективных показателей с моделированием переходных процессов, поскольку их трудно, а иногда и невозможно изучать на практике.

**Основной текст.** Для исследований использован программный комплекс VisSim, позволяющий наглядно исследовать переходные процессы в моделях, в которых объединены математическая модель САР частоты вращения дизеля и созданный на основе практических исследований новый блок VisSim «Полином ОГ» на четыре главных вредных компоненты ОГ. При этом экспериментальные данные, полученные на натуральных установившихся режимах работы дизельного двигателя, используются для определения полиномиальных зависимостей исследуемых показателей, которые в виде блока «Полином» включаются в математическую модель САР скорости вращения дизеля.

Для исследования применен разработанный в [4] исследовательский стенд VisSim (рис. 1). На нем представлена виртуальная модель дизельного двигателя с турбокомпрессором, блоком ТНВД и нелинейным блоком «Полином ОГ».

Для измерения расхода топлива при пуске двигателя в модель включен блок контроля расхода топлива, который представлен в виде интегратора с пороговой отсечкой и дисплеем для вывода результатов. Некоторые изучаемые переменные величины передаются беспроводными блоками «variable».

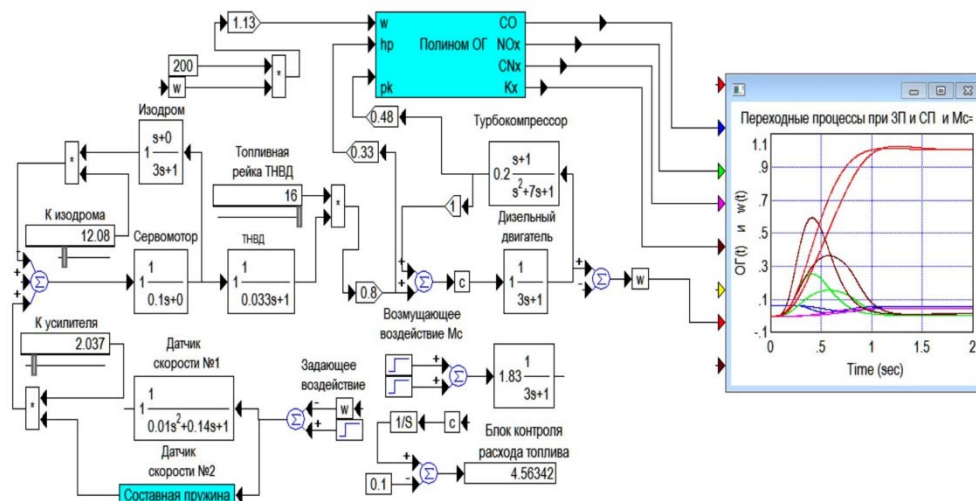


Рисунок 1. Исследовательский стенд VisSim с нелинейными блоками отработанных газов «Полином ОГ» и двумя инерционными датчиками частоты вращения

Для проведения экспериментов настроечные параметры модели были предварительно оптимизированы методами, изложенными в работе [4]. Вместе с тем, кривые (рис.2. 1а, 1б) имеют существенное отличие друг от друга. Пиковая разница между ними составляет 0,22 о.е. Это означает снижение на 37 % коэффициента дымности ОГ  $K_X$ , что является весьма существенным снижением для динамического режима.

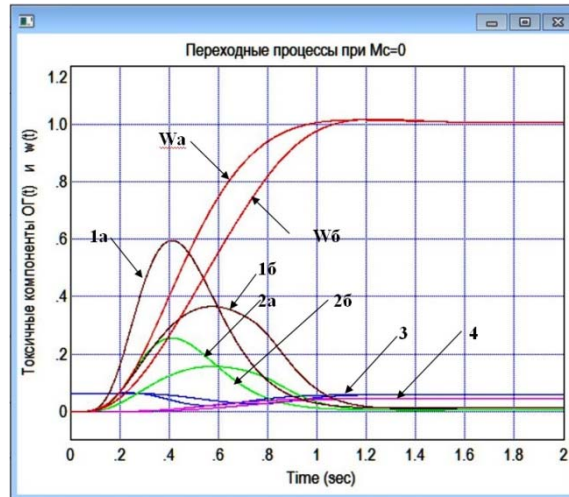


Рисунок 2. Переходный процесс разгона двигателя в САРЧ с разными датчиками и с моментом нагрузки  $M_c = 0$ , где:  
а – кривые зависимостей при пуске с датчиком №1, б – кривые зависимостей при пуске с датчиком №2;  $\omega$  – частота вращения дизеля, 1 – кривая  $K_X$ , 2 – кривая  $NO_X$ ; 3 – кривая  $CO$ , 4 – кривая  $CN_X$

Кривые оксида азота  $NO_X$  (рис.2. 2а и 2б) так же отличаются величинами. При этом закономерности отличий такие же, что и для коэффициента дымности. Разница составляет в пике 0,10 о.е. или 37 %.

Следует отметить, что остальные составляющие выбросов ОГ хотя и меняются, но отличия несущественны и, можно считать, что они не превышают величин установившегося режима.

Расход топлива на время переходного режима для САРЧ у моделей датчика №1 и №2 составил соответственно  $G_1 = 4.65795$  и  $G_2 = 4.55685$ . Экономия топлива при пуске равна 2,17 %.

Интересно отметить, что уменьшение подачи топлива всего на 2,17% во время пуска двигателя приводит к уменьшению выброса токсичных компонентов ОГ оксида азота  $NO_X$  и коэффициента дымности  $K_X$  почти на 40%. Это объясняется тем, что при пуске с датчиком №2 улучшается соотношение воздуха и топлива.

**Выводы.** Разработана комплексная математическая модель САРЧ дизеля с датчиками частоты вращения с составной главной пружиной в ПП VisSim, включающая блоки «Полином ОГ» и позволяющая исследовать переходные процессы токсичных компонентов ОГ и их величины в зависимости от заданных параметров и элементов схемы.

Показано, что применение в САРЧ дизеля инерционных датчиков с пружинами, имеющими переменный коэффициент жесткости, дает значительное уменьшение величины токсичных выбросов ОГ только по некоторым компонентам, а именно, по коэффициенту дымности  $K_X$  и оксидам азота  $NO_X$ .

Отмечено, что применение датчиков частоты вращения с главной пружиной переменной жесткости в САРЧ дает также экономию топлива в пределах 1,8 - 2%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горб С.И. Анализ систем автоматического регулирования частоты вращения судовых дизельных установок: Учебное пособие. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1989, 44 с.
2. Ланчуковский В.И., Козьминых А.В. Автоматизированные системы управления судовыми дизельными и газотурбинными установками: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 335 с.
3. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.
4. Лещев В.А., Найденов А.И. Влияние переходных процессов на величину коэффициента дымности отработанных газов дизеля. – Одесса: SWORLD&SCIENTWORLD, «Научный взгляд в будущее», Выпуск 7, - 2019. – С12-19.
4. Лещев В.А. САУ судового дизеля с внешней обратной связью датчика частоты вращения. – Карлсруэ, G. «Modern engineering and innovative technologies», 2018. – С83-92



## ЗМЕНШЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Ломакін В.О., Ільченко А.В., Кравченко О.П.  
Державний університет «Житомирська політехніка» (Україна)

**Вступ.** Задоволення сучасних екологічних стандартів двигунобудування потребує створювати нові конструкції двигунів. Для мінімізації шкідливих викидів двигунами внутрішнього згоряння промисловість має виготовляти транспортні засоби з низькою витратою палива.

Нові напрямки в розробці двигунів зосереджуються на зменшенні розмірів («даунсайзінг») та зменшенні частоти обертання двигуна («даунспідинг»). «Даунсайзінг» передбачає зменшення кількості циліндрів, а «даунспідинг» – зменшення частоти обертання двигуна внутрішнього згоряння при доступному максимальному значенні крутного моменту [1].

Нажаль, ці нові тенденції впливають на крутильні коливання, які пов'язані з колінчастим валом, що вимагають використання спеціальних пристроїв-поглиначів енергії крутильних коливань. Найрозповсюдженим таким пристроєм на сьогодні є двомасовий маховик. Незважаючи на деяку зміну тенденції «даунсайзінгу» на «райтсайзінг», що передбачає деяке збільшення кількості циліндрів, та безліч недоліків конструкції двомасових маховиків, ця проблематика є центральною в галузі двигунобудування сьогодні [1]. Задача ускладнюється широким діапазоном характеристик двигунів внутрішнього згоряння. Для прикладу можна розглянути діапазони робочих частот обертання. Двигуни сучасних вантажних автомобілів найчастіше працюють в діапазоні частот обертання колінчастого вала  $800\text{--}2200\text{ хв}^{-1}$ , а легкових автомобілів –  $800\text{--}6000\text{ хв}^{-1}$ .

**Мета дослідження.** Удосконалення підходів щодо зменшення нерівномірності крутного моменту на колінчастому валу двигуна внутрішнього згоряння використанням гібридних маховиків або маховиків змінного моменту інерції.

**Результати досліджень.** Відомо, що на усталеному режимі роботи двигуна внутрішнього згоряння спостерігається нерівномірність крутного моменту на виході з його колінчастого вала, яка відіграє негативну роль в роботі трансмісії (рис.1) [1–5].

Наявність пульсуючого крутного моменту є руйнівною як для елементів трансмісії так і для пристроїв-поглиначів. Саме тому надійність двомасових маховиків, враховуючи їх відносну складність, є слабкою їх стороною.

Використання маховиків змінного моменту інерції для зменшення нерівномірності крутного моменту теж має цілий рад недоліків, пов'язаних з тією ж причиною, що й у двомасових маховиків. Відносна складність цих пристроїв суттєво зменшує можливості їх широкого застосування [4, 5]. Це пов'язано перш за все з широким діапазоном зміни крутного моменту двигунів внутрішнього згоряння за цикл роботи, що найяскравіше проявляється для двигунів з кількістю циліндрів до 4-х включно. Вирішити проблему використання лише механічної системи маховика змінного моменту інерції призводить до суттєвого ускладнення пристрою, що негативно відбивається на надійності. Підвищення надійності нерозривно пов'язано з застосуванням мехатронної системи, яка носить назву гібридного маховика.

Гібридні маховики дозволяють змінювати момент інерції та компенсувати зміни крутного моменту як протягом оберту, так і при переході від одного режиму роботи до іншого. В основі гібридного маховика лежить можливість запасати як електричну, так і механічну енергію протягом оберту колінчастого вала. Накопичення кінетичної енергії двигуна внутрішнього згоряння в механічну та електричну дає суттєву перевагу для швидкого її повернення в потрібні моменти часу. А відсутність прямого контакту між поверхнями складових частин дозволяє припустити, що надійність гібридного маховика є вищою за механічні аналоги, які розглядалися вище.

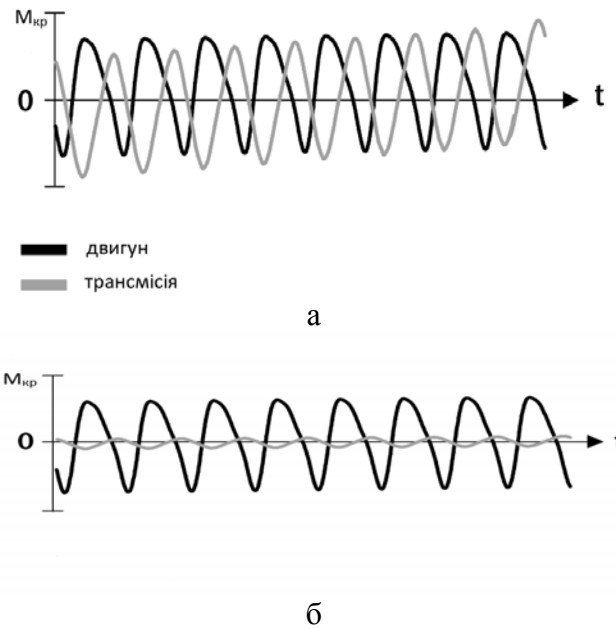


Рисунок 1. Порівняння між крутним моментом на виході з двигуна та в трансмісії за декілька циклів роботи: а - без пристрою-поглинача, б - з пристроєм-поглиначем.

Особливістю використання гібридних маховиків є використання маховика як ротора електричного двигуна з можливістю керувати процесом протягом одного оберту. До того ж, з'являється можливість використання гібридного маховика як комплексного пристрою, що здатен замінити деякі інші допоміжні агрегати двигуна внутрішнього згоряння.

Узагальнюючи слід зазначити, що розглядаючи альтернативні сучасні мехатронні системи для вирішення традиційних задач автомобілебудування, можна розширити межі використання та покращити характеристики двигунів внутрішнього згоряння і збільшити потенційні можливості подальшої автоматизації сучасних транспортних засобів.

**Висновок:** проаналізовано методи зменшення нерівномірності крутного моменту двигуна внутрішнього згоряння та визначено оптимальний – з використанням гібридного маховика змінного моменту інерції.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Dual Mass Flywheel for torsional vibrations damping Parametric study for application in heavy vehicle / G r my Bourgois // Division of Dynamics, Department of Applied Mechanics Chalmers University of Technology, 2016. – 145 p.
2. Абрамчук Ф.І. Автомобільні двигуни: підручник [3-тє видання] / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко – К.: Арістей. – 2007. – 476 с.
3. Автомобильные и тракторные двигатели. Теория, системы питания, конструкции и расчет / И.М. Ленин, К.Г. Попык, О.М. Малашкин, И.Я. Райков, Г.И. Самоль, К.И. Сидорин; под. ред. И.М. Ленина. – М.: Высш. шк., 1969. – 656 с.
4. Ломакин В. Маховики переменного момента инерции для поршневых двигателей (теоретические основы разработки и практическое применение) / В. Ломакин, А. Ильченко. Монография. – Saarbr cken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 112 с.
5. Ломакин В.О. Зменшення нерівномірності обертання колінчастого валу двигуна внутрішнього згоряння / В.О. Ломакин, А.В. Ильченко, О.П. Кравченко // Матеріали 9-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (13-14 вересня 2018 р., м. Херсон). – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2018. - С. 226-228.

## КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ АНТИФРИЗОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В АВТОМОБИЛЯХ

Наглюк М.И., Макогон Е.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

**Введение.** За последнее время автомобильная электроника совершила качественный скачок в своем развитии. Количество электронных систем достигло такого уровня, что в автомобиле уже сложно найти узел, куда бы не подходили электрические провода от систем диагностики, контроля или управления. В результате, современный автомобиль – это сплав новейших технологий в автомобилестроении и электронике, в котором важнейшую роль занимает электронная часть [1]. Исследования показывают, что агрегаты и механические узлы автомобилей улучшаются преимущественно качественно (увеличиваются удельная мощность, эффективность, надежность), а электронные системы развиваются, как правило, количественно, занимая все новые области применения. Электроника особенно глубоко проникает в различные части системы управления [2], тем самым подтверждает свою важнейшую роль в современных автомобилях. Заменяя существовавшие в автомобилях механические и гидравлические части, добавляя новые узлы диагностики и контроля, она делает сегодняшние автомобили более интеллектуальными, надежными, безопасными и комфортными.

**Анализ исследований и публикаций.** Внедрение автомобильной электроники в систему управления двигателем и трансмиссией обеспечивает оптимальную работу двигателя за счет регулировки впрыска топлива, угла опережения зажигания, частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу.

Электронные системы управления агрегатами и системами, включая управление подвеской, колесами, тормозами, улучшает управляемость, курсовую устойчивость и комфортабельность автомобиля [3]. Все более популярными становятся электронные системы для отображения информации. Визуальные индикаторы [4] показывают цифровые значения множества разнообразных параметров: скорость движения, частоту вращения коленчатого вала, количество топлива, время поездки, температуру. Широко используются текстовые сообщения, отображение схематического характера (например, автомобиль в плане с указанием неисправного узла). Получили распространение синтезаторы речи, вырабатывающие речевые сообщения, например, об открытой двери, о необходимости пристегнуть ремни безопасности, превышения допустимой температуры охлаждающей жидкости или масла.

Статья посвящена описанию принципиально нового прибора, разработанного с применением нового метода направленного безаналогового синтеза.

Прибор предназначен для измерения, контроля и регистрации электрической проводимости жидкостей, применяемых в автомобилях.

Прибор представляет собой электронное устройство, на передней панели которого расположены клавиатура для управления режимами работы прибора, жидкокристаллический графический дисплей для отображения выводимой информации, контакты для подключения измерительных ячеек и светодиодные индикаторы, показывающие, в каком режиме прибор находится. В приборе реализованы два метода измерения.

Особенностью прибора является его высокая точность измерения.

Предложенный метод измерения не вносит существенного влияния на параметры жидкости и может быть применён для их измерения в процессе эксплуатации автомобиля с тем, чтобы на ранних стадиях определить необходимость замены той либо иной жидкости, когда её параметры будут достигать предельных значений. Это позволит увеличить срок службы деталей автомобиля, обезопасив их от влияния непригодной к эксплуатации жидкости.

Имеется возможность произвести запись показаний на SD/MMC карточку с последующим воспроизведением записи на дисплее в цифровом либо графическом виде. При необходимости, данные, записанные на карточку, можно считать в компьютере и провести их детальный анализ.

Прибор имеет следующие режимы работы:

- режим прямого отображения информации в цифровом виде на дисплее;
- режим записи данных на карточку памяти;
- режим воспроизведения записанных на карточку памяти данных на дисплее в графическом виде. В этом режиме особенно удобно наблюдать отклонение от начальных параметров, выводя данные стандартной и измеряемой ячеек одновременно;
- режим воспроизведения записанных на карточку памяти данных на дисплее в цифровом виде;
- также имеется возможность установить необходимую длительность записи на карточку памяти.

Преимущество данного прибора также заключается и в том, что мы имеем возможность не только в статике измерять параметры жидкости, но также видеть в динамике, в течение определённого промежутка времени, их изменение, что немаловажно при изучении свойств той или иной жидкости.

В основе прибора лежит микроконтроллер среднего класса фирмы «Microchip» PIC18F452, в котором имеется достаточное количество входов аналого-цифрового преобразования для реализации задуманного. Сам модуль аналого-цифрового преобразователя имеет 10 разрядов. Это даёт возможность получать цифровые данные в диапазоне от 0 до 1023, чего вполне достаточно для реализации поставленных задач.

Надёжная эксплуатация автомобильного транспорта во многом зависит, как от правильного подбора моторных и трансмиссионных масел, охлаждающих и тормозных жидкостей, так и от периодичности их замены, которая обусловлена потерей масел и жидкостей своих первоначальных свойств, то есть старением. Характер и скорость изменения свойств охлаждающих жидкостей, в основном, зависят от: исходного физико-химического потенциала, технического состояния двигателя, нагрузочно-скоростного режима, а также условий эксплуатации автомобилей. Замена смазочных масел и охлаждающих жидкостей на автомобильном транспорте осуществляют по пробегу или наработке, назначенному в руководстве по эксплуатации, применяя коэффициенты корректировки, учитывающие дорожные и атмосферно - климатические условия эксплуатации.

В последние годы зарубежные автомобили, в частности таких фирм производителей как: «BMW», «MERCEDES BENZ», «VW», «Audi» и др., уже оборудованы аналитическими сервис компьютерами, в которых замена моторного масла осуществляется по таймеру, не имеющего никакой обратной связи с двигателем, срабатывание которого происходит через каждые 12 месяцев или 15 000 км пробега. Например, при использовании высококачественных энергосберегающих моторных масел, спецификаций BMW «Long Life Oils» и «Long Life Oils (LL-01)», эксплуатируемых в пригородной зоне по дорогам с усовершенствованным покрытием, интервалы замены масла, заложенные в компьютере можно изменить на 24 месяца или 30000 км. Однако отметим, что в качестве фактора, учитываемого при расчете циклов обслуживания, микропроцессор компьютера наряду с пройденным километражем или временем эксплуатации учитывает, например, расход топлива, температуру и обороты двигателя, что может привести к срабатыванию таймера раньше установленного срока. Более эффективным, по сравнению с сервис компьютерами, является разработка и применение средств бортовой диагностики масел, тормозных и охлаждающих жидкостей, в которых интервалы замены определяются непосредственно по фактическому состоянию масла или жидкости. Анализ основных показателей качества антифризов [5] показал, что даже при

небольшой наработке в двигателе автомобилей некоторые из них имеют значительные изменения (табл.1 и 2).

Таблица 1. Результаты изменения электропроводности антифриза при работе в легковых автомобилях

Наименование Показателя	ГАЗ-3302 2000 км (ХАДО G12)	ВАЗ-2115 1615 км (А-40)	ГАЗ-3302 5000 км (ХАДО G12)	ВАЗ-21104 1534 км (А-40)
Электропроводность, Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup>	$3,43 \cdot 10^{-5}$	$0,66 \cdot 10^{-5}$	$3,12 \cdot 10^{-5}$	$0,64 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2. Результаты изменения электропроводности антифриза при работе в автобусах

Наименование Показателя	Antifreeze XT (пробег 0 км)	Сетра (120 тыс. км)	Неоплан (121 тыс. км)	Ванхолл (120 тыс. км)
Электропроводность, Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup>	$6,22 \cdot 10^{-5}$	$6,22 \cdot 10^{-5}$	$6,57 \cdot 10^{-5}$	$5,86 \cdot 10^{-5}$

**Выводы.** Проводя мониторинг изменения основных показателей качества охлаждающих жидкостей можно своевременно установить ухудшение качества антифриза и провести его замену.

Дальнейшее развитие прибор может получить, если его обучить известным нормативным показателям жидкостей. Составить и внести в память определённые «таблицы параметров жидкостей», чтобы в процессе эксплуатации автомобиля прибор мог сравнивать текущее состояние жидкости со стандартным значением, хранящимся у него в памяти, и выдавать соответствующее предупреждение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Компоненты FreescaleSemiconductor для автомобильной электроники[Электронный ресурс] / Д. Панфилов, И.Чепурин, А. Архипов, М. Соколов // Электронные компоненты – 2004. – №8. – с.10. – Режим доступа к журн.: <http://www.freescale.com/files/abstract/global/Automotive.pdf>.
2. Микроконтроллеры в электронных модулях управления автомобиля [Электронный ресурс] / У.Фитцджеральд, Г. Робинсон, компания MicrochipTechnologyInc. // Электронные компоненты – 2007. – №5. – С.59. – Режим доступа к журн. : <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2192/doc/2318/>.
3. Соснин Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы. / Д.Соснин, Д.Яковлев. – М.: СОЛОН - Пресс, 2005. – 240с. – (Учебное пособие для специалистов по ремонту автомобилей, студентов и преподавателей вузов и колледжей).
4. Выбор контроллера для автомобильных бортовых компьютеров[Электронный ресурс] / К.Николаев // Электронные компоненты – 2007. – №5. – с.3. – Режим доступа к журн.: <http://www.eltech.spb.ru/pdf/344.pdf>.
5. Наглюк М.И. Показатели качества антифризов и корреляционная связь с электропроводностью / М.И. Наглюк, А.Б. Григоров, И.С. Наглюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С.121–125.

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОБОТИ АДАПТИВНОЇ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ LPG-ТАНКЕРА

Наговський Д.А., Дощенко Г.Г.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Процес вивантаження та завантаження LPG та LNG – танкерів є складним завданням з точки зору безпеки та оптимальності управління відносно зовнішніх умов: вид живлення, обладнання, ступінь завантаження тощо. Для підвищення безпеки процесів вивантаження, а також раціонального розподілу енергоресурсів засоби автоматизації цих процесів, а також моделі та закони управління постійно вдосконалюються.

**Актуальність досліджень.** Оскільки різні порти мають різний рівень оснащення, LPG танкер має власну систему вивантаження. Судно має обмежену потужність електростанції, а умови вивантаження різняться від порту до порту. Тому доцільно, щоб вантажна система середньостатистичного LPG – танкера мала декілька варіантів технічних засобів та адаптивний закон управління.

**Постановка задачі.** Вантажна система LPG – суден зазвичай керується комп'ютеризованою системою управління. Необхідно створити модель управління, яка б враховувала вид живлення, оптимізацію вивантаження за часом або енергоефективністю, не зменшуючи показники безпеки операції.

**Результати досліджень.** Зріджений газ, що перевозиться на газозах, після прибуття в порт вивантажують різними способами. Наприклад, скраплений газ можна вивантажувати за допомогою насосів: палубних, погрузних і бустерних.

Палубні насоси при вивантаженні застосовують тільки при створенні в танках надлишкового тиску - так, щоб вантаж під напором сам підходив до насоса. У цьому випадку тиск у вантажному танку створюється або за рахунок тиску парів вантажу, підігрівається з використанням компресорів, або за рахунок тиску парів, що подаються по парової лінії з берегу [1,2].

Бустерні насоси можуть бути встановлені на палубах деяких суден, обладнаних повністю зануреними насосами. Бустерні насоси можуть включатися в роботу в тих випадках, коли при подачі рідини на берег виникає необхідність подолати підвищений тиск на береговому терміналі[1,2].

Для запобігання різких змін тиску в танку необхідно контролювати напір насоса. Необхідну величину напору визначають за наступним виразом [10]:

$$f = \frac{(P_P - P_S)K}{\rho}, \quad (1)$$

де  $f$  – напір,  $P_P$  – тиск нагнітання,  $K$  – постійний коефіцієнт,  $\rho$  – густина сировини.

Щоб визначити реальну швидкість вивантаження для типової установки, необхідно знати характеристику системи: тиск, проти якого повинен працювати насос. Величину цього тиску визначає різницю висот (між береговим танком і судновим з'єднанням шлангів), а також тиск в береговому танку. До цієї величини необхідно додати опір в магістралі, яке збільшується в міру зростання витрати від насоса.

Режими роботи вантажної системи залежать від типу вантажу: етилен, метан та ін. Для урахування всіх факторів доцільно використовувати комбінований принцип управління вивантаженням газу: регулювання подачі та температури сировини. Управління відбувається через відповідні регулятори.

В даний час більшість традиційних регуляторів (П, ПІ, ПІД) при проведенні пуско-

налагоджувальних робіт доводиться донастроювати вручну. Саме такі регулятори використовуються в основному на більшості суден. Налаштування виконується до тих пір, поки перехідний процес регулювання не стане задовільним.

Реакція на зміну в часі регульованої величини  $y(t)$  з точністю до амплітуди вхідного впливу являє собою відповідну перехідну характеристику замкнутої системи. З неї при відомому алгоритмі функціонування регулятора може бути отримана передавальна функція об'єкта. Розраховуючи таку математичну модель об'єкта, можна зробити розрахунок оптимальних параметрів настройки ПІ або ПІД - регулятора. Слід зазначити, що оцінка перехідною характеристикою замкнутого контуру в реальних умовах роботи систем регулювання зазвичай володіє відносно нестабільним характером, тобто якщо експеримент повторювати кілька разів, то будуть отримуватись сильно різні результати, що вплине на адекватність моделі об'єкту. Однак, якщо характеристика має коливальний характер, то по ній можна оцінювати ступінь загасання коливань і їх період.

Останнім часом починають застосовуватись автоматичні системи каскаднозв'язного регулювання, в яких для поліпшення якості регулювання наводяться додаткові зв'язки між каскадами (контурами). Однак, разом з перевагами, каскадні системи мають і низку недоліків. Одним з них є складність настройки такої системи і відсутність методик по розрахунку параметрів для головного та допоміжного ПІ - регуляторів. Також можна відзначити, що при зміні значень параметрів об'єкта вибрані настройки не задовольняють якості перехідного процесу. Виходячи з вищевикладеного, пропонується використовувати нечітку систему регулювання з одним фаззи-контролером і введенням в нього інформації по двох каналах: з виходу об'єкта; з проміжної точки об'єкта. Таке управління є найбільш досконалим. Система з нечітким мікропроцесором реалізує оптимальне (програмованого) управління по нечіткій моделі і раціонально використовує всі можливості системи. Дані системи з високою точністю підтримують регульовані параметри на заданому рівні.

При моделюванні визначені множини помилки  $e(t)$ , швидкості її зміни  $e'(t)$  і керуючого впливу  $u(t)$ , вищевказані множини можуть бути описані за допомогою лінгвістичного мови, де лінгвістичні змінні (ЛЗ) наступні: (NB - негативно велике, NS - негативно середнє, NM - негативно мале, Z - нульове, PS - позитивно середнє, PM - позитивно мале, PB - позитивно велике). База правил записана в табл. 1. Схема системи управління в середовищі Matlab показана на рис. 1.

Таблиця 1.База правил контролера

Похибка $e(t)$	Похідна від відхилення $e'(t)$						
	NB	NS	NM	Z	PM	PS	PB
	$u(t)$ – управління						
NB	NB	NB	NB	OS	Z	PM	PS
NS	NS	NS	NS	NM	PM	PM	PS
NM	NS	NM	NM	Z	Z	PM	PS
Z	NS	NM	NM	Z	PM	PM	PS
PM	NM	NM	Z	Z	PM	PM	PS
PS	NM	NM	Z	PM	PS	PS	PS
PB	NS	NM	Z	PS	PS	PB	PB

Для забезпечення управління використовується центральний процесор Siemens S7-400H [3], використання якого зменшує час простою обладнання шляхом віддаленої діагностики та відключення непрацюючих вузлів. Модулі вводу виводу – ET200M та ET200iSP. ET200M з'єднується з панелями управління двигунами, соленоїдними клапанами та внутрішньою вантажною системою. ET200iSP застосовуються в вантажних танках та в вузлах повторного зжиження (рис. 2.).

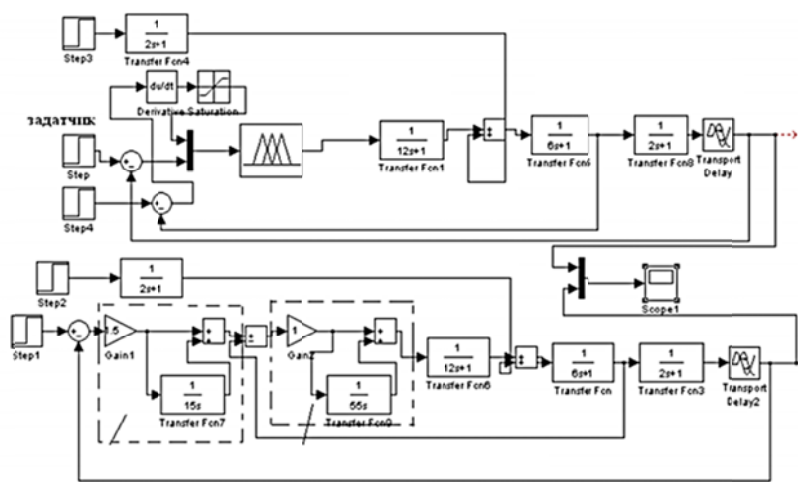


Рисунок 1. Модель системи управління в середовищі Matlab

Для зв'язку з людиною використовуються РС – консолі, які розміщені на містку та в приміщенні для вантажних операцій. РС – консолі через 8-портові некеровані комунікатори з головним PLC Siemens S7-400, який обробляє інформацію від інших PLC Siemens S7-400, з'єднаних мережею Profibus IS, через яку система отримує відповідні показники температури, тиску вантажу, стану компресорів тощо. З'єднання організовано через інтерфейси RS 485/422.



Рисунок 2. Модулі вводу виводу в вузлах повторного зжиження

**Висновки.** Для побудови імітаційної моделі управління адаптивною вантажною системою вивантаження LPG – продукції з танкеру використано прикладний пакет Matlab. Модель враховує вид живлення, оптимізацію вивантаження за часом або енергоефективністю, не зменшуючи показники безпеки операції вивантаження. В моделі враховується температура та тиск сировини. Фізична реалізація можлива з використанням ПЛК Siemens S7-400H та його периферії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Петухов В.А. Безопасность и эксплуатация газозовов. Учебно-справочное пособие / В.А. Петухов. – СПб: Элмор, 1999. – 128 с.
2. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. – Лондон.: ИМО. «Эшфорд Пресс», 2011. – 450 с.
3. SIMATIC. Система автоматизации S7-400 Н Отказоустойчивые системы [Електронний ресурс] / SIMATIC. – 2003. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-400/S7-400H\\_r.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-400/S7-400H_r.pdf).



## МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕКИДАННЯ АВТОМОБІЛЯ

Поваляєв С.І., Сараєв О.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

Метою дослідження є розробка й аналіз математичної моделі механізму перекидання дорожнього ТЗ, а також підвищення точності оцінки параметрів руху ТЗ у процесі розвитку ДТП.

Залежно від дорожньої ситуації можна виділити основні причини перекидання транспортних засобів:

- на повороті або при виконанні маневру під дією відцентрової сили;
- після зіткнення з іншим транспортним засобом;
- при наїзді на перешкоду, коли центр мас транспортного засобу виходить за точку опори;
- внаслідок бічного удару об перешкоду, наприклад, бордюр або колія колесом;
- при виїзді на ділянку дороги з бічним ухилом;
- при наявності відразу декількох з перерахованих вище факторів.

В роботі розглянутий випадок перекидання транспортного засобу внаслідок бічного наїзду на перешкоду, наприклад, бордюр або колію (рис. 1).

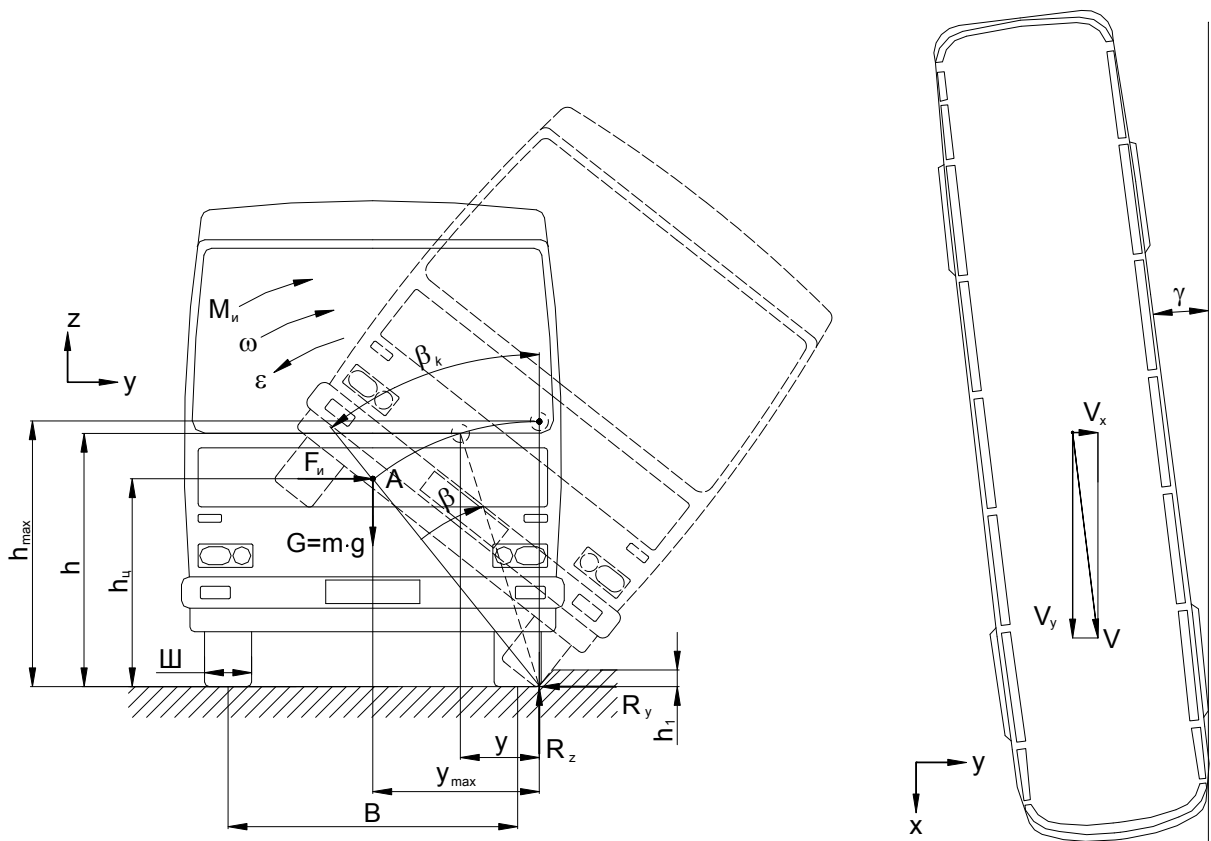


Рисунок 1. Схема зовнішніх сил і моментів, що діють на ТЗ при перекиданні після наїзду на нерухому перешкоду

На рис. 1:  $\gamma$  - кут наїзду на нерухому бічну перешкоду;  $F_{и}$  – бічна сила інерції, що виникає при наїзді колеса на нерухому бічну перешкоду;  $M_{и}$  – момент сил інерції при перекиданні ТЗ;  $G$  – сила тяжіння ТЗ;  $m$  – маса ТЗ, кг;  $R_y$ ,  $R_z$  – відповідно поперечна й вертикальна реакції в плямі контакту колеса з опорною поверхнею (точці перекидання);  $\omega$  та  $\varepsilon$  - кутова швидкість і прискорення (уповільнення) центра мас ТЗ при перекиданні;

$h$  - висота центра мас ТЗ при перекиданні, що змінюється від значення  $h_{ц}$  до  $h_{\max}$ ;  $h_1$  – висота перешкоди;  $B$  – колія ТЗ;  $III$  – ширина профілю шини колеса;  $\beta$ - кут повороту ТЗ при перекиданні, що змінюється від 0 до значення  $\beta_k$ , яке можна визначити з формулою:

$$\beta_k = 90^\circ - \arctg\left(\frac{2 \cdot h_{ц}}{B + III}\right). \quad (1)$$

У процесі перекидання на ТЗ діють момент сил інерції, що виникає в результаті вповільнення ТЗ і момент  $m \cdot g \cdot y$ , що створюється силою тяжіння навколо точки перекидання. Причому плече сили тяжіння змінюється від значення  $y_{\max}$  до 0 при досягненні центром мас ТЗ крайнього верхнього положення.

Мінімальну швидкість ТЗ, при якій відбудеться його перекидання можна знайти на підставі закону збереження енергії. Відповідно до закону збереження енергії повна енергія ТЗ до перекидання дорівнює повної енергії ТЗ у момент перекидання.

$$\frac{m \cdot (V \cos \gamma)^2}{2} + \frac{m \cdot (V \sin \gamma)^2}{2} + m \cdot g \cdot h_{ц} = \frac{m \cdot (V \cos \gamma)^2}{2} + m \cdot g \cdot h_{\max} + E_{\text{деф.1}} + E_{\text{деф.2}}, \quad (2)$$

де  $V$  – лінійна швидкість руху ТЗ перед перекиданням, м/с;

$E_{\text{деф.1}}$  - енергія, поглинена пружною деформацією кузова (рама) ТЗ, Дж;

$E_{\text{деф.2}}$  - енергія, поглинена пружною деформацією шин ТЗ, Дж.

Максимальна висота підйому центра мас ТЗ

$$h_{\max} = \sqrt{\left(\frac{B + III}{2}\right)^2 + (h_{ц})^2}. \quad (3)$$

У першому наближенні енергією, що витрачається на пружну деформацію елементів ТЗ, можна знехтувати. Тоді, із вираження (2) визначається швидкість ТЗ (критична швидкість) при якій може відбутися перекидання при ударі колеса об нерухому бічну перешкоду

$$V_{кр} = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot (h_{\max} - h_{ц})}}{\sin \gamma} \quad (4)$$

Відповідно до вираження (4) критична швидкість, при якій настає перекидання ТЗ після удару об бічну нерухливу перешкоду, буде тим нижче, чим менше колія й ширина колеса ТЗ, і більше кут між поступальним рухом ТЗ і бічною нерухомою перешкодою.

Реальна швидкість руху ТЗ перед перекиданням може значно перевищувати ту критичну швидкість (4), необхідну для перекидання.

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДЛЯ ПУСКУ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ

Погорлецький Д.С.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

В роботі розглянуті системи теплової підготовки, які можливо використати на транспортних двигунах, що працюють на зрідженому газовому паливі, для забезпечення їх працездатності та пуску в умовах низьких температур навколишнього середовища. Розроблена структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі, з вказаними особливостями етапів її вирішення в умовах експлуатації.

**Вступ.** Відомо, що особливо складним і небезпечним, з погляду на надійність двигуна транспортного засобу (ТЗ), є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища [1]. Також суттєво впливають на забезпечення «холодного» пуску специфічні особливості зрідженого газового палива та конструкції газової паливної апаратури для його подачі у двигун, що є причиною ускладнень при запуску транспортного двигуна, який працює на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища. Примусова передпускова тепла підготовка транспортного двигуна не тільки полегшує його пуск, але і прискорює післяпускове прогрівання, знижуючи знос деталей, а також сприяє зниженню витрати палива на прогрів у післяпусковий період. Найбільш простим, і ефективним способом передпускової теплової підготовки транспортного двигуна є підігрівання охолоджуючої рідини за допомогою спеціальних пристроїв [2]. Тому можливо вважати, що розробка систем теплової підготовки і адаптація їх до умов експлуатації ТЗ, працюючих на зрідженому газовому паливі, можливо вважати актуальною задачею.

**Задачі.** Метою дослідження є урахування особливостей використання систем теплової підготовки двигунів ТЗ у складі фазоперехідних теплових акумуляторів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників двигунів ТЗ працюючих на зрідженому газовому паливі, для забезпечення передпускового і післяпускового прогріву в умовах експлуатації.

**Основні результати.** Використання зрідженого нафтового газу в якості моторного палива, у зв'язку з його невисокою вартістю і екологічністю, є економічно вигідним у порівнянні з використанням бензину. Недоліком застосування зрідженого газового палива на транспорті є утруднений запуск двигуна ТЗ в умовах експлуатації при низьких температурах навколишнього середовища. Процес пуску транспортного двигуна, працюючого на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища ускладнений тим, що редуктор-випарник газової системи живлення потрібно попередньо підігріти для достатнього випаровування газового палива до температури 40 - 55 °С. При невиконанні цієї умови не забезпечується в момент пуску оптимальний склад паливної суміші при низьких температурах, зменшується швидкість поширення фронту полум'я. Для обґрунтування поставленої задачі і способу її вирішення в Херсонській державній морській академії (ХДМА) на кафедрі експлуатації суднових енергетичних установок було проведено експериментальне дослідження. За мету ставилась фіксація процесів прогрівання транспортного двигуна у змінних умовах експлуатації за варіантами: прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х., прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. з підключенням навантаження (електричні споживачі), прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. з підключенням теплообмінника прогріву салону ТЗ (пічки), прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. і в русі, прогрів ТЗ в русі. В процесі дослідження фіксувались параметри технічного стану двигуна ТЗ та його положення, а безпосередньо температура

охолоджуючої рідини системи охолодження, частота обертання, температура повітря на впуску, температура каталізатора тощо, загалом 32 параметри. Вимірювання параметрів технічного стану проводилось на ТЗ для забезпечення передпускового і післяпускового прогрівання в умовах експлуатації після заміни системи живлення з розподіленим впорскуванням бензину на газове паливо. В якості дослідного ТЗ було обрано KIA Magentis 2.0 5МКПП з двигуном G4GC, обладнаного газобалонним обладнанням 4-покоління (газовий редуктор Tomasetto AT-09 Alaska, форсунки Hana, блок керування STAG, температура запуску газової апаратури 40 °С). Моніторинг параметрів технічного стану проводилась за допомогою розробленого вимірювального комплексу [3]. Фрагмент звіту про результати проведених вимірювань теплової підготовки ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива, у вигляді карти руху ТЗ показаний на рис. 1.

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що фактичний час прогріву транспортного двигуна до температури 85 °С при температурі навколишнього середовища 8 °С (прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х.) склав 22,50 хв. Експериментально отримана температура включення газової апаратури на ТЗ в умовах експлуатації 55 °С. Аналогічні результати були отримані і при всіх інших варіантах прогрівання ТЗ в умовах експлуатації, за умовами експериментального дослідження [4]. Це дозволяє зробити попередній висновок, що бензинові двигуни транспортних засобів, які обладнані газобалонним обладнанням 4-го покоління не можуть забезпечити достатнього прогріву усієї системи охолодження двигуна ТЗ для своєчасного переходу на газове паливо (включення ГБО). Це залежить від багатьох факторів, що потребує подальших досліджень. Для забезпечення одночасного з пуском забезпечення переходу транспортного двигуна на зріджене газове паливо (ГБО 4-го покоління) при низьких температурах навколишнього середовища, вважаємо доцільним встановити в систему охолодження транспортного двигуна технічний засіб (тепловий акумулятор фазового переходу) для забезпечення одночасної передпускової і післяпускової теплової підготовки системи охолодження двигуна і газового редуктора-випарника.

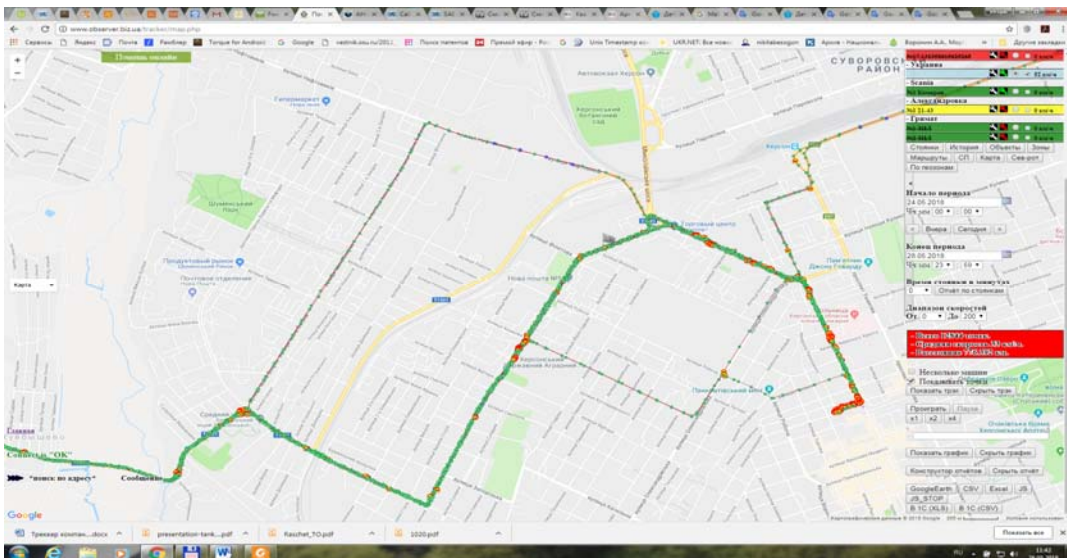


Рисунок 1. Фрагмент звіту про результати проведених вимірювань теплової підготовки ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива, у вигляді карти руху ТЗ

Теплові акумулятори (ТА) це пристрої, які дозволяють при роботі транспортного двигуна запасати тепло охолоджуючої рідини або відпрацьованих газів, а потім віддавати це тепло двигуну перед наступним запуском при низьких температурах навколишнього середовища [5]. Тепловий акумулятор із теплоакумулюючим матеріалом фазового переходу було розроблено і виготовлено на кафедрі рухомого складу залізниць ДонІЗТ і проведені його дослідження у складі моторної установки з дизелем K461M1 в лабораторії

рухомого складу ДонІЗТ [6]. Також були розроблені системи передпускового прогріву, до складу яких входять теплові акумулятори фазового переходу, які заряджаються від відпрацьованих газів двигуна ТЗ. Використання енергії відпрацьованих газів є одним із пріоритетних напрямків розвитку двигунобудування. Воно стає можливим при використанні утилізаційних теплообмінників у випускному трубопроводі.

В результаті реалізації завдання, поставленого в статті, пропонується сформуванати систему теплової підготовки для ТЗ, в якій за рахунок використання фазоперехідного теплового акумулятора в системі охолодження транспортного двигуна працюючого на зрідженому газовому паливі підтримувати температуру системи охолодження при зупиненому транспортному двигуні, в межах обумовлених заводською інструкцією температур газового редуктора, для пуску на зрідженому газовому паливі, не нижче +40...55°C при низьких температурах навколишнього середовища, а при зменшенні температури теплоносія в теплому акумуляторі - підтримання її за рахунок теплоти відпрацьованих газів транспортного двигуна шляхом здійснення його роботи при періодичному чередуванні зупинки та роботи (циклічному режимі). З урахуванням попередніх досліджень і проведеного аналізу засобів теплової підготовки була представлена структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску двигунів ТЗ, працюючих на зрідженому газовому паливі (рис. 2).

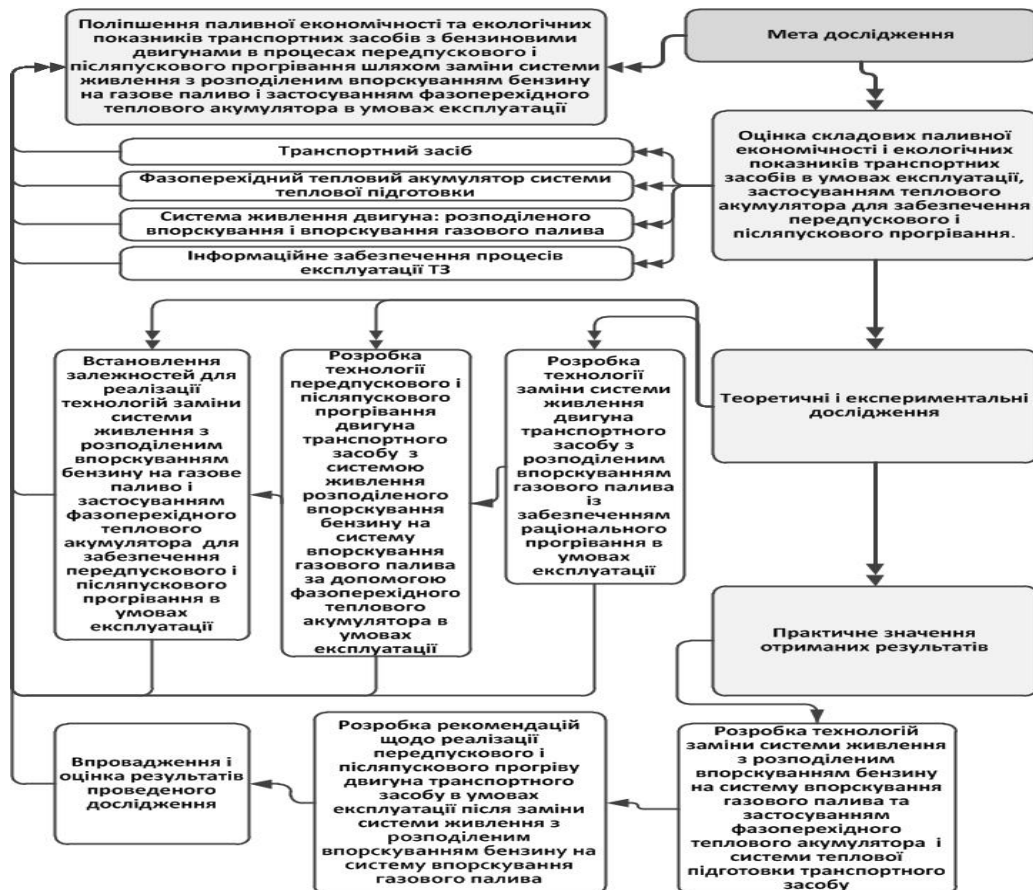


Рисунок 2. Структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі

**Висновки.** На основі розглянутих способів передпускового прогріву двигунів ТЗ працюючих на зрідженому газовому паливі з використанням фазоперехідного теплового акумулятора можливо зробити висновок, що розробка та використання подібних систем прогріву транспортних двигунів є перспективною для використання на транспорті.

Представлена структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску двигунів ТЗ, працюючих на зрідженому газовому паливі. Результати роботи можуть бути використанні сервісними центрами по установці та обслуговуванню систем газобалонного обладнання і додаткового оснащення системи охолодження транспортних двигунів працюючих на газовому паливі засобами теплової підготовки на основі теплового акумулятора фазового переходу, для одночасного з пуском забезпечення переходу транспортного двигуна на зріджене газове паливо при низьких температурах навколишнього середовища.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування: монографія / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.Ф. Гутаревич, В.Д. Александров і інш. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2015.- 314с.
2. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях / В.С. Найман. – АСТ.: Астрель, 2007. – 213с.
3. Гутаревич Ю.Ф. Обґрунтування структури вимірювального комплексу для дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу з системою прогріву й тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву / Ю.Ф. Гутаревич, Грицук І.В., Адров Д.С., Комов А.П., Тріфонов Д.М. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 10 (1053). – с.55-62.
4. Матюхин, Л.М. Теплотехнические устройства автомобилей: учеб. пособие/ Л.М. Матюхин, – М.: МАДИ, 2009. – 89 с.
5. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія / В.Д. Александров, Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, Ю.В. Прилепський, В.А. Постніков, А.М. Гуцин, Д.С. Адров, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська – Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (Донецьке відділення), 2014.- 230 с.
6. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д.С. Адров, І.В. Грицук, Ю.В. Прилепський, В.І. Дорошко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту - 2011.-Випуск № 27 (172). - С. 117 - 126.

# ДВИЖЕНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПНЕВМОТРАНСПОРТНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ РЕЖИМАХ С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ АЭРОСМЕСЕЙ

<sup>1</sup>Рыбалко Р.И., <sup>2</sup>Гущин О.В.

<sup>1</sup>Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Украина)

<sup>2</sup>Донбасская государственная машиностроительная академия (Украина)

В работе рассматривается устойчивое радиальное движение аэросмеси в условиях плоской деформации при повороте трубопровода в горизонтальной плоскости (рис. 1).  
Скорость радиального движения частиц при  $r = r_0$ :

$$v_r(r_0) = v(r_0) = v. \quad (1)$$

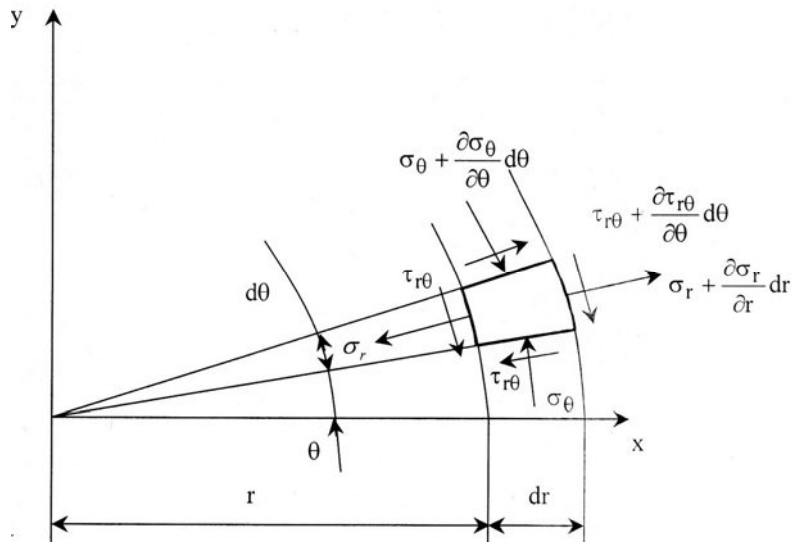


Рисунок 1. Схема воздействия сил на выделенный элемент

Для этих условий остается справедливым условие граничного равновесия:

$$(X_x - Y_y)^2 + 4X_y^2 = \sin^2 \varphi \left( X_x + Y_y + \frac{2\mu H}{\sin \varphi} \right)^2, \quad (2)$$

где  $\mu$  – вязкость среды;

$$H = \sqrt{\left( \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial v_x}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2}. \quad (3)$$

Для определения трех неизвестных функций:

$$R_r(r) = \sigma_1(r); \quad \theta_\theta(r) = \sigma_2(r); \quad v_r(r) = v(r), \quad (4)$$

Используется система трех уравнений.

Уравнение движения:

$$\frac{\partial R_r}{\partial r} + \frac{R_r - \theta_\theta}{r} + \rho_0 v \frac{\partial v}{\partial r} = 0. \quad (5)$$

Уравнение сплошности:

$$\frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} = 0. \quad (6)$$

Общее условие равновесия:

$$R_2 - \theta_\theta = \sin \varphi (R_r + \theta_\theta) + 2\mu H. \quad (7)$$

$$X_x - p = (p \sin \varphi + \mu H) \cos 2\beta;$$

Учитывая, что:

$$Y_y - p = (p \sin \varphi + \mu H) \cos 2\beta; \quad (8)$$

$$X_y - p = (p \sin \varphi + \mu H) \cos 2\beta.$$

Получено:

$$\begin{aligned} R_r &= (1 + \sin \varphi) p + \mu H; \\ \theta_\theta &= (1 - \sin \varphi) p - \mu H. \end{aligned} \quad (9)$$

После преобразования:

$$\left. \begin{aligned} R_r &= (1 + \sin \varphi) p - 2\mu v_0 \frac{r_0}{r^2}; \\ \theta_\theta &= (1 - \sin \varphi) p - 2\mu v_0 \frac{r_0}{r^2}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Давление может быть определено:

$$p = \frac{c}{rf(\varphi)} - \frac{\rho_0 v_0^2}{r} \left( \frac{r_0}{r} \right)^2, \quad (11)$$

$$f(\varphi) = \frac{2 \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (12)$$

При граничных условиях:

$$R_r(r_0) = p_0, \quad (13)$$

при  $\mu = 0$ :

$$p = \frac{p_0}{1 + \sin \varphi} \left( \frac{r_0}{r} \right)^{f(\varphi)} + \frac{\rho_0 v_0^2}{r} \left[ \left( \frac{r_0}{r} \right)^{f(\varphi)} - \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 \right]. \quad (14)$$

При  $p_0 < g \frac{2 - f(\varphi)}{f(\varphi)} R_r$  достигает максимальных значений при  $r$ , лежащих в пределах  $r_0 < < \infty$ . При  $p_0 > g \frac{2 - f(\varphi)}{f(\varphi)} R_r$  достигает наибольшего значения при  $r = r_0$ .

На основные положения механики сыпучих тел, как сплошной среды, предложена математическая модель движения порошковых материалов на поворотах пневмотранспортной установки с порционным режимом движения аэросмесей. Полученные уравнения позволяют описать процессы, протекающие в трубопроводе, и определить потери давления на перемещение порошковых материалов при их высокой концентрации с разными физико-механическими свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуцин, В.М. Исследование пневмотранспортной установки с дополнительными соплами-побудителями / В.М. Гуцин, Р.И. Рыбалко, О.В. Гуцин, Е.С. Виноградов, Н.Н. Ковальчук // 3б. наук.пр. Донецького ин-та заліз. тр-та УДАЗТ. Вип. 21. Донецьк: 2010. – С. 206-213.
2. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред / Г.М. Островский. – СПб.: Наука, 2000. – 359 с.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТИЧНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ НА ДІЛЯНКАХ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА ХАРКОВА

Рябушенко О.В., Наглюк І.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

**Вступ.** Значення автомобільного транспорту для всіх сфер людської діяльності і розвитку суспільства в цілому висуває багатопланові вимоги до забезпечення ефективного функціонування дорожнього руху (ДР), що є складною динамічною системою взаємодії чотирьох його складових: водій – автомобіль – дорога – середовище (ВАДС).

Інтегральним критерієм ефективності організації дорожнього руху виступає швидкість сполучення транспортних засобів між кінцевими пунктами, що обумовлює вимоги до забезпечення достатньо високих середніх швидкостей руху транспортних засобів. Разом з тим, забезпечення безпеки дорожнього руху вимагає обмеження та суворий контроль швидкісного режиму руху по окремих ділянках вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міст [1]. Головним засобом подолання вказаного протиріччя є впровадження ефективної системи управління швидкістю руху автомобілів.

**Постановка задачі.** Відомо, що на вибір водієм швидкості в вільних умовах руху істотно впливають тип і стан дороги, кривизна у плані, підйоми і ухили, число смуг, тип покриття, відстань видимості та ін. У умовах міста швидкість руху зазвичай обумовлюється станом транспортного потоку та наявністю технічних засобів регулювання дорожнього руху.

Важливим психологічним показником є здатність водія правильно оцінювати швидкість руху. Дослідження [2] показали, що в загальному транспортному потоці не менше 15% водіїв ведуть автомобілі зі швидкістю, що перевищує швидкість транспортного потоку, а до 40% - допускають помилки у бік заниження швидкості свого автомобіля. Навіть якщо перевищення швидкості не є основною причиною аварії, від швидкості в момент зіткнення істотно залежить тяжкість наслідків ДТП.

Відповідно до п. 12.1 Правил дорожнього руху України, водій повинен «під час вибору в установлених межах безпечної швидкості руху враховувати дорожню обстановку і стан транспортного засобу, щоб мати змогу постійно контролювати його рух та безпечно керувати ним» [3]. Крім того, Правилами дорожнього руху України у населених пунктах незалежно від їх розміру для всіх категорій доріг встановлено єдине обмеження максимальної швидкості руху 50 км/год. Такий підхід не дозволяє забезпечити оптимальні режими руху транспортного потоку на різних ділянках ВДМ великих та найкрупніших міст та негативно впливає на показники ефективності та безпеки дорожнього руху.

З іншого боку, в умовах фактичної відсутності в містах України системи контролю швидкісного режиму руху, більшість водіїв, особливо в умовах незначного рівня завантаження дороги, допускають перевищення встановленого обмеження швидкості та фактично обмежують свою швидкість руху лише наявними на даній ділянці ВДМ дорожніми умовами. Це, в свою чергу, надає можливість досліджувати вплив фактичних характеристик вулиць та доріг на вибір водіями швидкості руху через їх суб'єктивного сприйняття дорожньої обстановки.

Відомо, що швидкість одиночного автомобіля виступає як складна функція великої сукупності факторів і параметрів системи ВАДС. Тому практичну цінність представляє зіставлення розподілів швидкостей руху, які отримують в результаті статистичної обробки достатньої кількості даних. Зазвичай розподілення швидкостей руху транспортних засобів наводять у вигляді гістограми.

**Методика дослідження.** Дані про фактичні швидкості руху транспортних засобів отримувалися методом безпосередньої фіксації їх миттєвої швидкості при проїзді певного перетину дороги (метод стаціонарного поста). При цьому використовувався радар-детектор Bushnell Velocity Speed Gun 101911, який дозволяє вимірювати швидкість

транспортного засобу в діапазоні від 16 до 322 км/год з точністю до 2 км/год.

Для отримання коректних результатів, відповідно до поставленим завданням, необхідно по можливості дотримуватися ряду умов за часом і місцем збору даних. Оскільки по мірі збільшення рівня завантаження дороги швидкість руху окремого автомобіля визначається станом транспортного потоку, необхідно по можливості вимірювати швидкість одиночного автомобіля у вільних умовах руху, або вибирати лідера «пачки» автомобілів [4]. Тому при проведенні досліджень доцільно обирати час доби або день тижня, коли на обраній ділянці дороги спостерігається мінімальна інтенсивність транспортного потоку.

Місце для проведення вимірювань має бути достатньо віддаленим від світлофорних об'єктів, перехресть, вузьких місць, технічних засобів примусового зниження швидкості.

**Результати досліджень.** Для отримання розподілу фактичних швидкостей руху в межах ВДМ міста Харкова обиралися ділянки ВДМ (перегони) з різними характеристиками дорожніх умов, на яких розташовувалися пости спостережувані. На рис. 1 показані місця розташування двох таких постів по вулицях Дерев'янка (пост №1) та Балакірева (пост №2) неподалік від їх перехрещення.



Рисунок 1. Місце розташування спостережувані з радаром

На рис. 2 показано зовнішній вигляд обраних ділянок вулиць, де можна побачити характерні дорожні умови.

Вул. Дерев'янка має по дві смуги руху в кожному напрямку та тротуар з одного боку. Пішохідний руху на момент проведення обстеження був відсутній. Забудова у безпосередньої близькості від дороги відсутня. Довжина перегону вулиці (між перехрестями) становить 1,5 км, крім того в місці розташування поста має місце увігнута крива поздовжнього профілю.

Вул. Балакірева має по одній смузі руху в кожному напрямку та тротуар з одного боку. На момент проведення обстеження інтенсивність пішохідного потоку була малою. Відстань до житлової забудови становить близько 20 м. Довжина перегону вулиці (між перехрестями) становить 650 м.

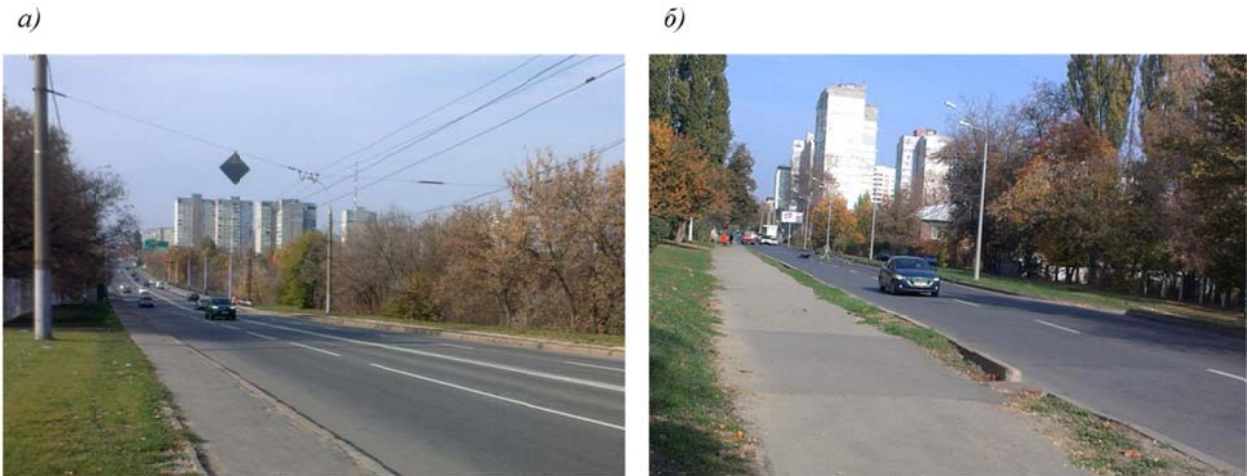


Рисунок 2. Зовнішній вигляд ділянок вулиць в місці проведення спостережень по вул. Дерев'янка (а) та по вул. Балакірева (б)

Вимірювалися швидкості руху виключно легкових автомобілів, оскільки їх кількість у складі транспортного потоку становить понад 90 %. Обсяг вибірки становив 40 автомобілів для кожної ділянки. В процес проведення досліджень було зафіксовано, що низька водіїв починали зменшувати швидкість руху, коли в поле їх зору потрапляв чоловік радаром, тому було прийняте рішення фіксувати швидкість автомобілів при їх віддаленні від спостерігача.

Отримані в результаті обробки експериментальних даних гістограма розподілу швидкостей руху наведено на рис. 3.

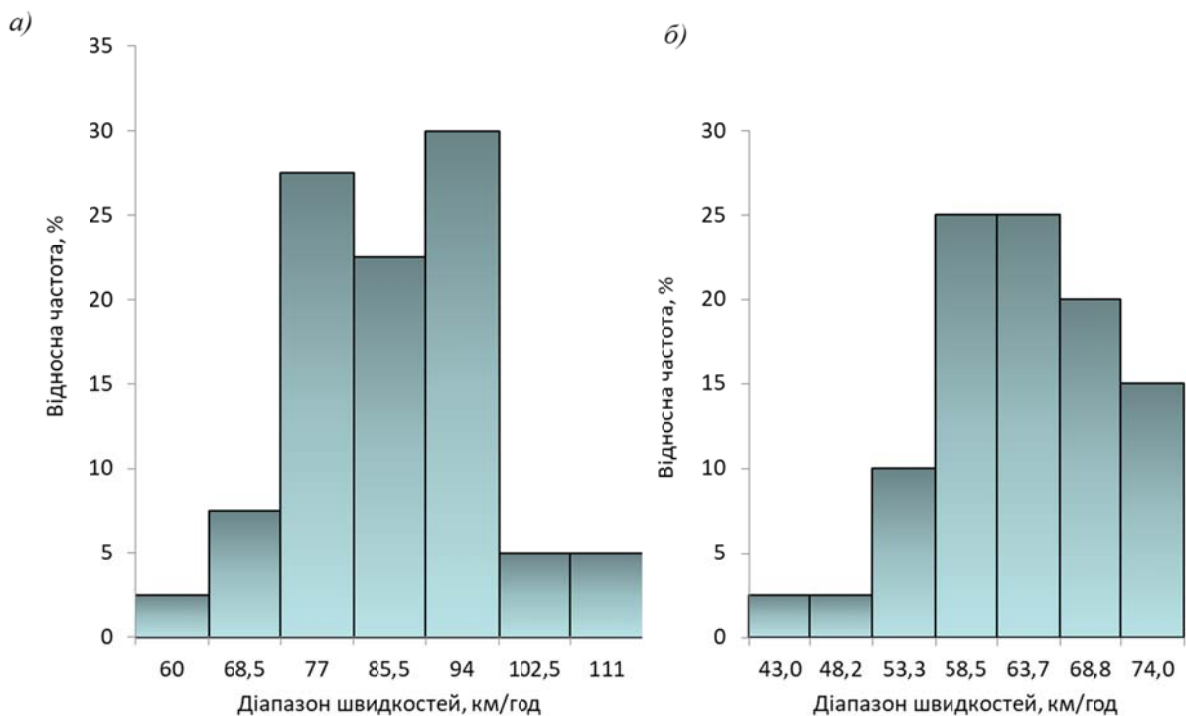


Рисунок 3. Гістограми розподілу швидкостей руху по вул. Дерев'янка (а) та по вул. Балакірева (б)

Результати статистичної обробки масивів значень фактичних швидкостей руху для двох постів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати статистичної обробки експериментальних даних швидкостей руху автомобілів

Розташування поста	вул. Дерев'янка	вул. Балакірева
Середнє значення	82,1	60,9
Мода	89,0	60,0
Стандартне відхилення	11,3	7,4
Дисперсія вибірки	127,2	54,4
Кількість	40	40
Ймовірність довіри (95,0%)	3,6	2,4

**Висновки.** Отримані розподіли швидкостей для двох обраних ділянок ВДМ міста Харкова дещо відрізняються за своїми статистичними характеристиками, зокрема середнє значення швидкості руху автомобілів по вул. Дерев'янка виявилось більшим на 21,2 км/год, тобто на 26 %.

Можна припустити, що це обумовлено тим, що водії в результаті їх суб'єктивного сприйняття реальних дорожніх умов визначили їх як більш безпечні, порівняно з умовами руху по вул. Балакірева. Також можна припустити, що на вибір водієм швидкості руху автомобіля для даної пари ділянок вулиць вплинули такі фактори, як кількість смуг руху, наявність руху пішоходів, довжина перегону, видимість дороги та ін.

Таким чином, можна стверджувати, що на окремих ділянках ВДМ міста спостерігається «саморегулювання» швидкісного режиму в залежності від наявних дорожніх умов. Кількісний вплив окремих параметрів дороги на значення розподілу фактичних швидкостей руху представляє значний інтерес для подальшої розробки комплексної системи управління швидкістю руху транспортних засобів на ВДМ міст України, але це питання потребують подальшого дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Управление скоростью: Руководство по безопасности дорожного движения для руководителей и специалистов / Женева, Глобальное партнерство дорожной безопасности, 2008 . – 164 с.
2. Kloeden CN, McLean AJ, Moore VM, Ponte G Travelling speed and the risk of crash involvement [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://casr.adelaide.edu.au>
3. Про Правила дорожнього руху - Законодавство України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-п>
4. Басков В. Н. Оценка условий дорожного движения с учетом показателей транспортного потока / Басков В. Н., Белобрыкина Н. Г. / Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 35. – С. 171–175. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://e-koncept.ru/2015/95590.htm>.

# ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ЗАДЛЯ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Саравас В. Є., Пахальчук Є. В.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (Україна)

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) все більше поширюється серед важливіших сфер діяльності людини: енергетика, промисловість, логістика, морська інфраструктура та інші. Можливість оснащувати БПЛА різним обладнанням дозволяє перетворити його від простого дрона з системою відеоспостереження, до складного технічного пристрою, який оснащений, в залежності від поставленої задачі, різними датчиками, що дозволяють проводити аналіз обладнання високої складності, наприклад, вітрогенераторних установок.

В останні роки на території України спостерігається неухильне зростання кількості вітрових електростанцій електроенергетичних компаній. Як наслідок, з ростом обсягів обладнання збільшується і площа їх обслуговування. Для забезпечення безперервної роботи генераторів вітрових електростанцій необхідно проводити регулярний моніторинг їх поточного стану. На сьогоднішній день алгоритм перевірки здійснюється наступними способами:

- моніторинг стану обладнання за допомогою датчиків;
- зовнішній огляд обладнання з землі;
- підйом на висоту, для огляду рухомих частин.

При використанні третього із зазначених способів відбувається тимчасова зупинка обладнання, що призводить до суттєвих фінансових витратах через збитки від недоотпуску електроенергії. Також, для проведення огляду обладнання на висоті, необхідно задіяти людські ресурси, що може спричинити за собою виробничі травми при роботі на висоті. Ці фактори стали основою для розробки ряду технічних і програмних рішень для зменшення фінансових витрат і зниження ризику отримання травми людиною.

Виходячи з цього були визначені наступні завдання: вибір літального апарату, що дозволяє проводити огляд обладнання на висоті; підбір модулів, необхідних для проведення діагностики; розробка програмного забезпечення для БПЛА. Вирішення цих завдань дасть можливість сформувати повноцінну систему віддаленого моніторингу вітрогенераторних станцій.

Для вирішення поставлених завдань, насамперед, необхідно підібрати безпілотний літальний апарат. На ринку існує велика кількість техніки подібного виду. Її цінова категорія варіюється від декількох сотень гривень до сотень тисяч, а іноді і мільйонів. Залежно від ціни і характеристик можна виділити основну лінійку дронів (таблиця 1).

Таблиця 1. Характеристики квадрокоптерів

Основні показники	Mavic Pro	DJI Phantom 4 Pro	Spark
Час польоту	27 хв	30 хв	16 хв
Дальність польоту	7000 м	7000 м	500 м
максимальна швидкість	65 км/год	72 км/год	50 км/год
Кут огляду	78,8 град	84 град	81,2 град
Ціна	27 500 грн	49 500 грн	16 500

Виходячи з проведеного аналізу ринку треба зазначити очевидну залежність часу польоту квадрокоптера від його ціни. Оптимальним варіантом для поставленого завдання є квадрокоптер Mavic Pro, важливим достоїнством якого є можливість доопрацювання його програмного забезпечення для потреб користувача.

Для проведення візуального огляду генераторів квадрокоптер необхідно оснастити камерою спостереження. Це дозволить отримувати фото та відеоматеріали, для здійснення перевірки стану обладнання. Також можливо виконувати моніторинг в реальному часі за умови, що дані передаються відразу на робочу станцію управління квадрокоптером. Також існує можливість накопичувати отримані дані на карті пам'яті дрона. Залежно від вибору засобу передачі або зберігання інформації, необхідно встановити модуль передачі або зберігання даних.

За рахунок використання безпілотних літальних апаратів робочі можуть оперативно проводити поверхневий огляд устаткування. Інформація, яку вони отримують, може зберігатися в структурованому вигляді з прив'язкою до геолокації, що дозволяє формувати звіти і будувати графіки про стан обладнання за різний період часу. Також це дозволяє планувати майбутні перевірки, на основі раніше отриманих даних.

Описаний підхід дозволяє знизити витрати на проведення діагностичних робіт на висоті, зменшити ризик отримання виробничих травм, при виконанні робіт даного типу, і зменшити час простою обладнання при проведенні огляду.

## **МЕТОД ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ГЕРМЕТИЧНОСТИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Сараева И.Ю.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

Особенностью диагностирования герметичности камеры сгорания поршневого бензинового двигателя автомобиля является наличие неопределенных связей между диагностическими параметрами и характерными неисправностями. Такая неопределенность при диагностировании обусловлена конструкцией четырехтактного двигателя, а именно, тем, что герметичность камеры сгорания обеспечивается не только цилиндрово-поршневой группой (ЦПГ), но и клапанным механизмом. Кроме того, автомобильные двигатели являются многоцилиндровыми, что также увеличивает степень неопределенности между диагностическими и структурными параметрами.

В результате выполненного анализа установлено, что известные методики диагностирования не позволяют объективно и достоверно оценить техническое состояние ЦПГ бензинового двигателя. В первом приближении не представляется возможным отличить неисправность цилиндра-поршневой группы от неисправности клапанов, изношенную ЦПГ от новой. Если же вместо константных (определенных) неисправностей попытаться рассмотреть все возможные функциональные неисправности ЦПГ, то задача становится еще более запутанной и невыполнимой.

Рабочая гипотеза исследования заключается в том, что методом обработки диагностической информации о техническом состоянии ЦПГ и клапанного механизма должен быть синтез конечного множества диагностических параметров, инструментом и методом реализации - математическая логика, способом реализации - автоматизированная система измерения и постановки диагноза [1].

С учетом того, что при диагностировании ЦПГ двигателя элементы конечного множества воздействующих параметров можно стабилизировать, а конечное множество структурных параметров задано, при разработке диагностической модели в первую очередь ставилась задача по определению конечного множества диагностических параметров. Для решения этой задачи, во-первых, используя методы математической статистики и теории вероятностей, определены связи между структурными и диагностическими параметрами. Во-вторых, используя методы формализации и математической логики, разработана математическая модель процесса автоматизированной постановки технического диагноза. В-третьих, разработаны алгоритм и программа решения диагностической задачи.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сараева И. Метод диагностики герметичности камеры сгорания бензинового двигателя автомобиля. Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy – Pzeszow, 2017. – S. 85-93.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ (МАШИННОМ) ОТДЕЛЕНИИ И МАСТЕРСКИХ НА СУДНЕ

Селиванов С.Е., Тарасенко А.Н.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**Вступ.** Современное развитие мореплавания неразрывно связано с решением проблемы сохранения и укрепления здоровья моряков, улучшения условий их труда, быта, отдыха. Важнейшим условием сохранения здоровья моряков является обеспечение оптимальной среды обитания на судне.

В Конвенции о труде в морском судоходстве (англ. Maritime Labour Convention – MLC 2006/2013) указано, что на постоянной основе должны проводиться исследования по улучшению защиты моряков от неблагоприятных последствий различных вредных и опасных воздействий и обязательно должны приниматься меры для уменьшения их на борту судов. То же подчеркнуто в Кодексе безопасной практики работы для моряков торговых судов (англ. Code of Safe Working Practices for Merchant Seamen – COSWP 2010).

Устранение, снижение и улучшение защиты моряков от неблагоприятных последствий различных опасностей влияющих на здоровье является **актуальной научно-технической задачей.**

**Цель работы:** показать, что повышение мощности и общей энергонасыщенности в современных машинных отделениях ужесточило требования к таким эргономическим показателям обеспечения оптимальных условий труда экипажей на судах, как шумность (табл. 1), вибрация (табл. 2), вентиляция машинного отделения (табл. 3), освещенность машинного отделения (табл. 4), для которых установлены допустимые параметры в соответствии с санитарными правилами и нормами.

Отметим, что "...– энергетическое отделение – помещение или группа помещений, в которых установлены главная энергетическая установка, котлы, двигатели и механизмы, вырабатывающие энергию и обеспечивающие работу различных судовых систем и устройств; [1].

Одними из главных врагов для человека в энергетическом (машинном) отделении и мастерских на судне являются шум и вибрация.

Вредное действие шума на человека медиками досконально изучено. К вредному действию шума привыкнуть нельзя.

Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь, на его центральную нервную и сердечнососудистую системы. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему. При постоянном воздействии шума работники жалуются на бессонницу, нарушение зрения, вкусовых ощущений, расстройство органов пищеварения и т. д.

Серьезное влияние на работоспособность экипажей судов оказывает вибрация [1]. В английском языке «vibration» – эквивалент понятия механических колебаний [5]. Вибрация механической системы всегда порождает шум.

С физической точки зрения между шумом и вибрацией принципиальной разницы нет. Разница имеет место лишь в восприятии: вибрация воспринимается вестибулярным аппаратом и органами осязания, а шум – органом слуха человека.

В табл.1 приведены предельно допустимые уровни шума в судовых помещениях.



Таблица 1. Предельно допустимые уровни шума в судовых помещениях.

Помещение	Индекс предельного спектра шума	Среднегеометрические частоты в октавных полосах, Гц								Уровень шума не более, ДБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Машинное отделение: с постоянной вахтой периодически обслуживаемое с безвахтенным обслуживанием с ЦПУ ЭУ	80	102	95	89	84	80	76	73	70	85
	90	110	104	98	94	90	85	83	80	95
	95	115	109	103	99	95	91	88	85	100
	65	88	81	75	69	65	62	60	58	70
Производственные помещения, расположенные: в МО вне МО	80	102	95	89	84	80	76	73	70	85
	65	88	81	75	69	65	62	60	58	70

Как видно из табл. 1, в помещениях машинных отделений допускаются как предельные следующие нормы шума: для машинных отделений с постоянной вахтой – 80 дБА, для машинных отделения без постоянной вахты – 95 дБА, на посту управления – 65 дБА, в мастерских – 80 дБА, в остальных рабочих помещениях – 65 дБА.

В табл.2. приведены нормы вибрации для судовых помещений, дБ.

Таблица 2. Нормы вибрации для судовых помещений, дБ.

Нормативный документ	Частота вибрации, Гц				
	2	4	8	16	32
Санитарные нормы Министерства здравоохранения для:					
Машинное отделение при безвахтенном обслуживании (пребывание на вахте не более 1 ч в сутки)	115	107	104	102	101
Машинное отделение с постоянной вахтой, мастерских, камбуза	106	98	95	93	92
рулевой и штурманской рубок	101	93	90	88	87
жилых и общественных помещений при рейсах продолжительностью до 24 ч	96	88	85	83	82
то же, при рейсах более 1 сут	91	83	80	78	77
Нормы Регистра	103	107	105	103	102

В табл.3 приведены нормируемые параметры воздушной среды в помещениях машинных отделений.

Таблица 3. Нормируемые параметры воздушной среды в помещениях машинных отделений

Время года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Летний период в северных и умеренных районах:			
помещения машинного отделения с тепловыделением на рабочих постах	До 25	40 – 70	1,0 – 1,5
помещения машинного отделения без тепловыделением на рабочих постах	20 – 23	40 – 60	0,2 – 0,3
изолированные посты управления	20 – 23	40 – 60	0,2 – 0,5
Летний период в южных районах и тропиках:			
помещения машинного отделения с тепловыделениями	25 – 28	40 – 60	1,0 – 1,5
помещения машинного отделения без тепловыделений	23 – 25	40 – 60	До 0,5
изолированные посты управления	22 – 28	40 – 60	0,5 – 1,0
Зимний период:			
рабочие помещения машинного отделения	< 25 22	– 40 – 60	1,5 0,5 – 1,0
изолированные посты управления			

В табл.4. приведены нормы освещенности помещений и поверхностей машинного отделения (МО).

Таблица 4. Нормы освещенности помещений и поверхностей МО.

Помещения и поверхности	Освещенность люминисцентными лампами, лк		Освещенность лампами накаливания, лк	
	общая и местная	общая	общая и местная	общая
Помещения распределительных щитов, маневровых и контрольных постов и пультов, автоматизированных устройств, гироскопов:				
на установленном уровне над настилом;	–	75	–	75
поверхности распределительных устройств и пультов управления;	200	100	150	75
места управления главными механизмами;	150	100	150	75
проходы между котлами, механизмами	–	75	–	30
трапы, площадки и т.п.;	100	75	75	75
фронт котлов;	–	75	–	50
Аккумуляторная.	75	–	50	–
Туннели валопроводов.	75	–	50	–
Поверхности подшипников валов, соединительных муфт и др.				

Примечание. Нормы общей освещенности относятся к помещениям, расположенным на

уровне 0,8 м над палубой (настилом), а нормы общей и местной освещенности – к соответствующим рабочим поверхностям МО.

Несоблюдение нормы освещенности помещений и поверхностей машинного отделения, например, в случае недостаточного освещения влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, влияет на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания нечетких или сомнительных сигналов.

Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует на нервную оптико-вегетативную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Важно отметить, что не только уровень освещенности, а все аспекты качества освещения играют роль в предотвращении несчастных случаев. Можно упомянуть, что неравномерное освещение может создавать проблемы адаптации, снижая видимость. Работая при освещении плохого качества или низких уровнях, люди могут ощущать дискомфорт, усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям.

**Выводы.** Одними из главных врагов для человека в энергетическом (машинном) отделении и мастерских на судне являются шум и вибрация.

Параметры воздушной среды в помещениях машинных отделений в летний период (в южных районах) воздуха устанавливается не выше 28°C, в зимний – не ниже 22°C. Относительная влажность должна поддерживаться на уровне 40 – 60%, а скорость движения воздуха до 1,5 м/с независимо от сезона года.

Неправильное освещение представляет значительную угрозу для здоровья работников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс по уровням шума на судах: Резолюция ИМО MSC.337(91). – [Действует с 01.07.2014]. – М.: ЦНИИМФ, 2013. – 108 с.
2. Романченко М. К. Нормирование вибрации на судах / Романченко М. К., Романченко А. М., Барановский А. М. ФГОУ ВПО НГавт, – Новосибирск: 2008. – 4 с.
3. Санитарные правила для морских судов № 122-6/452-113. 1984.
4. Руководящий документ. РД5Р.6207-93. Освещение судов. Дата введения 1994-01-01.

## ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Терещенкова О.В., Кондрашов К.В.  
Херсонская государственная морская академия (Украина)

К судовому оборудованию в наши дни предъявляются весьма высокие требования, суда обязаны обладать внушительным списком качеств для того, чтобы успешно выполнять поставленные задачи и эффективно служить по своему прямому назначению. Большинство этих качеств напрямую зависит от оснащения судна соответствующим оборудованием и судовой автоматикой. В современном мире сложность любой техники несет в себе не только удобство и простоту управления крупными объектами (в том числе, судами), но и риски человеческого фактора, отказа отдельных узлов и возникновения непредвиденных ситуаций.

Большое значение для повышения эффективности технической эксплуатации судового электрооборудования уделяется техническому обслуживанию и ремонту по фактическому состоянию. Эффективность восстановления технического состояния тем выше, чем меньше время восстановления при удовлетворении заданным показателям его качества. Опыт эксплуатации сложных технических систем показывает, что при отсутствии специальных средств диагностирования основную долю времени восстановления составляет время, затрачиваемое на поиск дефектов. Эта доля часто составляет 70 – 80% от общего времени восстановления.

Поиск причин неисправностей, особенно в электроприводах со сложными схемами управления, представляет иногда очень трудоемкую задачу. Ряд неисправностей может быть обнаружен при осмотре по шуму, гудению, вибрации, температуре, искрению, изменению цвета окрашенных поверхностей, уменьшению сопротивления изоляции, отклонениям силы тока и напряжения от номинальных значений и другим признакам. Значительная часть неисправностей носит скрытый характер и внешним осмотром не всегда обнаруживается.

Сложность современных судовых информационных систем возрастает с каждым годом. Каждая единица электрооборудования может иметь несколько десятков контролируемых параметров, а общее поведение системы может описываться системой дифференциальных уравнений высокой степени. В то же время, требования к точности и скорости производимых вычислений могут быть весьма высоки, что зачастую не позволяет использовать отработанные технологии математического анализа для обработки данных с объекта в реальном времени.

Предлагаемая система будет строиться на базе знаний, включающей в себя опыт экспертов по ремонту и поиску дефектов. База знаний формируется на основе экспертной оценки (в качестве экспертов выступают специалисты электромеханики с опытом работы не менее 5 лет, а также суперинтенданты фирм-крюингов с таким же опытом).

Структурная схема экспертной системы представлена на рис. 1.

Каждый эксперт имеет свою статистику данных по конкретному типу судна. Эти данные структурируются на основе схем, представленных на рис. 2 и 3.

Процесс создания предложенной экспертной системы на первом этапе заключается в специфическом взаимодействии экспертов и специалиста по знаниям с целью "извлечения" из экспертов и встраивания в систему процедур, стратегий эмпирических правил, которые они использовали при поиске дефектов и их устранении.

Входные значения логико-лингвистических переменных будут соответствовать известным знаниям экспертов в области реальной эксплуатации, исследований и оценки надежности, особенностей конструкции, свойств материалов, ответственных за износ и старение аппаратов на морских судах.

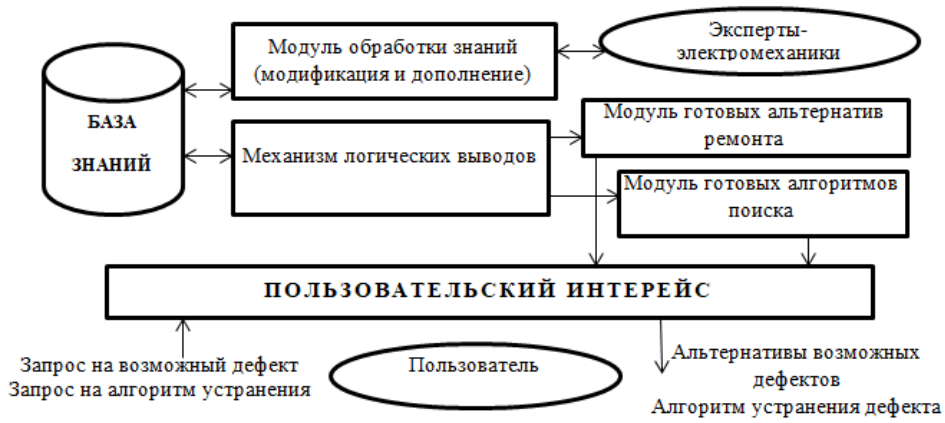


Рисунок 1. Структурная схема экспертной системы

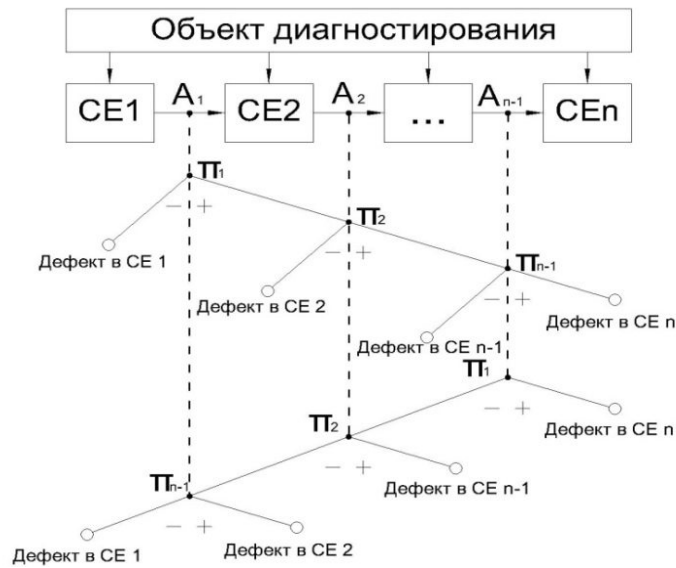


Рисунок 2. Универсальная схема поиска дефекта CE последовательным способом:  
 $CE_1, CE_2, CE_n$  – структурные единицы объекта диагностирования;  
 $A_1, A_2, A_{n-1}$  – контрольные точки (выходные сигналы с каждой CE);  
 $П_1, П_2, П_{n-1}$  – проверки;  
 $n$  – порядковый номер CE в схеме.

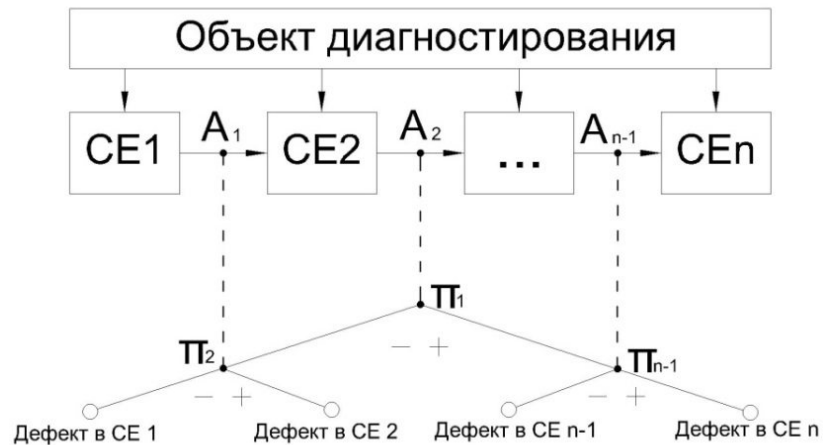


Рисунок 3. Универсальная схема поиска дефекта CE параллельным способом

Высокое качество работы экспертов, участвующих в опросе, оказывает решающее влияние на получение точных и надежных результатов. С этой целью вводятся коэффициенты весомости, которые могут быть определены путем расчета по определенной методике или получены путем обработки мнений экспертов, заполняющих специальные анкеты опроса. Нами была выбрана методика опроса экспертов, основанная на попарном сравнении оцениваемых альтернатив. По каждому объекту структуризации были привлечены эксперты, являющиеся специалистами в области эксплуатации именно этого объекта. Таким образом, накапливалась база знаний по всем системам, с которыми столкнулись эксперты.

Поиск неисправностей сравнительно простого по конструкции электрооборудования не вызывает особых трудностей, а для выявления неисправностей сложного электрооборудования и сложных схем управления требуется составлять алгоритмы поиска неисправностей, позволяющие определить наиболее рациональную последовательность выполнения операций. При этом должны обеспечиваться минимальные затраты времени и средств на проведение поиска, что и является приоритетным при построении экспертной системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковтун Л. И. Мониторинг, упреждающее моделирование и ситуационный анализ аварийных процессов и мер противодействия для систем автоматизированного управления сложными комплексами машиностроения морской техники: программная разработка для ЭВМ / Л. И. Ковтун, Н. А. Шарков, Н. Л. Ковтун. – № 2010613335, от 20 мая 2010 г.
2. Коптелова И.А., Силкин И.М. Экспертная система диагностирования силовых трансформаторов систем электроснабжения // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2011. Т. 3. № 8 (81). С. 104-107.
3. Moreno C. J., Espejo E. A performance evaluation of three inference engines as expert systems for failure mode identification in shafts //Engineering Failure Analysis. 2015. Т. 53. С. 24-35.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ СУДНОВИХ КОТЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Шарко О.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Під час експлуатації суднових енергетичних установок можливі появи дефектів, які призводять до відмов. Основними причинами відмов парових котлів є пошкодження трубних пакетів теплообмінників пароперегрівачів і випарних труб, економайзерів і підігрівачів повітря. Найбільш поширеними є розриви, тріщини і свищі в трубах, які можуть відбуватися через втрату міцності металу в слідстві його втоми. Розвиток відмов визначаються структурою і механічними властивостями матеріалу.

В практиці технологій діагностування судового обладнання використовують: візуальний огляд та вимірювання; неруйнівні методи дефектоскопії; механічні і технологічні випробування; хімічні і металографічні дослідження; гідравлічні випробування.

Серед способів технічної діагностики особливе місце відводиться акустичним методам і зокрема методам акустичної емісії. Важливою перевагою акустичної діагностики є можливість виявлення дефектів на дуже ранній стадії. Акустико-емісійний метод технічної діагностики в даний час є найбільш перспективним методом моніторингу стану матеріалів деталей і вузлів устаткування в процесі його експлуатації.

Досягнення технічної адекватності результатів діагностування можливо при оптимальному використанні комбінацій різних методів випробувань. Завдяки тому, що акустична емісія різко відрізняється за своїми можливостями від традиційних методів неруйнівного контролю на практиці намагаються поєднувати її з іншими методами.

Метою роботи є удосконалення технології діагностування поверхонь нагріву суднових котлів з використанням методів дефектоскопії і акустичної емісії.

Згідно теорії міцності кінетика руйнування описується рівнянням [1]:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{u_0 - \gamma\sigma}{kT}\right),$$

де  $\tau$  – час, що залишився до руйнування,

$\tau_0 = 10^{-13}$  с – період коливань атомів в решітці,

$u_0$  – енергія активації розривів міжатомних зв'язків,

$\gamma$  – структурно-чутливий коефіцієнт,

$\sigma$  – постійне розтягуючі напруження,

$k$  – постійна Больцмана,

$T$  – температура.

Процес діагностування дефектів що розвиваються описується формулою [2]:

$$\dot{N}(L) = \frac{\frac{u_0 \delta(T) \sigma_l}{kT \sigma_m} \sqrt{\frac{L}{l}} + 1}{\tau_0 l},$$

де  $\dot{N}(L)$  – інтенсивність акустичних сигналів

$L$  – довжина тріщини,

$l$  – розмір елементарної комірки структури матеріалів,

$k$  – постійна Больцмана,

$u_0$  – енергія активації розривів атомних зв'язків,

$\sigma_l$  – постійне зовнішнє навантаження,

$\sigma_m$  – теоретична межа міцності,

$\delta$  – відношення теоретичних і експериментальних значень міцнісних характеристик матеріалу.

Основні принципи, акустико-емісійного контролю, полягають у вимірюванні параметрів сигналів які перевищують пороговий рівень. При цьому в компараторний ланцюг в цифровому вигляді генерується вихідний імпульс. Оцінка активності емісії полягає в підрахунку числа осциляцій імпульсів, виданими компаратором. Цей параметр залежить від амплітуди джерел сигналів, а також від акустичних та резонансних властивостей середовища і датчика.

Системи акустико-емісійного контролю є багатоканальними складними пристроями, що представляють собою сукупність апаратних засобів, обчислювальних пристроїв і спеціалізованого програмного забезпечення.

Для діагностування поверхонь нагріву судових котлів з використанням метода акустичної-емісії розроблена експериментальна установка, яка дозволяє виконувати вимірювання без демонтажу конструкції для забезпечення контролюприродності, та має можливість здійснювати вивчення ідентифікацію структурних особливостей накопичування пошкоджень по акустичним вимірюванням.

Ідентифікація структурних особливостей накопичення пошкоджень і руйнування матеріалів за даними акустико-емісійних вимірювань здійснювалася на основі аналізу ступеня деформації зразків, отриманої з випробувань на розривній машині УМ5.

Схема експерименту заснована на фіксації деформації як функції параметрів силового впливу на матеріал з синхронною реєстрацією моментів виникнення сигналів акустичної емісії.

В експериментальній установці акустичний сигнал на вході датчика акустичної емісії перетворюється в електричний сигнал, який надходить на попередній підсилювач, фільтрується і подається на вхід основного підсилювача. Далі сигнал аналого-цифровим перетворювачем відображається в цифрову форму і надходить у блок формування параметрів акустичної емісії. Запуск блоку відбувається у випадку перевищення амплітудою сигналу заданого порогового рівня.

У результаті експерименту встановлено стрибкоподібне виникнення сигналів акустичної емісії при зростанні навантаження. Виявлена кореляція виникнення сигналів акустичної емісії з моментами зміни ступеня деформації матеріалу в функції від прикладеної напруги.

Експеримент показав, що фіксація провісників виникнення змін структури за допомогою акустико-емісійних вимірювань відбувається значно раніше, ніж це виявляється механічними вимірами. Зазначене виникнення сигналів акустичної емісії при навантаженні може служити інформаційним параметром при діагностуванні розвиваються дефектів.

Удосконалення технології діагностування поверхонь нагріву судових котлів з використанням методу акустичної емісії полягає в тому, що на початку неруйнівними методами дефектоскопії визначаються місця зі зниженою механічною міцністю, після чого в даній зоні поміщається датчики акустичної емісії і фіксується процес розвитку дефекту. Використання такої технології скорочує час проведення діагностичних робіт і економить кошти, які витрачаються на їх проведення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Li C., Sanchez R.V., Zurita G., Cerrada M., Cabrera D., Vasquez R.E. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals Mechanical Systems and Signal Processing. 2016. №76/77. P.283-293.
2. Soljic E.K.H., Wang X., Ding X., Sun J. Simulating acoustic emission: The noise of collapsing domains Physical Review. 2014. V.90. P.64-103



## **Секція 2**

### **ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ, НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ**

## SOFTWARE FOR DETERMINING THE COMPOSITION OF DIESEL-GENERATORS FOR OPERATION OF SHIP POWER PLANT IN THE HIGHEST EFFICIENCY MODE

Ushkarenko O.O., Dorohan O.I.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Ukraine)

**Introduction.** One of the important indicators of ship electric power plants is the cost, which is the ratio of produced energy to the fuel consumption per hour of operation. Reducing of fuel consumption will improve the energy efficiency of a ship electric power plant (SEPP). The main reasons for the increase in fuel consumption are low temperature and inefficient loading of diesel-generator units (DGU) [1]. In [2, 3] the ways to reduce the fuel consumption of existing ship electric power plants by introducing a buffer storage and transfer of diesel-generators power at variable speed depending on the electrical load. However, these methods require a radical reorganization of the structure and operation modes of the power plant. In [4] adopted the following algorithms for calculating loads, designed as a package of applications: modeling power level, duration of work and pauses for each user, imposition of components on the load curve of the consumer, formation of the schedule based on the total load of all simulated loads of consumers. The above algorithm can not account for correlations between consumers modes.

**Formulation of the problem.** This raises the issue of software development, the task of which is to determine, on the basis of a statistical analysis of the operation diagrams of the SEPP consumers, such a combination of the nominal capacities of diesel generators at which they operate in the highest efficiency modes.

For correct sizing the power of DGU in the first place it is necessary on the basis of information accumulated over a certain period of the SEPP operation to calculate the peak load power:

$$P_n = \max_{j \in [1; m \cdot n]} \sum_{i=1}^g P_j^i, \quad (1)$$

where  $P_n$  – the peak load power,  $P_j^i$  – power supplied by the DGU,  $g$  – the number of DGU,  $m$  – the number of full days, during which the accumulation of information was performed,  $n$  – the number of records per day.

The maximum load of the total power of all DGU is calculated from the peak power with a small (up to 20%) margin:

$$P_{\max} = k_{\text{fill}} \cdot P_n, \quad (2)$$

where  $P_{\max}$  – the maximum load power,  $P_n$  – peak load of SEPP,  $k_{\text{fill}}$  – fill factor.

Since the optimal will be the combination of power generating units at which the average deviation from the nominal load is minimal and duration of DGU work is maximal, the next steps are following:

1. Formation of the average daily power generation all the diesel generators:

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^g P_{j,i}^k}{m}, \quad (3)$$

for  $i \in [1, n]$ , where  $g$  – the number of diesel generators,  $m$  – number of full days, during which the accumulation of information,  $\bar{P}_i$  – The average value of the power generation per day  $i$ ,  $P_{j,i}^k$  – Power supplied by the DGU in  $P^k$  at  $j$  time for the  $i$  day.

2. The formation of the many possible combinations of nominal capacity of DGU. The initial data for their calculation are the minimum power diesel generator step of varying capacity and power which must provide all the diesel generators. The number of possible combinations is calculated as:

$$C = \sum_{i=1}^{c_{\max}} C_i, \quad (4)$$

where

$$c_{\max} = \frac{P_{\max} - g \cdot P_{\min}^1}{\Delta P^1} + 1,$$

and

$$c_i = c_{\max} - (i-1).$$

For each  $c_i$  – the amount of combinations of tuples power ratings are calculated as DGU (for instance, three units):

$$\langle P_k^1, P_k^2, P_k^3 \rangle, \quad (5)$$

where

$$\begin{aligned} P_k^1 &= P_{i,j}^1 = P_{\min}^1 + i \cdot \Delta P^1, \\ P_k^2 &= P_{i,j}^2 = P_{\min}^1 + j \cdot \Delta P^1, \\ P_k^3 &= P_{i,j}^3 = P_{\max} - P_k^1 - P_k^2, \end{aligned} \quad (6)$$

for each  $j \in [1; c_i]$ ,  $P_{\max}$  – the maximum load power.

3. The calculation of the power delivered to the total load for each DGU from each tuple. The calculation is performed on the basis of the average daily power generation and the following conditions are met: the first generator rated power equal to the first value tuple is connected to the main switchboard bus bars; each successive generator switched to the parallel operation of the previous load provided by more than 80%; when loading at least 20% of at least one of the generators of the last paralleling DGU is disabled; the load is distributed strictly in proportion to the nominal power of the generator.

4. Calculation of the average deviation of the loaded DGU of the nominal load (0.75):

$$\overline{\Delta k}_k = \frac{1}{g \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n \left| \frac{P_j^i}{P_{nom}^i} - 0.75 \right|, \quad (7)$$

where  $P_j^i$  – power supplied by the DGU in  $P_j^i$  point in time,  $P_{nom}^i$  – rated power of the  $i$ -th generator,  $g$  – the number of diesel generators,  $n$  – the number of records per day, and the average duration of all DGU:

$$\overline{t}_k = \frac{1}{g} \cdot \sum_{i=1}^g \text{count}_{j \in [1; n]} (P_j^i > 0), \quad (8)$$

for each  $k$ -tuple order.

5. Selection of tuples, the average deviation downloaded for which the minimum, and then among the candidates – that (those) for which the average duration of a maximum of DGU:

$$\underset{\Delta k_k}{\text{maxmin}}_{t_k} \langle P_k^1, P_k^2 \dots P_k^i \rangle, \overline{t}_k, \overline{\Delta k}_k, \quad (9)$$

where  $\overline{t}_k$  – the average duration of the  $k$ -th DGU,  $\overline{\Delta k}_k$  – average absorption deviation of the  $k$ -th load of diesel generator from the nominal load. The resulting tuple (tuples) will contain the values of rated capacity, where diesel generators will be used most effectively.

For each type of vessels can be identified characteristic regimes governing diagram of the consumers. Furthermore, in most modes allocated cyclic time sequence and duration of stages – random variables which are statistically distributed in the time. For most types of vessels can be identified consumer groups, the characteristics of the distribution laws at work, pause and power level which depends on the phase of the cycle. For example, for fishing vessels characteristic modes are in port, maneuvering, the transition to fish move from the fishery, fishing and emergency modes. For each mode, a specific type of fishing vessels can be identified stages of the diurnal cycle. The resulting simulation (10 days) of the power plant data were used to test developed software tools for statistical analysis of process power oscillations (Fig. 1a) and to optimize the composition of the generating units (Fig. 1b).

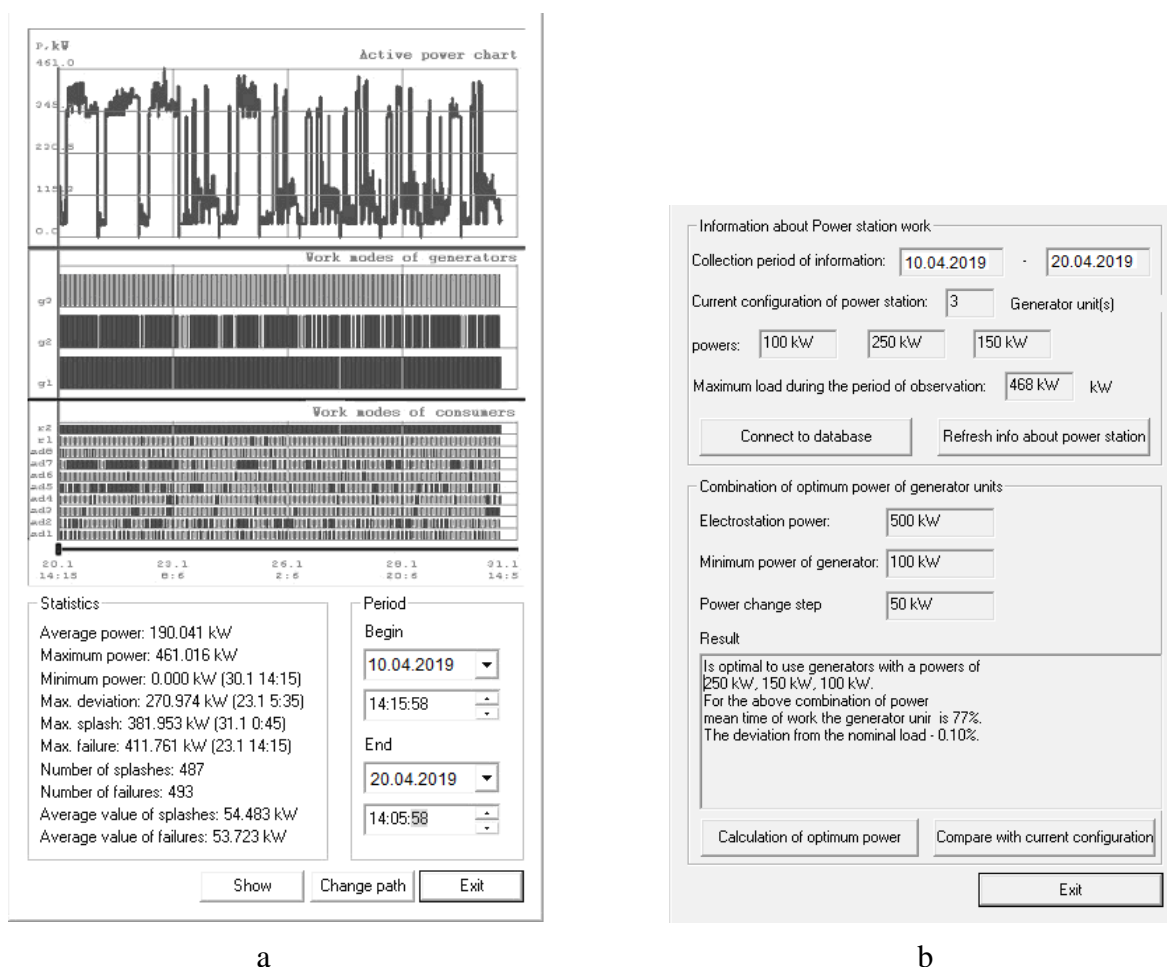


Figure 1. Software dialog windows: a – a statistical analysis of power oscillations; b – dialog window for finding the optimal set of DGU

Optimal load of the diesel-generator is considered to be close to 75% of the rated power. When the engine is less loaded the fuel consumption increases.

Conclusion. In the research, the software for determining the statistical characteristics of the power fluctuations and finding the optimal set of rated power diesel-generator units has been developed. The use of the software for the processing of information accumulated during the work of SEPP allows to determine the need for measures to improve the efficiency of the SEPP at the conduct of its reconfiguration. The technique for selecting optimal power of diesel-generators is based on two criteria: the minimization of fuel consumption and maximization the engines loading time.

## REFERENCES

1. Kanellos F. D. Control system for fuel consumption minimization gas emission limitation of full electric propulsion ship power systems / F. D. Kanellos, J. M. Prousalidis, G. J. Skouras // J. Eng. Marit. Environ. – 2014. – No. 228. – P. 17–28.
2. Chuan Yan. Optimal location and sizing of energy storage modules for a smart electric ship power system / Yan Chuan, Ganesh K. Venayagamoorthy, Keith A. Corzine // 2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence Applications In Smart Grid (CIASG), 2011. – P. 1–8.
3. Barsali S. A control strategy to minimize fuel consumption of series hybrid electric vehicles / S. Barsali, C. Miulli, A. Possenti // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2004. – Vol. 19, No. 1. – P. 187–195.
4. Momoh J. A. Optimal Reconfiguration of the Navy Ship Power System Using Agents / J. A. Momoh, O. S. Diouf // in Proc. of IEEE PES T&D 2005/2006, May 21-24, 2006. – P. 562–567.

# БЕЗІТЕРАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО МОДУЛЯ В РЕЖИМІ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ У MATLAB/SIMULINK

<sup>1, 2</sup>Баганов Є.О., <sup>1</sup>Погребняк І.Ф.

<sup>1</sup>Херсонський національний технічний університет (Україна)

<sup>2</sup>Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Зростання цін на викопне паливо та погіршення екологічного стану планети призвели до стрімкого розвитку систем відновлюваної енергетики, у тому числі, і на морському транспорті [1]. Для використання у суднових електроенергетичних системах перевагу має сонячна енергія, внаслідок відсутності рухливих частин у фотоелектричних модулях (ФЕМ), які можуть вплинути на стабільність судна [2, 3]. Однак використання фотоелектричних систем (ФЕС) має і свої проблеми: невисокий ККД, залежність потужності від погоди, часу доби та курсу судна (при негоризонтальному розташуванні ФЕМ), обмеженість вільного простору на судні та відносно висока вартість компонентів [2]. Тому ФЕС потребують оптимізації складу для зменшення їх вартості та можливості органічної інтеграції у склад СЕЕС [4]. Така оптимізація базується на імітаційному математичному моделюванні роботи ФЕС [1, 4, 5].

**Актуальність досліджень.** Однією з ефективних систем імітаційного моделювання електроенергетичних систем з використанням ФЕМ є MATLAB/Simulink. Елемент «PV Array» містить значну бібліотеку промислових ФЕМ, а також надає можливість у динаміці задавати температуру та інсоляцію ФЕМ. Однак проведення моделювання ФЕС, що застосовує систему пошуку точки максимальної потужності (ТМП), потребує використання у моделі процесів широтно-імпульсної модуляції та ітераційних алгоритмів. Останнє вимагає малих часових періодів опитування та перерахунку стану системи. Малі кроки за часом призводять до того, що довготривале імітаційне моделювання потребує значного машинного часу.

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є розробка методики безітераційного визначення стану ФЕМ у ТМП, яка надасть можливість значно збільшити крок за часом під час моделювання.

**Результати досліджень.** Для визначення параметрів ТМП ФЕМ у залежності від параметрів навколишнього середовища були використані наближені співвідношення, отримані нами у [6] для п'ятипараметричної однодіодної моделі ФЕМ:

$$U_{1n} = V_t A \frac{(c_2 z_0 - 1)(x^2 - 1) - c_2 z_0 x}{(c_2 z_0 - 1)(x + 1) - c_2 x}; \quad (1)$$

$$x = W_0(-c_1[c_2 z_0 - 1]); c_1 = eI_{ph} / I_0; c_2 = 2V_t A / (R_{sh} I_{ph}); z_0 = 0,75 U_{oc} / (n_s V_t A);$$

$$I_n = I_{ph} - I_0 \left( e^{\left( \frac{U_{1n}}{AV_t} \right)} - 1 \right) - \frac{U_{1n}}{R_{sh}}; \quad (2)$$

$$U_n = n_s U_{1n} - I_n R_s, \quad (3)$$

де  $I_{ph}$ ,  $I_0$  – фотострум носіїв заряду, зворотний струм насичення діода;

$R_{sh}$ ,  $R_s$  – шунтуючий та послідовний опори ФЕМ;

$V_t = kT_c/q_e$  – термічний потенціал;

$q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл – заряд електрона;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – стала Больцмана;

$T_c$  – абсолютна температура ФЕМ;

$I_n$ ,  $U_n$  – струм та напруга навантаження у ТМП;

$U_{1n}$ ,  $U_{oc}$  – напруга на p-n переході у ТМП та напруга холостого ходу ФЕМ;

$n_s$  – кількість послідовно з'єднаних сонячних елементів у ФЕМ;

$A$  – параметр ідеальності ФЕМ;

$W_0(x)$  – функція Ламберта.

Залежності параметрів п'ятипараметричної моделі ФЕМ від умов роботи (інсоляція, температура) визначалися за стандартними підходами, наприклад [6, 7], окрім зворотного струму насичення діода, що визначався за [8]:

$$I_0 = I_{sc} / \left( \exp\left(\frac{V_{oc}}{n_s A V_t}\right) - 1 \right), \quad (4)$$

де  $I_{sc}$  – струм короткого замикання ФЕМ.

У якості навантаження ФЕМ було використано кероване джерело ЕРС «Controlled Voltage Source», напруга якого визначалася моделлю (1) – (4). Для моделювання був обраний полікристалічний модуль 1Soltech 1STH-215-P номінальною потужністю 215 Вт. Моделювання змінних зовнішніх умов (навколишньої температури та інтенсивності сонячного випромінювання) проводилося шляхом використання суми постійної та гармонійної складової. Результати моделювання протягом  $3 \cdot 10^4$  с (напруга і потужність ФЕМ у ТМП, інсоляція та температура ФЕМ) наведено на рис. 1 жирною лінією.

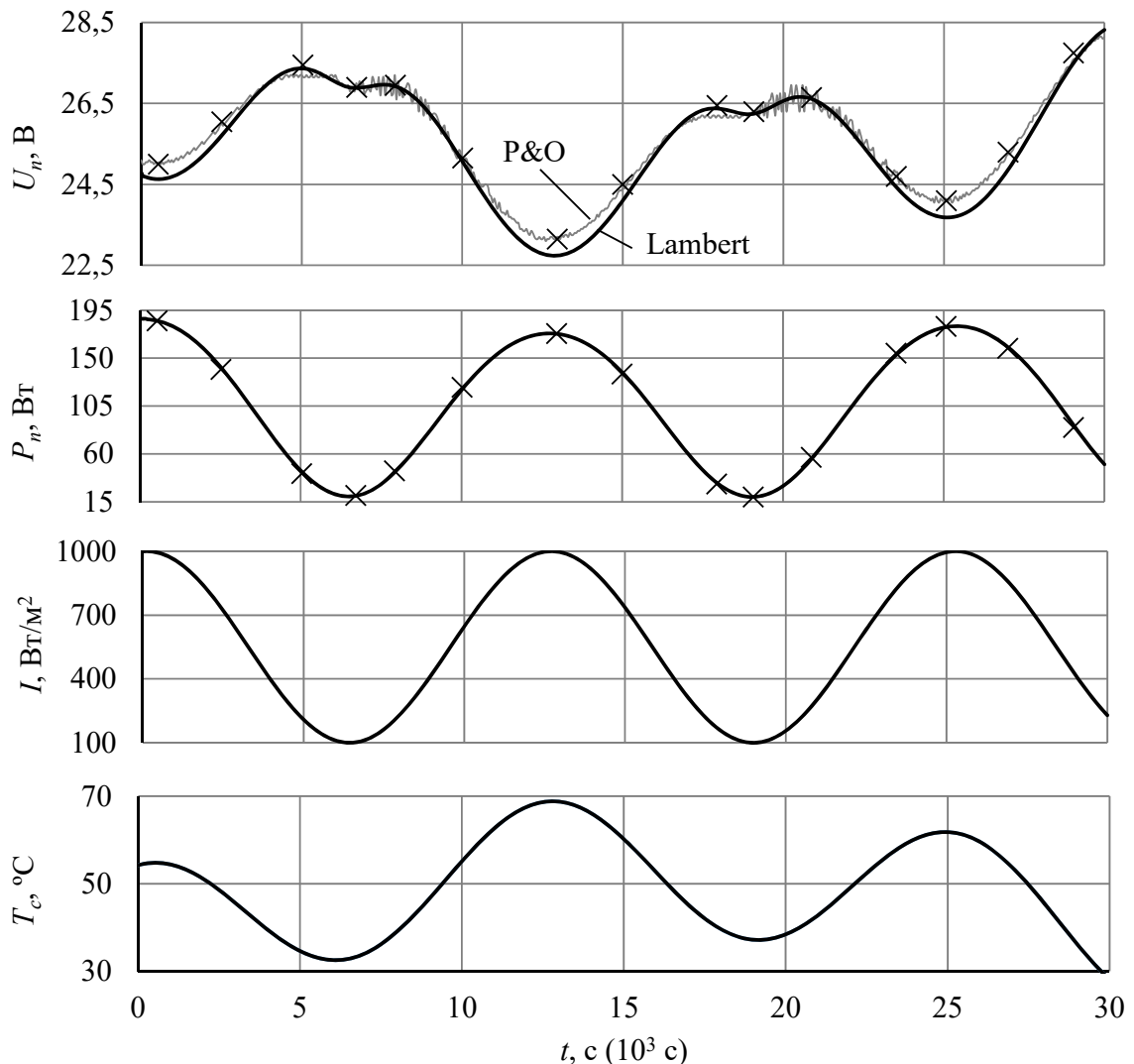


Рисунок 1. Результати моделювання роботи ФЕМ при змінних інсоляції та температурі навколишнього середовища: жирна лінія – запропонований безітераційний метод, тонка лінія – ітераційний метод «Perturb and observe», маркери – контрольні значення.

Для оцінки точності отриманих результатів було проведено аналогічне моделювання з використанням ітераційного пошуку ТМП за методом «Perturb and

observe» [9]. Тривалість моделювання становила 30 с, фазові швидкості гармонійних складових температури зовнішнього середовища та інтенсивності сонячного випромінювання були збільшені, відповідно, у 1000 разів, тому і інсоляція, і коливання температури модуля в обох моделюваннях були відповідними.

Вихідна потужність ФЕМ у ТМП виявилася практично ідентичною у обох моделюваннях. Незначні відхилення спостерігалися при визначенні напруги ФЕМ у ТМП (верхній графік на рис. 1). Лінія з підписом «P&O» відповідає ітераційному пошуку ТМП, жирна лінія з підписом «Lambert» відповідає моделі (1) – (4).

У певних контрольних точках був проведений розрахунок параметрів ТМП за методом «Perturb and observe» з відповідними постійними температурою ФЕМ та рівнем сонячного випромінювання. Ітерації проводилися до виходу електричних параметрів ФЕМ на рівень постійних значень і можуть вважатися контрольними. Вони наведені на графіках напруги і потужності на рис. 1 (маркери «x»).

У контрольних точках максимальна похибка, що дає безітераційна модель (1) – (4), сягає 0,44 В та 2,25 Вт (1,77% та 3,95% ) для напруги та потужності у ТМП відповідно, що цілком прийнятно для проведення імітаційного моделювання. Більші відхилення моделі (1) – (4) від точних значень відповідають більшим температурам ФЕМ. Відповідно такі відхилення можуть бути зменшені уточненням температурних залежностей моделі.

Необхідно також відмітити, що розрахунок за допомогою запропонованої безітераційної моделі на основі функції Ламберта проводився з кроком розрахунку 60 с, у той час, як використання ітераційних підходів потребувало кроку розрахунку  $5 \cdot 10^{-5}$  с.

**Висновки.** Використання запропонованої безітераційної методики визначення стану ФЕМ у ТМП дозволяє з достатньою точністю проводити тривалі моделювання у середовищі MATLAB/Simulink з відносно великими кроками за часом.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Design and Simulation of a Sustainable Photovoltaic Electric Plug-In Boat/ A. Cancela at all. // *European Journal of Sustainable Development*. – 2016. – 5(3). – P. 325 – 334.
2. Salem A. A. Techno-Economic Approach to Solar Energy Systems Onboard Marine Vehicles /A. A. Salem, I. S. Seddiek // *Polish Maritime Research*. – 2016. – 3(91). – P. 64-71.
3. Kurniawan A. Review of Solar-Powered Boat Development/ A. Kurniawan// *IPTEK, The Journal for Technology and Science*. – 2016. – 27(1). – P. 1-8.
4. Nasirudin A. Solar Powered Boat Design Optimization / A. Nasirudin, R-M. Chao, I.K.A.P. Utama // *Procedia Engineering*. – 2017. – 194. – P. 260 – 267.
5. Kobougias I. PV Systems Installed in Marine Vessels: Technologies and Specifications / I. Kobougias, E. Tatakis, J. Prousalidis // *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Power Electronics*. – 2013. – Art. ID 831560. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/831560>.
6. Баганов Є.О. Аналітична залежність параметрів точки максимальної потужності фотоелектричного перетворювача від умов його експлуатації на основі п'ятипараметричної схеми заміщення/ Є.О. Баганов, І.Ф. Погребняк // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції, 29 – 31 травня 2018 р., Херсон, Україна / Херсонська державна морська академія – Херсон, 2018. – С. 266 – 270*
7. De Soto, W. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance/ W. De Soto, S.A. Klein, W.A. Beckman // *Sol. Energy*. –2006. – 80. – P. 78 – 88.
8. Villalva M. G. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays /M. G. Villalva, J. R. Gazoli, E. R. Filho // *IEEE Transactions on Power Electronics*. – 2009. – 5(24). –P. 1198 – 1208
9. Elgendy M. A. Assessment of Perturb and Observe MPPT Algorithm Implementation Techniques for PV Pumping Applications /M. A. Elgendy, B. Zahawi, D. J. Atkinson // *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. – 2012. – 1(3). – P. 21 – 33.

## ПЕРЕХІД НА ФІРМОВИЙ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ БЕЛАЗ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ

Бондарь І.В., Монастирський Ю.А.  
Криворізький національний університет (Україна)

Більшості діючих залізородних гірничозбагачувальних комбінатах України близько 60 років, при цьому річний видобуток руди, у відповідності до технології та ланцюгу апаратів збагачення, більш-менш стабільний протягом всього терміну роботи з незначними коливання відповідно ринку сировини. Гірничо-транспортні цехи, які забезпечують до 70 % перевезень руди та порід автомобільним транспортом проектувалися та будувалися для використання кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 25-30 т які мали низьку надійність з коефіцієнтом технічної готовності на рівні 0,5-0,7. Кількість автосамоскидів в одному гірничо-транспортному цеху сягала 150-200 машин (до 5-7 одиниць на 1 млн.т перевезеної руди при обсягах перевезень від 30 млн.т до 60 млн.т). Відповідно, для технічного обслуговування та ремонту будувалися великі гірничо-транспортні цехи в яких виконувався весь комплекс робіт (крім капітального ремонту) з підтримання рухомого складу у робочому стані, загальна площа одного цеху складала до 8-12 тис.м<sup>2</sup>. Поступово вантажопідйомність кар'єрних автосамоскидів зросла до 130-220 т, зараз основним технологічним транспортним засобом є кар'єрні автосамоскиди БЕЛАЗ-75131 вантажопідйомністю 130-136 т (до 90 % парку). Коефіцієнт технічної готовності сучасних машин зріс до 0,85-0,95 і відповідно чисельність машин скоротилася до 25-40 одиниць [1] при практично незмінних параметрах будівель та споруд гірничо-транспортних цехів і зараз вони використовуються не більше ніж на 10-20%. Неefективним є використання обладнання для ремонту вузлів та агрегатів, практично в кожному з 7 криворізьких гірничо-транспортних цехів дублюються основні ремонтні дільниці, які практично не завантажені роботою, персонал виконує відновлювальні роботи від випадка до випадка, несистемно, що призводить до їх низької якості та негативного відношення до виробника кар'єрних автосамоскидів – холдингу «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ». 5 гірничо-транспортних цехів входять до однієї структури МЕТІНВЕСТ – міжнародної вертикально інтегрованої гірничо-металургійної групи компаній, але і в них не налагоджена система спеціалізації в проведенні ремонту вузлів та агрегатів, яка може забезпечити підвищення ефективності та якості підтримки рухомого складу у працездатному стані.

В Кривому Розі ефективно функціонує Сервісний торгово-логістичний центр «БЕЛАЗ-Україна», який відпрацював технологію фірмового обслуговування кар'єрних автосамоскидів в умовах ПАТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» і частково надає фірмові сервісні послуги іншим гірничо-транспортним цехам.

Виконані авторами теоретичні дослідження та розроблені рекомендації підтвердили, що в сучасних умовах розвитку фірмового технічного сервісу є можливість повністю відмовитися від тих, які існують виробничо-технічних баз гірничо-транспортних цехів і перейти на фірмовий технічний сервіс кар'єрних автосамоскидів БЕЛАЗ на залізородних кар'єрах України.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасний стан технологічного автотранспорту залізородних кар'єрів / Ю.А. Монастирський, А.С. Вивчарик, І.В. Бондарь, Т.А. Климів // Сучасні автомобільні розробки України. – Миколаїв, 2015. – С.82-85.



## ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ СТАЦІОНАРНОГО ГАЗОВОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ АКУМУЛЬОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ

Вербовський В.С.

Інститут Газу Національної Академії Наук України (Україна)

**Вступ.** Енергетичні установки з газовими двигунами стали невід'ємною частиною систем базового, пікового та резервного енергопостачання. Крім цього вони знайшли своє застосування на залізничному, річковому і морському транспорті. Серед основних проблем ефективної експлуатації газових двигунів електростанцій є забезпечення гарантованого пуску холодного двигуна, довготривале зберігання прогрітого двигуна без роботи його в режимі холостого ходу. Існуючі способи забезпечення теплової підготовки двигунів як перед пуском, так і в довготривалому зберіганні, є не досить ефективними, достатньо енерговитратними, такими, що потребують підводу теплової енергії від зовнішніх джерел. Натомість 60-70% енергії палива в газовому двигуні відводиться в навколишнє середовище і не завжди використовується за основними потребами.

**Актуальність досліджень.** Утилізація невикористаної теплової енергії та її накопичення в теплових акумуляторах для подальшого одночасного прогріву (підтримання теплоти) теплоносіїв двигуна - охолоджуючої рідини та моторної оливи перед пуском системно не досліджено. У зв'язку з цим робота, що спрямована на вибір і обґрунтування параметрів теплової підготовки систем газового двигуна за рахунок власної теплової енергії є актуальною і багатоплановою.

**Постановка задачі.** Основною метою роботи є оцінювання ефективності використання системи теплової підготовки стаціонарного газового двигуна на основі теплових акумуляторів фазового переходу для прискорених прогрівів теплоносіїв його систем і тривалого зберігання без роботи в режимі холостого ходу в умовах експлуатації за допомогою удосконаленої методики розрахунку і моделюванні процесів прогріву.

**Результати досліджень.** Для оцінки можливостей використання розробленої системи СТПА з ДГД в умовах експлуатації скористались удосконаленою методикою і стандартними вимогами до енергетичних і транспортних засобів з його можливим використанням. Розглядали наступні варіанти: 1 - застосування ДГД в якості джерела енергії на залізничному транспорті (вагони рефрижератори) з режимом роботи: неперервна робота на номінальному режимі 2-3 доби після цього зупинка двигуна на 1-2 доби (1440 – 2800 хв.); на річковому або морському транспорті в якості двигуна портового або допоміжного судна з режимом роботи: за добу 2 x 3 години робота на номінальному або частковому режимі, зупинка двигуна на 6 годин або 12 годин (360 – 720 хв.); в якості стаціонарної електростанції (аварійна) з режимом роботи: робота на добу 2 години і зупинка двигуна 12 годин (720 хв.). З досліджуваних варіантів в першу чергу розглядали всі варіанти, що є найкращими для зберігання МО і ОР на протязі відповідного часу. Розглянуті в дослідженні варіанти показані на рис. 1 – 3. Використання накопичувача охолоджуючої рідини (НОРТА), запропонованого в попередніх наукових роботах, в досліджуваних варіантах використання стаціонарної енергетичної установки з ДГД не можливо з технічних і технологічних міркувань. Тому в подальшому його не розглядаємо.

На рис. 1 показаний варіант зберігання МО за допомогою різних комплектацій СТПА в період зупинки газового двигуна без роботи в режимі х.х. З 6 найкращих варіантів, відібраних в попередній частині дослідження, всі задовільняють умовам роботи ДГД у варіанті судового двигуна в режимі зберігання через 360 хв. Обмеження у 720 хв. – забезпечують 5 варіантів крім варіанту АТ в умовах експлуатації 0 °С і – 20 °С. Для ДГД експлуатація при температурах 0 °С і – 20 °С в умовах судової енергетичної установки (СЕУ) на річковому і морському транспорті не можлива із-за того, що такі температури СЕУ не допускаються. Тому, можливо вважати, що АТ також можливо використовувати в

означеному варіанті. Використання ж СТПА для роботи автономної стаціонарної електростанції з інтервалом зберігання двигуна 720 хв. можливо, якщо температура оточуючого середовища знаходиться в межах тільки  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для зберігання ДГД в межах 1400 хв. (залізничний транспорт) доступні повноцінно тільки 2 варіанти комплектації - АТ + НМОТА ( $T_{ТАМ} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і АТ + КТА + НМОТА ( $T_{ТАМ} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), варіанти комплектації АТ+КТА; АТ+НМОТА і АТ+КТА+НМОТА для виконання вказаної задачі можуть використовуватись тільки в діапазоні температур  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Термін зберігання 2800 хв. для МО, жоден з варіантів забезпечити не зміг.

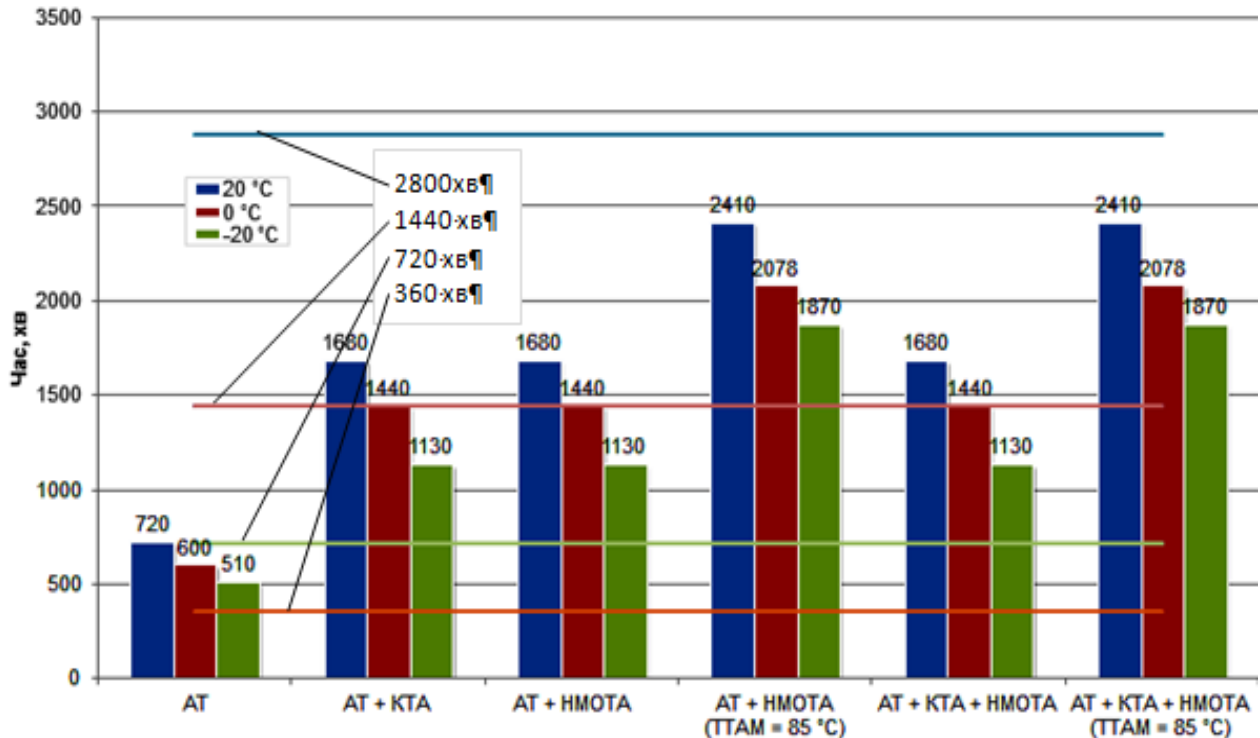


Рисунок 1. Результати дослідження впливу варіантів комплектації СТПА на час підтримання температури МО газового двигуна в межах  $\approx 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

В той же час, інтервали часу зберігання ОР ДГД (рис. 2) 360 і 720 хв. забезпечується всіма варіантами комплектацій СТПА, а 1440 хв. можуть забезпечити тільки варіанти: АТ+КТА, АТ +КТА+НМОТА і АТ +КТА+НМОТА ( $T_{ТАМ} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в інтервалі температур оточуючого середовища  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Орієнтовна вартість досліджуємих варіантів комплектації СТПА ДГД показана на рис. 3.

В цілому, за результатами дослідження в частині застосування СТПА ДГД, можливо зробити висновок, що використання варіанта з АТ (при найнижчій вартості у 25000 грн. (серпень 2019 р.)) у конструкції СТПА є найкращим варіантом для забезпечення зберігання ДГД в межах 360 хв. в якості головного або допоміжного двигуна судна портового або допоміжного класу на річковому або морському транспорті. При цьому забезпечується прогрів з  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  за 9,7 хв. з витратою палива на виконання операції  $0,424\text{ м}^3$ . В інтервалі часу зберігання ДГД 720 хв. можливо з обмеженнями використовувати всі інші варіанти комплектації СТПА. Для інтервалу часу зберігання ДГД 1440 хв. найкращим є варіант АТ + КТА + НМОТА ( $T_{ТАМ} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), який може, з обмеженнями в частині ОР, в інтервалі температур оточуючого середовища  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  використовуватись в умовах експлуатації.

В цілому можливо стверджувати, що використання СТПА в різних умовах експлуатації доцільно для здійснення теплової підготовки ДГД на основі акумульованої

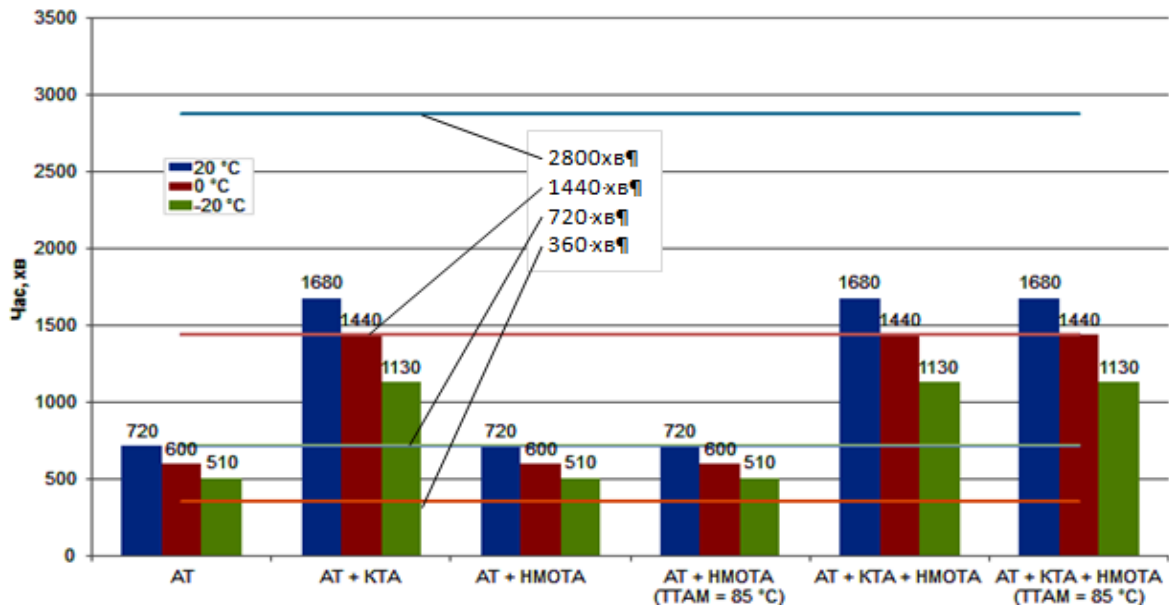


Рисунок 2. Результати дослідження впливу варіантів комплектації СТПА на час підтримання температури ОР газового двигуна в межах  $\approx 50$  °C

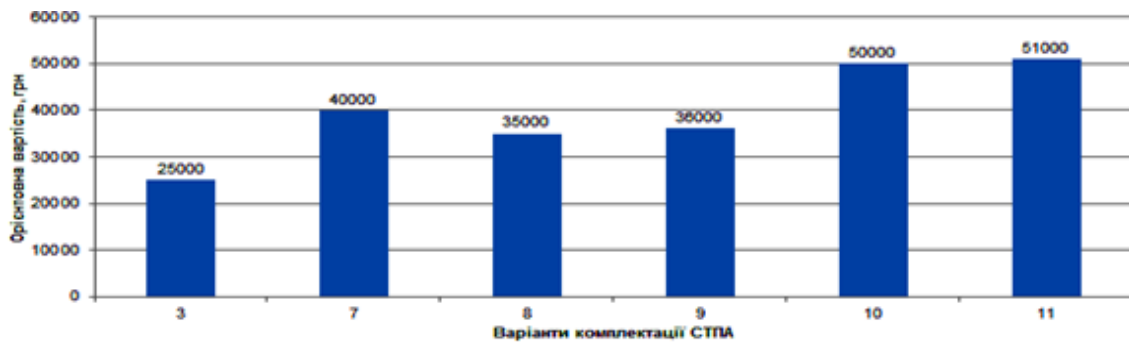


Рисунок 3. Орієнтовна вартість варіантів комплектації СТПА ДГД

енергії, в частині забезпечення передпускової і післяпускової підготовки газового двигуна 6Ч 12/14 (К-159 М2), так і для довготривалого його зберігання при не працюючому двигуні, а особливості його комплектації при використанні залежать від експлуатаційних потреб.

**Висновки.** Використання розробленої і скомплектованої за призначенням СТПА в різних умовах експлуатації доцільно для здійснення теплової підготовки ДГД на основі акумульованої енергії, в частині забезпечення передпускової і післяпускової підготовки газового двигуна 6Ч 12/14 (К-159 М2), так і для довготривалого його зберігання при не працюючому двигуні. Особливості комплектації СТПА при використанні залежать від експлуатаційних потреб, умов застосування і вартості конструкції.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Особливості теплової підготовки двигуна стаціонарної енергетичної установки за допомогою теплових акумуляторів фазового переходу / Вербовський В.С., Грицук І.В., Скалига М.М., Белоусов Є.В., Рудинець М.В. // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк, 2018. Випуск № 62 . с.56-60
2. Особливості передпускової теплової підготовки двигуна енергетичної установки за допомогою системи прогріву з фазоперехідними тепловими акумуляторами / Грицук І.В., Вербовський В.С. // Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. 8-10 листопада 2017 р. - Миколаїв: НУК, 2017. – 472с. - С. 214-217

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ГРУЗОВОГО СУДНА

Головань А.И., Дели А.К., Костенко А.А., Гончарук И.П.  
Одесский национальный морской университет (Украина)

В настоящее время актуальность вопроса состояния экологии как в мире, так и в судоходстве чрезвычайно высока. Это связано с тем, что ежедневно в атмосферу выбрасывается огромное количество парниковых газов, которые несомненно вредят окружающей среде. За последние двадцать лет выбросы парниковых газов в атмосферу с судов морского флота увеличились в два раза. В вопросах выброса отработанных газов в судоходстве действует Международная конвенция МАРПОЛ, Приложение VI [1], а также Рамочная конвенция ООН по изменению климата и Киотский протокол. Морской транспорт исключен из сферы Киотского протокола, вопрос решается пока в рамках Международной морской организации (ИМО). В соответствии с решениями ИМО «МЕРС-59» (июль 2009 г.) начали действовать мероприятия эксплуатационного характера:

- индекс энергетической эффективности проекта судна (для новых судов);
- эксплуатационный индекс энергетической эффективности судна (для существующих судов);
- план по управлению энергетической эффективностью судов.

Если общая сумма выбросов ПГ с судов составляет около 1,1 млрд т, то при дедейте мирового флота 1,15 млрд т каждая тонна дедейта дает 1 т выбросов в год (без учета различий по типам судов).[2]

Согласно результатам исследований, проведенных по поручению ИМО, общие выбросы CO<sub>2</sub> от судоходства составили в 2009 г. примерно 1 млрд т, что соответствовало примерно 3,3 % совокупных выбросов CO<sub>2</sub> в результате сжигания топлива. К 2020 г. выбросы от судоходства увеличатся, по прогнозам, более чем на 30 %, до 1,47 млрд т.

По данным, доля выбросов парниковых газов от международного судоходства в 2003 г. составила примерно 1,8 % от мировых выбросов CO<sub>2</sub>. По данным на 2007 г., доля выбросов парниковых газов от международного судоходства составила примерно 2,7 % от мировых выбросов CO<sub>2</sub>. Энергоэффективность судна характеризует энергетические возможности технического средства при наименьших затратах ресурсов для выработки энергии.

В ряде случаев оценка энергоэффективности производится с учетом установленного на судне оборудования, пренебрегая возможностями применения инновационных технологий в энергетике, интегрированным подходом к подсчету тех возможностей повышения энергоэффективности, которые не очевидны, но присутствуют при проектировании судна. В простейшем случае оценка энергоэффективности производится по комплексному показателю качества СЭУ, исходя из ее расходных и ресурсных показателей.[3]

Поэтому актуальны вопросы сбора и анализа информации по составу выбросов судовых двигателей, котлов и т. п., разработки различных способов и систем снижения выбросов парниковых газов.

В целях сравнения расчетных данных программы S3ES-Novoship, рассчитываемых по рекомендованной формуле ИМО [4] для CO<sub>2</sub>, формулам и данным из Технического кодекса и ГД [5, 6] по выбросам NO<sub>x</sub>, рекомендованной формуле для выбросов SO<sub>x</sub>, на основании данных ежедневных замеров расходов всех видов топлива на судах с данными автоматических регистраторов, в 2009 г. на танкере: дедейт 115 тыс. т, флаг – Либерия, класс – ДНВ, главный двигатель – (ГД) MAN 7S60MC-C, эффективная мощность – 15801 кВт, было установлено оборудование компании “SALWICO Emissions Monitoring

System” (EMS). Система контролю за составом отработанных газов SALWICO состоит из следующих блоков (рис. 1):

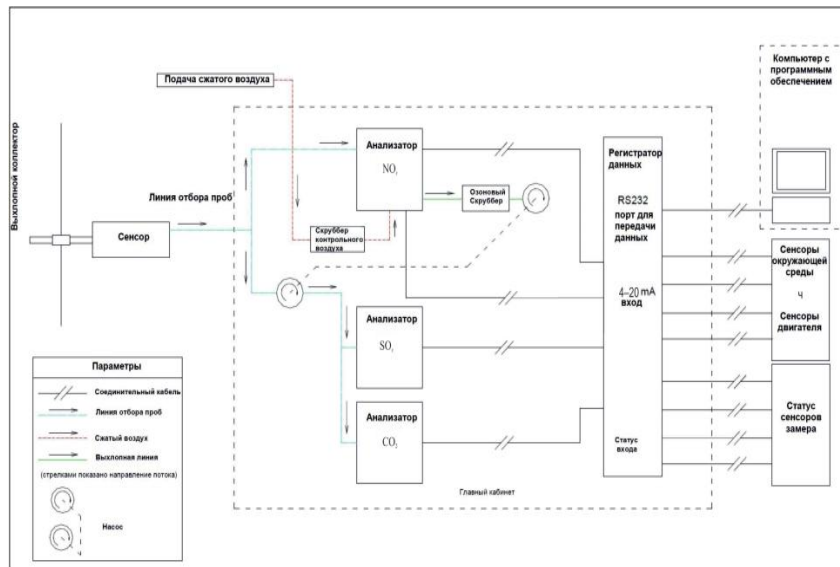
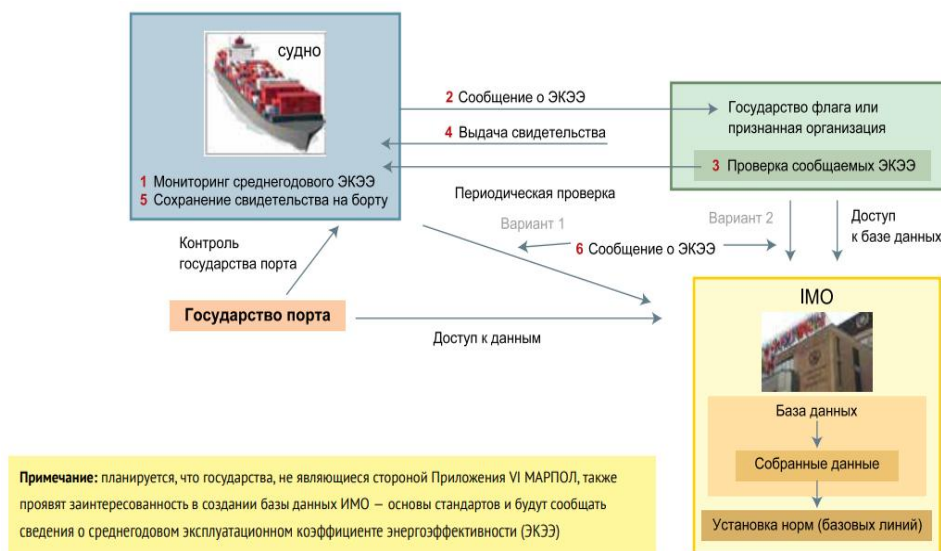


Рисунок 1. Блок-схема системы SALWICO

- DP7900 Dilution probe
- блок отбора газов;
- NOx analyzer
- анализатор газов NOx с LCD монитором;
- SOx analyzer
- анализатор газов SOx с LCD монитором;
- D100 CO2 Monitor
- анализатор газов CO<sub>2</sub> с LCD монитором;
- DT 256 Data logger
- регистратор данных, выводящий данные на монитор;
- Display Computer
- дисплей компьютера системы.



Варианты реализации предложения по нормированию выбросов парниковых газов существующих судов. Ист.: R. Lesovski

Рисунок 2. Варианты реализации предложения по нормированию выбросов парниковых газов

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Международная конвенция МАРПОЛ 1973 г., изм. протоколом 1978 г., МАРПОЛ 73/78 / ЦНИИМФ, ООО МОРСАР. – СПб., 2008. – 760 с.
2. ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций «Контроль состава отработанных газов судового малооборотного двигателя MAN S-МС-С в эксплуатации»
3. Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О.Макарова «Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов»
4. International Maritime Organization (IMO). MEPC.1/Circ.684. Ref. T5/1.01 // Guidelines for voluntary use of the ship Energy Efficiency Operational Indicator. — 12 p.
5. Резолюция второй конференции МЕРС ИМО // Технический кодекс по контролю за выбросами окислов азота из судовых дизельных двигателей / Гипрорыбфлот. — СПб., 2009.
6. IMO Technical File. Hyundai-MAN B&W 7S60MC-C MK7, Certified as 'Parent engine' // Identification/approval number Hyundai-MAN B&W 7S60MC-C-2003-03-AA1669. — Hyundai Heavy Industries Co., LTD., Ulsan, Korea, 2003.

## ВПЛИВ ВІД РОБОТИ ДОПОМІЖНИХ КОТЛІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ НАЛИВНИХ СУДЕН

Горбов В.М., Мітенкова В.С.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна)

**Вступ.** Міжнародна морська організація (ІМО) впроваджує законодавчі ініціативи для зменшення негативного екологічного впливу водного транспорту. Згідно з даними, наведеними в дослідженнях ІМО, прогнозується, що в 2050 р. в порівнянні з 2012, емісія CO<sub>2</sub> збільшиться на 50...250% [1]. Найбільший внесок у загальний обсяг викидів CO<sub>2</sub> здійснюють три типи суден – на контейнеровози, балкери і нафтові танкери припадає більше половини – 55%, або близько 1 млрд. т [2].

Основними критеріями оцінки питомих викидів CO<sub>2</sub> суднами, запровадженими ІМО, є індекси енергетичної ефективності для нових суден та суден, що знаходяться в експлуатації (EEDI і EEOI, відповідно). Для кожного типу суден, на які поширюється дія індексу енергетичної ефективності, введені обмежувальні криві на викиди діоксиду вуглецю [3].

Структура індексу енергетичної ефективності є динамічною, регулярно вводяться нові елементи, уточнюється визначення існуючих складових, дія формули розширюється на нові типи суден і пропульсивних установок. На думку авторів, є логічним і **актуальним** уточнення визначення EEDI для наливних суден з урахуванням їх особливостей, а саме – роботи потужних допоміжних котлів на ходовому режимі.

**Метою дослідження** є визначення реального рівня викидів CO<sub>2</sub> наливними суднами на ходовому режимі з урахуванням внеску від роботи допоміжних котлів.

**Результати досліджень.** Показники, що впливають на EEDI, можна розділити на декілька груп: характеристики енергетичної установки (потужність головних і допоміжних двигунів, тип і витрата палива); мореплавні характеристики судна (дедвейт або бруто-тоннаж, швидкість); ряд безрозмірних коефіцієнтів, що враховують конструктивні особливості судна, район плавання, наявність інноваційних технологій щодо зниження втрат енергії [3].

Для кожного типу суден, на які поширюється дія індексу енергетичної ефективності, введені обмежувальні залежності на викиди діоксиду вуглецю, що розраховуються для наливних суден як [4]:

$$\text{Required } EEDI = 1218,8 \cdot b^{-0,488}$$

де  $b$  – це дедвейт, т.

Планується, що нормативні вимоги до емісії CO<sub>2</sub> будуть запроваджуватися поетапно в період з 2013 по 2025 рр., посилюючись на кожному новому етапі (табл. 1) [4].

Таблиця 1. Знижувальні фактори для обмежувальних кривих EEDI для танкерів

Тип судна	Дедвейт, т	Етап 0 1/01/2013 - 31/12/2014	Етап 1 1/01/2015 - 31/12/2019	Етап 2 1/01/2020 - 31/12/2024	Етап 3 з 1/01/2025
Наливні судна	> 20000	0 %	10 %	20 %	30 %
	4000-20000	–	0-10%	0-20%	0-30%

Більшу частину флоту наливних суден складають судна для перевезення сирової нафти, нафтопродуктів, асфальтів і бітумів, як вузькоспеціалізовані, призначені для транспортування лише однієї категорії вантажу, так і комбіновані для перевезення сирової нафти і нафтопродуктів або нафтопродуктів і деяких хімічних речовин. Зростає кількість спеціалізованих суден для перевезення олій і жирів. Взагалі, наливом сьогодні перевозиться більше 5000 різних вантажів [5].

В'язкі рідкі вантажі потребують підігріву, при цьому режими підігріву можуть суттєво відрізнятися для різних типів вантажу, що слід враховувати для танкерів,

призначених для перевезення широкої номенклатури рідин. На вибір характеристик підігріву впливають також параметри оточуючого середовища – температури заборотної води і повітря [6].

Необхідність підігріву обумовлює наявність у складів СЕУ сучасних танкерів потужних парових або термомасляних котлів. В даному дослідженні автори розглядають лише СЕУ з паровими котлами, оскільки використання органічних теплоносіїв вимагає іншого обладнання і конструктивних схем систем підігріву.

Аналіз складу енергетичних установок сучасних танкерів, де використовується паровий підігрів в'язких вантажів, показав, що на таких суднах встановлені досить потужні котельні установки загальною паропродуктивністю 18-90 т/год (без урахування ДК для загальносуднових споживачів) [7-11]. Працюючи на ходовому режимі навіть протягом лише декількох днів, ці ДК здійснюють свій значний внесок в загальну емісію CO<sub>2</sub> судна.

Додаткову емісію CO<sub>2</sub> допоміжними котлами пропонується розраховувати за аналогією як для головних і допоміжних двигунів, додаючи у числитель наступну складову:

$$CO_2^{AB} = f_{ABeff} \cdot C_{FAB} \cdot G_{AB}$$

де  $f_{ABeff}$  – коефіцієнт, що враховує завантаження котлів протягом рейсу;  $C_{FAB}$  – безрозмірний коефіцієнт кореляції між витратою палива і кількістю CO<sub>2</sub>, що утворюється при його спалюванні в допоміжних котлах;  $G_{AB}$  – питома витрата палива на котли, г/год.

На рис. 1 представлені результати розрахунку EEDI для 9 танкерів для перевезення сирої нафти і нафтопродуктів, розраховані для двох значень паропродуктивності. Один варіант розрахунків проводився для номінального значення цього параметру, вказаного у документації на судна, на рис. 1 – EEDI з ДК (ном) [7-11]. Для другого варіанту витрата пари приймалася 0,3-0,5 кг пари на 1 т дедвейту, значення отримані за допомогою статистичної обробки даних для нафтових танкерів, на рис. 1 – EEDI з ДК (dwt) [12].

Нормативне значення EEDI (Required EEDI) на рис. 1 також представлено у вигляді точок, а не обмежувальних кривих (традиційне представлення цієї групи даних). З дев'яти розглянутих танкерів 2 підпадають під дію Етапу 0, а інші 7 – Етапу 1 (табл. 1).

При урахуванні роботи допоміжних парових котлів для підігріву вантажу протягом рейсу питомі викиди CO<sub>2</sub> можуть збільшуватися на 56%-190%, якщо задаватися на вході номінальною паропродуктивністю і на 28%-158% для паропродуктивності в залежності від дедвейту. Слід відмітити, що для всіх суден, які розглядалися, розрахункові значення EEDI з урахуванням роботи допоміжних котлів перевищують встановлені нормативні в діапазоні 40%-148% (в середньому на 78%) і 20-106% (в середньому на 55%) для різних значень паропродуктивності.

**Висновки.** Додаткову емісію CO<sub>2</sub> для режиму підтримки при перевезенні танкерами сирої нафти і важких нафтопродуктів пропонується розраховувати як добуток питомої витрати палива на котел (г/год), коефіцієнту кореляції між витратою палива і кількістю CO<sub>2</sub> і коефіцієнту, що враховує завантаження ДК протягом рейсу. Останній коефіцієнт пропонується приймати 0,5 для експлуатації системи підігріву вантажу у режимі підтримки.

Витрати палива на котли для режиму підтримки можна розраховувати за номінальною паропродуктивністю або задаватися паропродуктивністю як функцією від дедвейту для нафтових танкерів. В цьому випадку протягом рейсу питомі викиди CO<sub>2</sub> можуть збільшуватися на 56%-190%, якщо задаватися на вході номінальною паропродуктивністю, і на 28%-158% для паропродуктивності в залежності від дедвейту.

Для всіх суден, які розглядалися в дослідженні, розрахункові значення EEDI з урахуванням роботи допоміжних котлів суттєво перевищують встановлені нормативні, що підтверджує необхідність урахування внеску від роботи ДК при визначенні енергетичної ефективності наливних суден.



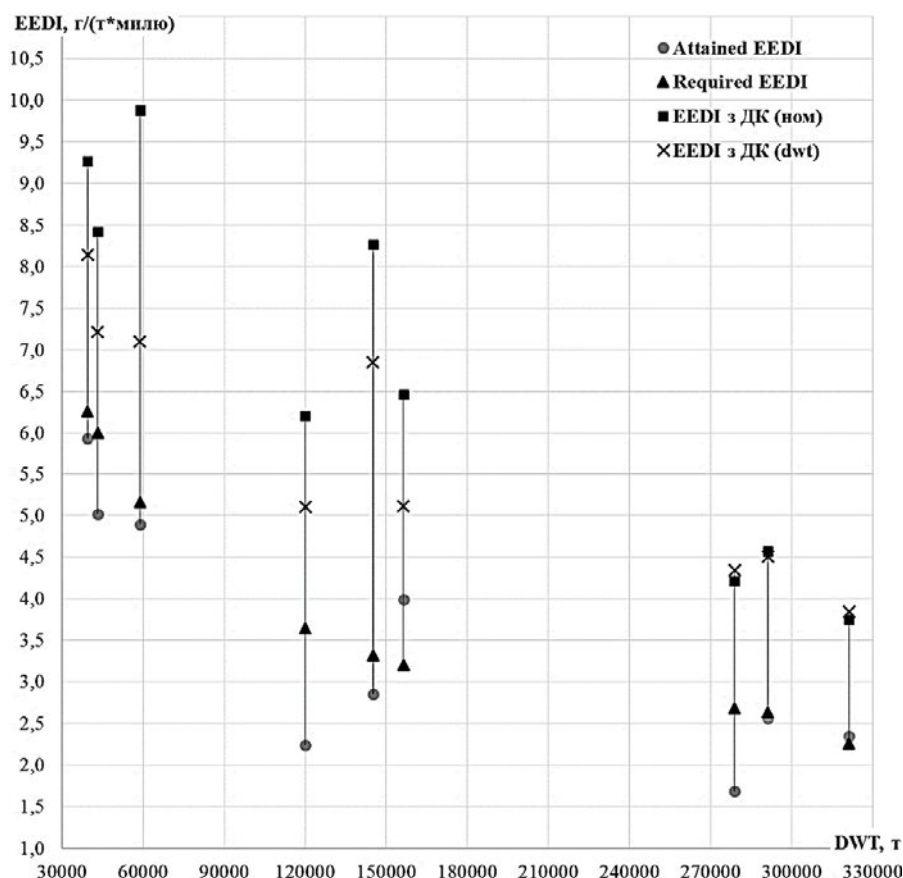


Рисунок 1. Уточнена оцінка EEDI для танкерів з урахуванням витрат палива на допоміжні котли і без такого урахування:

*Attained EEDI* – значення, розраховане за формулою (1); *Required EEDI* – значення, розраховане за формулою (2) з урахуванням коефіцієнтів з табл. 1; *EEDI з ДК (ном)* – значення, розраховане з урахуванням формул (3) і (4) для номінальної паропроductивності; *EEDI з ДК (dwt)* – значення, розраховане з урахуванням формул (3) і (4) для паропроductивності в залежності від дедвейту

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Report. IMO, 2015. 295 p.
2. Olmer N. et al. Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015. Washington: ICCT, 2017. 38 p.
3. Resolution MEPC.281(70). Amendments to the 2014 guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships (Resolution MEPC.245(66), as amended by Resolution MEPC.263(68)).
4. Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines. IMO, 2016.
5. Jager P. Carriage of sensitive chemical cargoes. Standard Safety: Tankers. 2018. May. P. 11–13.
6. Sagra R. Cargo oil heating practices. Standard Safety: Tankers. 2018. May. P. 16–18.
7. Significant Ships of 2012. London: RINA, 2013.
8. Significant Ships of 2013. London: RINA, 2014.
9. Significant Ships of 2014. London: RINA, 2015.
10. Significant Ships of 2015. London: RINA, 2016.
11. Significant Ships of 2016. London: RINA, 2017.
12. Ситченко Л. С., Макаров В. Г. Основы проектирования грузовых и обеспечивающих систем танкеров: учебное пособи. Л.: ЛКИ, 1984. 104 с.

## КОРУПЦІЙНІ ДІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ СЛУЖБ: НЕЗАХИЩЕНІСТЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ПОРТАХ УКРАЇНИ

Данілян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

Світовий досвід лідерів-підприємців із захисту природного середовища в прибережних зонах багатьох країн світу показує свідому «атаку» з боку місцевого самоврядування, а саме, місцевих власників-корупціонерів екологічних служб. За свідомими діями корупціонерів прості люди не бачать суттєвої причини знищення всього живого всюди, навіть там, де воно має існувати та залишатися в належному стані.

Як відомо (саме тим, хто пов'язаний з галуззю морського, річкового транспорту), судна, зокрема іноземні, які заходять в порти України, проходять досить жорстку перевірку Держекослужбами нашої держави. Багато з іноземних суден «скидають» в українські порти весь той «бруд», який вони накопичують за час перебування в морі, час простоїв в морських портах Світу. Екологам відомо, що саме цей бруд, а більша кількість з нього - це є морська вода (наголошення - забортна, баластова, далі як водний баласт) наносить акваторіям портів неабияку шкоду та становить небезпеку всій світовій спільноті та екологічній безпеці.

Саме морським транспортом перевозиться досить велика кількість вантажів, тим паче, крупнотонажні судна для підтримання належного крену, остійності, транспортних, маневрених характеристик «несуть» із собою водний баласт, який безсумнівно привносить із собою все те, що є в морях Світу. Належним чином це саме переселенці - інвазії - чужорідні організми, які переносяться водним баластом, накопичуються в баластних танках, наносячи шкоду прибережним акваторіям морських портів України, зокрема, всьому плавучому складові суден.

Це досить жорстке, невід'ємне питання, яке повинно вирішуватися на рівні керуючої влади, президента, Держекослужб (державних екологічних служб) та АМПУ - адміністрації морських портів України: постійні невідкладні перевірки суден - водного баласту, посилаючись та дотримуючись нововведень конвенції Міжнародної Морської Організації ІМО. За правилами конвенції необхідно всі дієві судна переобладнювати з метою встановлення систем управління водним баластом - досконалим обладнанням із очищення та знезараження водного баласту (вимога D-2) (акцентується увага перш за все на зосередження в водному баласті чужорідних інвазивних організмів (розмір, кількість), а також хвороботворних штамів мікроорганізмів. Негайним переоснащенням суден повинні займатися судовласники, аби в представників Держекослужб не виникало чимало неординарних питань з приводу забезпечення «чистоти» акваторій портів.

З останніх подій відомо, що президент України Володимир Зеленський приїздив до Одеси, а саме, перебував у Одеському морському порту, де вирішувалися питання щодо «схематозу» опрацювання екологічної схеми в порту.

Свідомо зрозуміло, що держекослужбовці повинні займатися своєю дієвою справою: перевірками, якщо потрібно, стрімкими втручаннями щодо забезпечення доброго стану акваторій портів, пов'язаного з забезпеченням природного захисту навколишнього середовища. Але, все, як завжди. Простому народові не справитися з корупціонерами. Ними ж здійснюється стягнення «даніни» з кораблів, яке дає їй творцям до 2 мільйонів доларів заробітку на рік. Здавалося б, на чому Ви заробляєте. На народові, на незахищеності всього живого. Акцентуємо увагу на морські ресурси України.

Найбільш розпіареними є корупційні схеми під виглядом екологічних перевірок суден в портах. Відомо, що під час нещодавньої наради в Одесі під керівництвом президента України Володимира Зеленського бізнес озвучив йому скарги на Держекоінспекцію, яка під ширмою екоперевірок заробляє на судах, які заходять в українські порти.

В. о. голови Одеської ОДА називає цю практику узаконеним «грабунком», що вже призвів до того, що іноземні судновласники не рекомендують своїм капітанам заходити в українські порти. Вона також звузила коло підозрюваних – до Державної екологічної інспекції Кримсько-Чорноморського округу. У спрощеному вигляді схема виглядає так: Держекоінспекція фіксує нібито «забруднення внутрішніх вод» через зливання водного баласту з суден, які заходять в українські порти.

Інспектори або пропонують вирішити це питання «полюбовно», за «винагороду», або ж «запускають» механізм перевірки – беруть проби, результати дослідження яких свідомо ніколи не відповідають нормативам, і штрафують судна.

Простій судна через затримання екологами триває в середньому 48–72 години, що вартує судновласнику десятки тисяч доларів, іноді до 120 000 інвалюти, залежно від розміру судна. Розмір виписаного штрафу істотно менше – від 5000 до 40 000 інвалюти, що робить вибір судновласника очевидним [1].

Останнім часом кількість затримання суден суттєво зросла – за неповний поточний рік вже втричі більше, ніж за 12 місяців 2018 року. В 2019 р. у порівнянні з 2016 роком динаміка затримання прослідковувється з однієї до п'ятнадцяти.

Перший заступник начальника Держекоінспекції Кримсько-Чорноморського регіону Дмитро Крючков під час наради з президентом відзначав, що екологи виступають виключно за благополуччя регіону, екологічна ситуація в якому критична, а Україна перетворилася на країну четвертого світу, в яку прибувають «митися» іноземні судна. Різке погіршення відбулося якраз після ослаблення екоконтролю після прийняття постанови Кабінету міністрів України, що заборонила екоінспекторам підніматися на борт суден, впевнений заступник начальника Держекоінспекції. Проаналізувавши ситуацію в портах, виявлено неоднозначну статистику. Лише за останні півтора року - 20 випадків затримання суден, підставою для яких стали претензії екологічної служби. Можна припустити, що Держекоінспекція просто стала краще працювати і перестала закривати очі на порушення нормативів судами, що заходять у порти. Однак цій версії суперечить той факт, що більша частина затримань закінчилася тим, що судна просто відпускали або дії Держекоінспекції успішно оскаржували в суді. І якщо разовий випадок можна трактувати як збіг обставин, то два десятки вказують на системну практику. Для зручності дані зведено в таблицю.

Таблиця 1. Резонансні екозатримання

Судно	Дата затримання	Результат
<b>Одеський порт</b>		
Dionysus (Ліберія) компанії Nephelē Maritime Corporation	21 червня 2019 року	Екологів не пустили на борт, але щоб затримати судно в порту, Держекоінспекція виписала штраф на суму понад 21 000 доларів
<b>Чорноморський порт</b>		
Clipper Polaris (Панама) компанії Sanzo Enterprise S.A.	10 липня 2019 року	Судно простояє з 10 червня, приносячи власникам 20 000 доларів збитків на день. Причиною простою стала претензія Держекоінспекції й адміністративний штраф на суму понад 41 000 доларів
Glorieuse, Маршаллові острови	11 липня 2019 року	Судно Glorieuse завантажено марганцевою рудою і взагалі не має баласту, тобто навіть теоретично не має технічної можливості забруднити води. Посилаючись на це, капітан не допустив екологів до огляду. Судно затримано на вимогу екоінспекторів

Продовження табл. 1

Судно	Дата затримання	Результат
HARVEST FESTIVAL	8 липня 2019 року	Держекослужба наклала штраф у розмірі 29 000 доларів і затримала судно в порту. Ці дії екоінспекторів оскаржуються в судах. Остаточного рішення поки немає
MANZANILLO	січень 2019 року	29 березня в суді було скасовано чергову постанову Держекослужби щодо накладення штрафу в розмірі більш ніж 9000 доларів і затримання судна в порту. Рішення навіть не оскаржувалося
Servet Ana (Туреччина)	5 червня 2019 року	Судно було затримано в порту на підставі претензії екоінспекторів
Hanseatic Eagle (Сінгапур)	Лютий 2019 року	У лютому співробітники Держекослужби більш ніж на тиждень затримали в порту судно під сінгапурським прапором, після чого відпустили його, бо не знайшли жодних порушень
Golden Grains	Лютий 2019 року	Затримано на вимогу Держекоінспекції, відпущено після декількох днів простою
Navios Coral (Панама)	Жовтень 2018 року	У жовтні 2018 року судно було затримано з подання екологів у Миколаївському порту і порту «Чорноморськ»
Bogdan	Липень 2019 року	Судну був заборонений вихід з порту за відпрацьованою схемою
<b>Миколаївський порт</b>		
Harvest Moon (Маршаллові острови)	11 липня 2019 року	Судно простояє в порту через аналогічні претензії Держекослужби
Praetorius	20 травня 2019 року	Цікаво, що одні й ті самі дії екологів були розцінені абсолютно по-різному капітаном порту від Адміністрації морпортів України і морської адміністрації. Останній пішов на повідку Держекоінспекції. Після скандалу судно залишило порт
Saadet C	Березень 2019 року	Екологи провели чергову перевірку води біля судна, але результати аналогічної перевірки екологів АМПУ показали, що жодних порушень немає
<b>Порт Южний</b>		
Gertrude Oldendorff	10 липня 2018 року	Відповідно до рішення суду скасовано чергову постанову Держекослужби про накладення штрафу в розмірі 29 000 доларів затримання судна. Штраф буде відшкодовано з держбюджету

Продовження табл. 1

Судно	Дата затримання	Результат
Anangel Happiness (Греція)	5 липня 2019 року	Судно простоє через претензії Держекослужби, штраф на суму понад 58 000 доларів
Ocean Hope	Травень 2019 року	Держекослужба незаконно намагалася потрапити на борт судна і взяти відповідні проби, але капітан судна відмовив у допуску. Капітан притягнутий до адміністративної відповідальності нібито за невиконання законних розпоряджень, а саме судно затримано
BW ACORN (прапор Маршаллових островів)	Липень 2018 року	Суд скасував постанову Держекослужби про затримання та штрафування судна нібито за забруднення портової акваторії
ADELA	21 березня 2019 року	Судно було утримано Держекослужбою, постанова оскаржується в суді, остаточного рішення поки немає
IRON DESTINY	Грудень 2018 року	Рішенням суду було скасовано постанову Держекослужби і вирішено відшкодувати суму штрафу 25 000 доларів за рахунок державного бюджету, який оплатили судовласники, щоб судно не простоювало в порту
Tasik Melati	Грудень 2016 року	Суд оголосив незаконними дії Держслужби, яка вимагала заборонити вихід судна з порту в грудні 2016 року до проведення екоконтролю

**Висновки.** Масштаб зловживань екологів призвів до того, що привернув неодмінну увагу Кабінету Міністрів України. Але простому люду важко повірити навіть в те, що при зміні верховенства держекослужбовців, настане щось неймовірне. Діями Уряду підтверджено повна ліквідація Держекослужби. На її зміну прийдуть представники охорони навколишнього середовища (природоохоронці). Чи такий крок представників Кабміну поліпшить складну дієву ситуацію щодо корупційних дій екологів чи це буде лише «порожній» каркас задумів, ще невідомо. Але з впевненістю слід звернути увагу на те, що дотримуючись чинних правил і вимог ІМО [2], судовласникам слід із впевненістю переглянути планове переоснащення суден, приналежність їх до дієвих вимог, аби не погіршувати «дикі», прискіпливе ставлення держекослужбовців щодо питань очищення та знезараження водного баласту. Потрібно більш прозоро й з впевненістю осмислювати складну екологічну ситуацію, каркасом якої виступають корупційні дії екослужбовців та, щоб негативно не впливати на нещадні дії влади щодо постійних звільнень-«переставлень» керуючих осіб, із лозунгом «ми зможемо довести протилежне», діяти, рухатись вперед, не порушуючи чинних вимог.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. «Схематоз» місяця: як працює «екологічна схема» в Одеському порту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mind.ua/publications/20200887-shematoz-misyasya-yak-pracyue-ekologichna-shema-v-odeskomu-portu>.
2. Управление балластными водами на судах: учебно-практическое пособие / В. Г. Торский, А. И. Сагайдак, В. И. Любченко. - Одесса: Астропринт, 2012. – 272 с.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ МІЖНАРОДНОЇ КОНВЕНЦІЇ З УПРАВЛІННЯ БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ НА СУДНАХ КОМПАНІЇ OFFSHORE HEAVY TRANSPORT

Дзигар А.К.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Зважаючи на вимоги Міжнародної Конвенції (далі Конвенції) з управління баластними водами (Ballast Water Management Convention, BWMC) всі судна дедвейтом 400 р.т і більше, збудовані до 8-го серпня 2017 року, повинні відповідати вимогам і мінімальним рівнем якості баластної води, розробити План з управління баластними водами, встановити устаткування, прийняти в експлуатацію, затвердити від імені Адміністрації класифікаційною інспекцією до 8-го вересня 2024 року, який вказує на те, що

- судна повинні відкачувати баластну воду з менш чим 10 одиниць життєздатних організмів на м<sup>3</sup> з розмірами більше чи рівними 50 мкм в мінімальному розмірі, і менше чим 10 життєздатних організмів на мл з мінімальними розмірами менш чим 50 мкм в і більш чи рівними 10 мкм, а також з такими стандартами індикаторні мікробів;

- токсикогенетичні вібраційні холери з вмістом менш чим 1 (одна) колонієутворююча одиниця на 100 мл чи менш чим 1 (одна) колонієутворююча одиниця на 1 г (мокра вага) проби на зоопланктон;

- вміст кишкової палички менш чим 250 колонієутворюючих одиниць на 100 мл;

- вміст кишкових ентерококів менш чим 100 колонієутворюючих одиниць на 100 мл;

Судна, що побудовані чи мали поновлювальну класифікаційну інспекцію після 8-го вересня 2017 року повинні відповідати вищезгаданим вимогам Міжнародної Конвенції з управління баластними водами (Ballast Water Management Convention).

Набуває актуальності підготовка і майбутніх офіцерів флоту, зокрема судових механіків, в напрямку ознайомленні з вимогами Конвенції, вивченні конструкцій та принципу дії типових установок по очищенню і обеззараженню баластних вод при відкачці під час вантажних операцій, обслуговуванню установок і правильним записам в офіціальних судових журналах. Це економить час при перевезенні вантажів, бо не треба багатократно змінювати баласт в морі, що є нормою вимог більшості морських портів, зберігає час для вантажних операцій в порту, бо не треба здавати проби баластної води в лабораторії на аналіз і інспекції баластних танків, що також уже стає нормою в портах більшості країн.

Більшість судовласників заздалегідь подбали про те, щоб їх судна відповідали вимогам Конвенції. Розроблені, погоджені з Адміністрацією, Класифікаційними Інспекціями та встановлені установки для обробки баластних вод, підготовлені технічні матеріали і ознайомлені відповідальні офіцери екіпажів суден.

Установка типу ВС3000 (рис. 1), що відповідає всім вимогам Конвенції, була встановлена на судні по транспортування великовантажних вантажів напівпогружного типу «Albatross», що належить компанії Offshore Heavy Transport. Проектантом і виробником установки є компанія SunRui Marine Environment Engineering Co., Ltd.

Функціонування установки здійснюється шляхом застосування комбінації процесів очистки баластних вод: фільтрації, дезінфекції і потім нейтралізації. Обробка баластної води на борту судна – це якісна фільтрація і потім дезінфекція з вивільненням кисню при електролітичному процесі під час баластних операцій чи вирівнювання судна під час рейсу, а згодом і нейтралізації під час відкачування баласту. Коли проходить фільтрація баластної води за допомогою зворотно-промивного фільтра, при цьому баласт очищається від планктону і твердих частинок забруднень.

Потім як дезінфекційний етап частина води направляється в електролітичну установку з метою виробництва окислювача (гіпохлорит натрію), який вприскується назад

в основну баластну трубу яка йде в баластний танк з метою знищення планктону, збудників хвороб, бактерій.



Рисунок 1. Установка VC3000

Під час відкачки баласту в воду дозовано в разі необхідності добавляється тіосульфат натрію для нейтралізації і контролюється аналізатором баластної води. Тобто установка складається з автоматичного зворотно-промивного фільтра, електролітичної установки дезінфекції баласту і вузла автоматичної нейтралізації баласту, що відкачується. Інтерфейс системи керування установкою представлено на рис. 2.

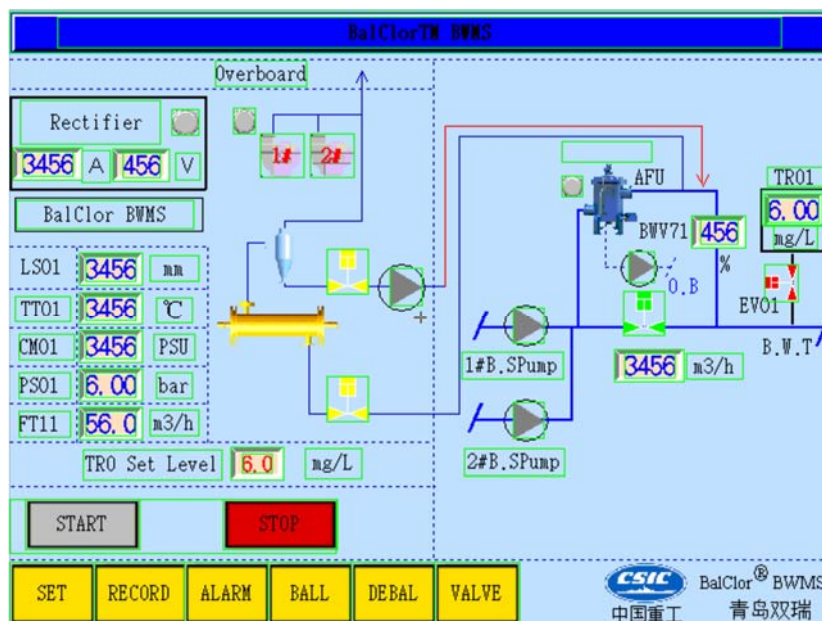


Рисунок 2. Схема і панель управління

В наступні роки вимоги до захисту довкілля будуть зростати і контроль за виконанням вимог Міжнародної Конвенції з управління баластними водами (Ballast Water Management Convention) також. Нерозуміння вимог до роботи установок, правильної експлуатації і обслуговування може призвести до великих штрафів судновласників, затримання або арешту суден в територіальних водах. Це викликає необхідність у ознайомленні курсантів, майбутніх судноводіїв і судномеханіків з роботою складових нових баластних систем та сучасними вимогами Конвенції.



## ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК СУДЕН КОМПАНІЇ SONGA SHIPS MANAGMENT

Дзигар А. К.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вимоги по обмеженню викидів шкідливих речовин NO<sub>x</sub> і SO<sub>x</sub> регламентовані додатком VI конвенції МАРПОЛ, прийнятої Міжнародною морською організацією (ІМО). Вони вже тепер стосуються спеціальних морських районів з контролю за викидами сірки (Sulfur Emission Control Area – SECA), в яких норми викиду значно знижені (NO<sub>x</sub> до 3,4 г/(кВт·ч), SO<sub>x</sub> до нуля), а кількість таких районів зростає з кожним роком. Статистика показує, що на 31 травня 2018 року 983 суден в світі були обладнані установками очистки вихлопних газів (скруберами). Попит на обладнання скрубєрів підтверджує, що судновласники активно готуються до введення нових норм по вмісту сірки в паливі (бункер) судна. Починаючи з 1 січня 2020 року суднам буде заборонено використовувати паливо з вмістом сірки більш ніж 0,5 %. Тому до цього часу всі двигуни суден повинні будуть або перейти на альтернативний сорт палива, або зробити модернізацію суднової енергетичної установки з дообладнанням її скрубєрів. Перехід на палива з низьким вмістом сірки (менш ніж 0,5% в світовому океані і менш ніж 0,1 % в ЕСА зонах, яких з кожним роком стає все більше) також пов'язаний з низкою технічних проблем таких як необхідність переходу на спеціально адаптовані масла циліндрового змащування, адаптувати паливну систему для зберігання і підготовки палива бо малосірчане паливо потребує інших температур зберігання і очистки. Це також додаткові витрати на технічне обслуговування двигунів і систем, а ігнорування спеціальними вимогами до цих сортів палив може призвести до поломок і безпеки мореплавання. На сьогоднішній день найбільші судноплавні компанії, такі як Frontline, Maersk, Stena, DHT, Star Bulk, Spliethoff, і т.д., розпочали обладнувати свої судна системами очистки вихлопних газів. Відомо до двадцяти способів очищення вихлопних газів дизелів: сухі, вологі і електричні. Найкращий з способів, що повністю видаляє компоненти NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> і CO<sub>x</sub> з газів, це каталітичний. Однак цей спосіб, має ряд істотних недоліків, особливо те, що вимагає при очищенні дотримання високих температур (750...1200° С) вихлопних газів. Оцінка ефективності очистки вихлопних газів з використання скрубєра показала, що це рішення є достатньо економічним і безпечним, а з технічної сторони спосіб є надійним, простим в експлуатації.

Вже через кілька місяців на світовому флоті зросте частина суден з використанням скрубєрів для очистки вихлопних газів. Появилася нагальна потреба включити в програму навчання майбутніх інженерів по експлуатації суднових силових установок ознайомлення з роботою систем очистки вихлопних газів, зважаючи на те, що система буде завжди в роботі і потрібно буде обслуговувати обладнання системи згідно планів.

На судні «Songa Pearl», ІМО 9444455 встановлено систему очистки вихлопних газів з видаленням SO<sub>2</sub> від малообертового головного двигуна MAN B&W 8S35MC 5032 кВт на 85 % , і трьох допоміжних двигунів 680 кВт на 85% MCR і одного котла 9,380 кВт на 80 % номінальної потужності. Компанія виробник: CR Ocean Engineering (CROE®)/ Система очистки видаляє SO<sub>2</sub> з вихлопного газу використанням морської води (рис. 1). Скрубєр був встановлений заміною одного глушника головного двигуна.

Тверді частинки (сажа), що містяться в вихлопних газах, проходячи через водяні краплі води, розчиняються, охолоджуються і проходить хімічна реакція, створюються сполуки такі як сірчана кислота, вуглеводні і т.д.. Лужність морської води (карбонати і бікарбонати) використовується для частково нейтралізації поглиненої кислоти газів. Однак у низьких районах лужності (Фінляндська затока і Ботнічна затока), гідроксид натрію необхідно додавати для компенсації нестачі лужності і нейтралізації поглиненої кислотних газів.



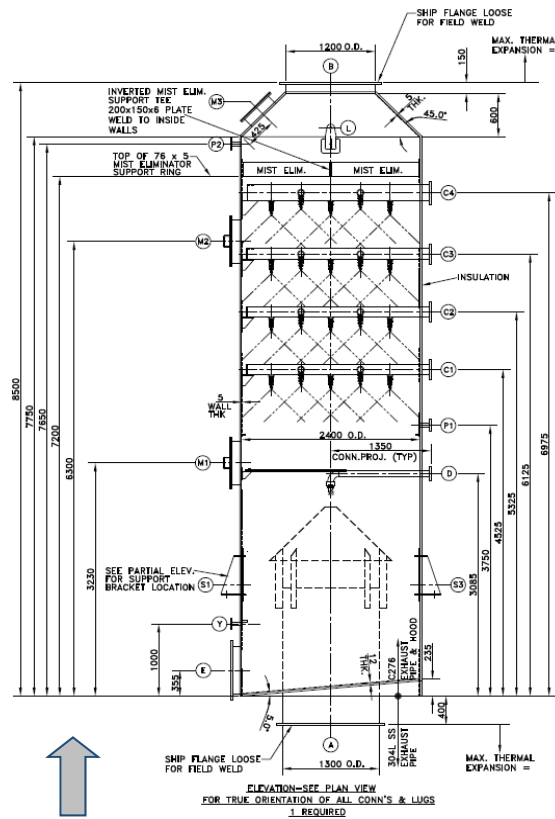


Рисунок 1. Схематичне зображення скрубера

Морська вода використовується в якості очищення води і реагенту, частина розпорошеної морської води випаровується під час охолодження димових газів, в скруббері підтримується конструктивно рівень води для ізолювання попадання вихлопних газів в дренаж води гравітацією за борт. Скрубер конструктивно може експлуатуватись без води, що подається через на розріджувачі. Показники випускних газів на вході та на виході в/із скрубера представлено в табл. 1, 2.

Таблиця 1 – Показники випускних газів на вході в скруббер

Вихлопний газ (вхід скруббера)	кг/ч	66926
	кг/сек	18.4
Темп. вихл.газу після УК	°C	292
Темп.вихл.газу МАКС	°C	350

Таблиця 2 – Показники випускних газів на виході в скруббер

Потік вихлопних газів	кг/ч	65316
Температура вихл.газів	°C	32 (чи менше)
Еквівалент сірки в паливі	%S	< 0.1
SO2 видалено	%	>97.14

Система очистки потребує періодичного технічного обслуговування згідно рекомендаціям виробника.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78, Annex VI;
2. FUNCTIONAL DESCRIPTION CROE® Open Loop Marine Scrubbing System

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ СЕУ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Димо Б.В., Колбасенко О.В., Горячкін А.В., Язловецький А.В.  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

**Вступ.** Зростання вартості рідкого палива призвело до необхідності спалювання важких сірчистих палив, що впливає на конструктивні особливості головних, допоміжних (ДК) та утилізаційних (УК) котлів суднових енергетичних установок (СЕУ), на їх економічні, екологічні і експлуатаційні показники. В той же час посилення вимог міжнародних організацій в області охорони навколишнього середовища до вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах двигунів судових енергетичних установок (СЕУ) вимагає створення нових комплексних систем очистки димових газів, а також підвищення ефективності систем утилізації теплоти (зменшенні теплових втрат) при спалюванні органічних палив, вартість яких зростає.

**Актуальність дослідження.** Загально визнаним напрямом підвищення ефективності використання рідкого палива з погляду енергозбереження і захисту навколишнього середовища вважається спалювання органічних палив у вигляді водопаливних емульсій (ВПЕ). Робота елементів СЕУ на ВПЕ дозволяє зменшити рівень токсичних інгредієнтів в відпрацьованих газах двигунів (зменшити вміст токсичних компонентів NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, бенз(а)пірену)) та підвищити рівень утилізації теплоти відпрацьованих газів. Але при цьому практично відсутні конкретні відомості про перебіг корозійних процесів на поверхнях нагріву ЕУ при використанні ВПЕ, а опубліковані нечисленні дані носять якісний характер. Це зумовило необхідність створення комплексної системи підвищення надійності й довговічності елементів СЕУ, отримання кількісних даних щодо характеристик ВПЕ, дослідження основних процесів використання ВПЕ в елементах СЕУ, починаючи з процесів її приготування.

**Постановка задачі.** Створення комплексної системи підвищення екологічних, техніко-економічних показників та надійності елементів СЕУ під час використання ВПЕ вимагає прийняття таких технологічних і конструктивних рішень, що будуть направлені на інтенсифікацію процесів в паливоспалюючих пристроях СЕУ. Необхідний рівень кінцевих екологічних показників роботи елементів СЕУ формується вздовж всього технологічного тракту, починаючи від підготовки палива необхідної якості. Тому важливим фактором є якість і стан води, що використовується як для приготування ВПЕ, так і для проведення інтенсивної абсорбції NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> в скруберах. Саме вивчення процесів сумішоутворення ВПЕ та подальший їх вплив на екологічні та техніко-економічні характеристики процесів спалювання ВПЕ в елементах СЕУ є основною метою цієї роботи.

**Результати досліджень.** Екологічна та економічна ефективність спалювання ВПЕ представлена в багатьох публікаціях. Перехід на ВПЕ поліпшує всі основні показники сумішоутворення в камері згоряння дизельного двигуна, що при процесах згоряння веде до підвищення швидкості згоряння і скороченню сажоутворення за рахунок утворення мікрровибухів та збільшення місцевих значень коефіцієнта надлишку повітря [1].

В [2] представлені результати дослідження процесів, що характеризують хімічну активацію горіння палива молекулами води. В якості палива використовувалася 40% ВПЕ. Для приготування проби застосовувалася дистильована вода, що була збагачена ізотопом кисню <sup>18</sup>O. Результати проведеного аналізу показали, що частка кисню з води ВПЕ, що брала участь в окислюванні вуглеводнів палива, становить 60 %. Аналіз випускних газів показав, що 45...60 % загальної кількості введеного ізотопу O<sup>18</sup>

перебувало в сполучі з вуглецем. Але при цьому не вказані умови підготовки і якісні показники ВПЕ перед спалюванням, які мають важливе значення.

При жорсткій кавітаційній циркуляційній підготовці ВПЕ (індекс кавітації  $\approx 1$ , або кавітаційне число  $\leq 0,2$ ) у пухирцях води та у самій воді при захопленні пухирців повітря накопичується певна кількість іонів  $H^+$ ,  $OH^-$  (до  $0,3$  ммоль/дм<sup>3</sup>),  $H_2O_2$  (до  $0,05$  ммоль/дм<sup>3</sup>),  $O_3$  (до  $0,0001$  ммоль/дм<sup>3</sup>) внаслідок розриву водневих зв'язків, деструкції каркасу води. При дробленні потоку ВПЕ на краплі в камері згоряння до накопичених іонів додаються такі ж іони продуктів термічного розкладання вуглеводнів мазуту, а сам процес займання ВПЕ настає легше й раніше в порівнянні з режимом горіння безводного мазуту. Причому, через первинне нагромадження  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $H_2O_2$  при горінні атомарного водню з рекомбінацією відбувається виділення теплоти цієї реакції на рівні  $216000 \dots 335000$  кДж/кг (холодна плазма). При горінні у факелі палаючої ВПЕ спостерігаються білі спалахи, характерні для горіння водню, що можливо тільки при спалахах низькотемпературної плазми внаслідок мікроривбухів крапель ВПЕ.

Після мікроривбуху краплі ВПЕ в ударній хвилі за фронтом газ сильно іонізований, а його іонна і електронна температури не збігаються. У стрибку ущільнення нагріваються тільки важкі частки, але не електрони, а обмін енергією між іонами та електронами відбувається повільно внаслідок великого розходження їхніх мас. Таким чином, при спалюванні ВПЕ має місце одночасний вплив на процеси горіння електрохімічних реакцій і ударних хвиль, що створюють відповідне акустичне поле не тільки в камері згоряння, а і в конвективному газоході. У зоні максимуму температур реакцій більшості сучасних камер згоряння компоненти палива завжди перебувають у частково збудженому стані. Але подальше збільшення частки збуджених часток приводить до значної зміни характеру протікань більшості реакцій. По даним [3] електричний розряд, як у силу високої ефективної температури (до  $12000$  К), так і через високу енергію вільних електронів, значно сильніше сприяє збудженню радикалів і молекул. У зоні основного розряду переважають реакції безпосередньої іонізації часток електронним ударом. Такі ж процеси повинні відбуватися і при мікроривбухах крапель кавітаційних ВПЕ.

В [4] розглянуто вплив ступеня початкової іонізації плазмового включення і представлені залежності приросту мольних часток відповідних речовин від ступеня іонізації включення, початкового діаметра включення і початкової температури середовища. Ріст початкового ступеня іонізації у всіх випадках передбачувано призводить до загального збільшення концентрацій активних часток (як і швидкостей їхнього виробництва - розпаду). Для інертного повітряного середовища пікові миттєві концентрації атомарного кисню монотонно зростають у міру збільшення початкової температури. Мінімум пікових мольних часток спостерігається для гідроксильних радикалів, концентрації яких незначно зростають при температурі полум'яної зони від  $1200$  до  $1400$  К (відповідає початковим ділянкам запалення і зони змішання) з наступним монотонним зниженням при  $1800 - 2000$  К, після чого спостерігається стрибкоподібне зростання виробництва  $OH$ , явно взаємозалежне з дисоціацією молекул води, що швидко утворюються у високотемпературній зоні, а також з інтенсифікацією ударних розщеплень вуглеводневих залишків збудженими частками плазмового включення, що необхідно врахувати при розгляді впливу мікроривбухів при спалюванні ВПЕ. У ході досліджень [2] встановлено нелінійний взаємозв'язок між початковим діаметром включення й виходом активних речовин. Як при збільшенні, так і при зменшенні початкового діаметра плазмової зони в діапазоні від  $1$  до  $6$  мм спостерігається розщеплення впливу початкової іонізації на виробництво  $OH$  і атомарного  $O$ . Очевидно, характер розсіювання збуджених часток (як дифузійно-конвективного, так і перезарядного механізму) і швидкість зниження середнього ступеня збудження пов'язаний із площею поверхні початкової зони й концентрацією характерних реагентів в основному потоці.

Проведені експериментальні дослідження показують, що при спалюванні в топці котла [5] і в камері згоряння (КЗ) експериментальної установки ХФ НУК при забезпеченні

постійної температури газів на виході із топки (КЗ) економія чистого палива досягає 25% при спалюванні ВПЕ з водомісткістю 25%. Згідно аналізу даних [6] при спалюванні ВПЕ з водомісткістю 25% у високооберткових ДВЗ економія чистого палива склала ~ 8% при забезпеченні постійного значення потужності. Проведене зіставлення відносних значень витрат ВПЕ до витрат чистого палива при однакових значеннях водомісткості у межах від 5 до 30% в котлі і КЗ, і ВОД показали, що вони мають практично однакові значення.

**Висновки.** Аналіз літературних даних і одержані результати досліджень показують, що процеси згоряння палива в елементах СЕУ при використанні ВПЕ у значній мірі визначаються законами хімічної кінетики взаємодії вуглеводнів і їхніх радикалів з молекулами та продуктами дисоціації води. ВПЕ є не просто продуктами фізичного змішання вуглеводневого палива з хімічно інертною рідиною, а зовсім особливим видом палива, що як якісно, так і кількісно змінює процеси, що характеризують горіння палива в камері згоряння дизеля, бо вказаний рівень економії палива може бути досягнутий за рахунок окислення іонів і молекул водню, що містяться у активованій при жорсткій кавітації води ВПЕ.

Використання кавітаційно підготовлених ВПЕ (на основі сірчистих палив) з водомісткістю біля 30% в елементах СЕУ забезпечує необхідну енергію мікроривів крапель ВПЕ і відповідну турбулентність у факелі палива, що згоряє, внаслідок чого зменшується концентрація твердих часток і знижується забруднення поверхонь нагрівання. При спалюванні такого складу ВПЕ на виході із зони горіння внаслідок автоматичного (природного) проходження фізико-хімічних процесів у складі димових газів з'являється суміш оксидів азоту з співвідношенням компонентів  $\text{NO}_2 : \text{NO}$  близького до еквімолярного співвідношення 0,35...0,5, при якому при температурах поверхні нижче ТТР пари  $\text{H}_2\text{SO}_4$  має місце найбільш інтенсивна абсорбція конденсатом сірчаної кислоти оксидів азоту. Це забезпечує появу пасивної плівки на поверхні металу і внаслідок цього різке зниження НТК до рівня 0,15 мм/рік при горінні кавітаційної ВПЕ в межах температури поверхні металу 140...70°C. Ця особливість дає можливість не тільки забезпечити зниження швидкості НТК, але і інтенсифікувати абсорбцію  $\text{NO}_x$  і  $\text{SO}_2$  (має місце зниження на виході з газового тракту  $\text{NO}_x$  в 3,6 рази,  $\text{SO}_2$  в 2,9 рази). Крім того, в зв'язку з різким зменшенням інтенсивності НТК можливо знизити температуру газів на виході з УК до рівня 80...90°C, що суттєво зменшує втрату теплоти з відхідними газами і забезпечити більш глибоку утилізацію теплоти цих газів шляхом встановлення конденсаційних поверхонь нагрівання, а значить підвищення ККД ДК до 95 % і глибини утилізації вихлопних газів в УК після ГД до 70% (замість 45%).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Лебедев, О.Н. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях / О.Н. Лебедев, В.А. Сомов, В.Д. Сисин. – Л.: Судостроение, 1988. - 105 с.
2. Лебедев, О.Н. Создание малотоксичных дизелей [Текст] / О.Н. Лебедев. – Л.: Судостроение, 1988. - 108 с.
3. Долматов Д.А., Кукурудза А.В., Хадживанд М. Химическая кинетика реакций возбужденных частиц при слабой ионизации среды/Авиационно-космическая техника и технология – 2012. - №8 (95).
4. Долматов Д.А. Генерация гидроксидов и атомарного кислорода вблизи малых плазменных включений/Авиационно-космическая техника и технология – 2013. - №8 (105).
5. Давидсон В.В. Сжигание водомазутных эмульсий в тепловых агрегатах / В.В. Давидсон, В.И. Елисеев, А.П. Толстопят, Т.А. Толстопят // Теплообмен ММФ – 2000. – Т.10; Теплообмен в энергетических установках. – Минск. – 2000. – С.405-412.
6. Парсаданов, И.В. Применение водотопливной эмульсии в автотракторном дизеле. Энергетические и экономические показатели. (Часть 2) / И.В. Парсаданов, А.А. Теплицкий, И.Н. Карягин, В.В. Солодовников, С.А. Кравченко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Заблоцкий Ю.В.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

**Введение.** Для улучшения качества сгорания топлива в судовых двигателях внутреннего сгорания оно подвергается предварительной подготовке, при этом из топлива не только удаляются механические примеси и вода, но и изменяются его реологические характеристики (вязкость и плотность), а также (за счет химической обработки) активируются межмолекулярные связи [1].

**Актуальность исследования.** Топливо, поступающее на судно в качестве источника энергии, подлежит обработке и подготовке в течение всего «жизненного» цикла – от нахождения в грузовых танках (где оно в зависимости от автономности плавания судна хранится от нескольких дней до месяца), до топливной аппаратуры высокого давления (которая обеспечивает его впрыска в цилиндр дизеля). Наиболее распространенными методами обработки топлива являются сепарация, фильтрация, ультразвуковая кавитационная обработка [2]. Среди альтернативных методов обработки топлива существуют также такие, которые основываются на использовании магнитных и электрических полей, а также гидродинамических воздействий. Химическая обработка топлива путем использования топливных присадок исследовалась для определения влияния присадок к топливу на экономические и экологические показатели работы дизеля [3]. Поэтому дальнейшее изучение химической обработки топлива, распространение этих исследований на более широкий спектр химических препаратов, определение влияния химической обработки топлива на процесс его сгорания и тепловую напряженность элементов дизеля, а также выдача рекомендаций, подтвержденных экспериментальными исследованиями, является актуальной задачей для такого научного направления, как речной и морской транспорт.

**Постановка задачи.** На данный момент конструктивное и технологическое исполнение судовых ДВС достигло своего совершенства, что обеспечивает минимальные удельные расходы топлива данных типов тепловых двигателей по сравнению с другими (паровыми котлами и газовыми турбинами). Поэтому использование присадок к топливу считается одним из путей повышения топливной экономичности дизелей. В связи с этим целью исследования являлось определение влияния топливных присадок на тепловую напряженность судового дизеля, а также на экономичность его работы.

**Результаты исследования.** Исследования проводились на судовом четырехтактном дизеле 6N21L Yanmar, обладающем номинальной мощностью 680 кВт при частоте вращения коленчатого вала 720 об/мин.

Уровень дозировки присадок варьируется в широких пределах и зависит от назначения присадки и характеристик топливной системы, в которой она используется. Присадки, которые вводятся в топливные цистерны или отдельные участки топливных магистралей для биологического воздействия на топливо или для снижения гидравлических потерь, дозируются в соотношении 1:8000...1:12500. Присадки, обеспечивающие улучшение процесса сгорания топлива, вводятся в его топливную систему в пропорции 1:1000...1:8000. И в том, и в другом случае дозировка может меняться в зависимости от конструкции двигателя, эксплуатационного состояния топливной системы, уровня загрязнения топлива в цистернах, элементарного состава топлива (в зависимости от содержания примесей ванадия, натрия и серы). Оптимальный диапазон дозирования присадки определяется экспериментально [4].

Для судових дизелів при оцінці рівня теплової напруженості немаловажним також являється ступінь рассогласования температури выпускних газів по окремих циліндрах. Отклонение температури выпускних газів одного з циліндрів від середнього значення по всім циліндрам дизеля може свідечувати про неправильну регулювання або погіршенні технічного стану топливної апаратури високого тиску. Ще однією причиною підвищеного рассогласования температури уходящих газів по циліндрам дизеля може являтися погіршення процесу смієєобразования і згорання палива. При проведенні експериментів було визначено менше відхилення температури выпускних газів по циліндрам дизеля від його усередненого значення  $t_{г}^{cp}$  при використанні присадки до палива. Результати, отримані при проведенні експериментів, наведені на рис. 1 і свідечують про принципове зниження теплової напруженості (температури выпускних газів) при використанні палива з присадкою. Діапазон зниження середньої температури выпускних газів становить 4,1...8,2% в залежності від режиму роботи дизеля.

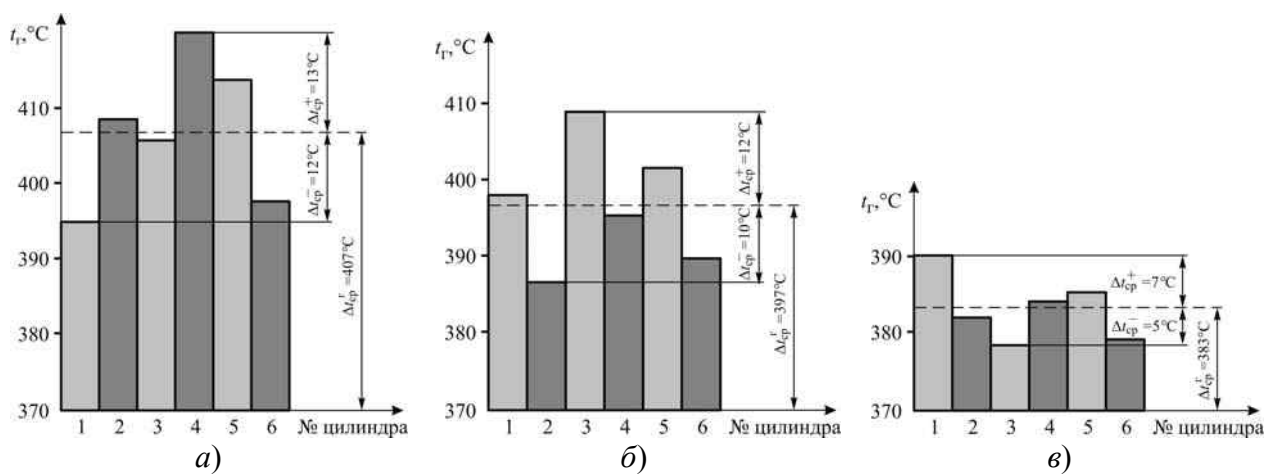


Рисунок 1. Рассогласование температуры выпускных газов  $t_{г}$  по цилиндрам дизеля 6N21L при разных условиях проведения эксперимента:

а) работа дизеля без использования топливной присадки; б), в) работа дизеля с использованием топливной присадки с концентрацией 1:2000 и 1:6000 соответственно

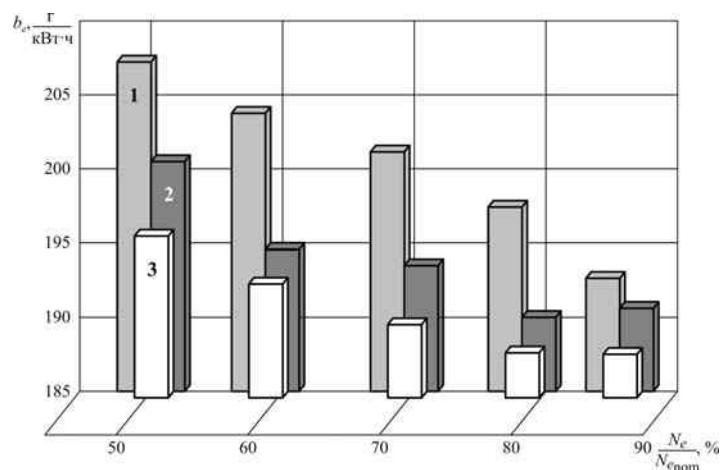


Рисунок 2. Изменение удельного эффективного расхода топлива  $b_e$  судового дизеля 6N21L при разных значениях его относительной мощности  $N_e/N_{enom}$ :

1 – «контрольный» дизель (без использования топливной присадки);  
2, 3 – «экспериментальные» дизели (при использовании топливной присадки с концентрацией 1:2000 и 1:6000 соответственно)

Параллельно с определением влияния топливных присадок на тепловую напряженность газо-выпускной системы выполнены исследования их влияния на экономичность работы дизеля. При этом в качестве критерия принимался удельный эффективный расход топлива  $b_e$ , значение которого в г/(кВт·ч) определялось согласно рекомендациям дизелестроительной фирмы [5]. Было установлено, что использование топлива с присадкой способствует снижению данного показателя во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок (рис. 2).

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. При использовании присадок к топливу на 46,2...58,3% снижается рассогласование значения температуры выпускных газов по отдельным цилиндрам от ее среднего значения. Это обеспечивает выравнивание тепловой нагрузки по всем цилиндрам дизеля и также уменьшает возникающую в нем тепловую напряженность.

2. Использование присадок к топливу приводит к повышению топливной экономичности судового дизеля. Установлено, что при использовании топливных присадок возможно достичь снижения удельного эффективного расхода топлива от 2,54 до 6,46 % (в зависимости от режима работы дизеля). При этом максимальное повышение топливной экономичности происходит в диапазоне 50...60 % нагрузки дизеля, т.е. режимов, характеризующихся наибольшим эксплуатационным периодом работы, а также повышенной тепловой напряженностью.

3. Концентрация присадки в топливе имеет оптимальное значение, определяется экспериментально и зависит от характеристик дизеля и используемого топлива. Для определения оптимальной концентрации присадки необходимы дополнительные исследования, которые (при наличии разработанной технологической карты) могут быть выполнены силами судового экипажа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sagin S. V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // *Modern Applied Science*. – 2015. – Vol. 9. – № 5. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269.

2. Zablotsky Yu. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

3. Sagin S. V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S. V. Sagin; O. A. Kuropyatnyk // *OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology*. – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/2018/2.3.

4. Zabloysky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zabloysky, S. V. Sagin // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

5. Zablotsky Yu. V. Reducing of thermal factor of exit-gas system of marine medium-speed diesel engine due to the usage of fuel additives / Yu. V. Zablotsky // *Science and Education : material of the XIII international research and practice conference, Munich, November 2<sup>nd</sup> – 3<sup>rd</sup>, 2016. – Munich : Vela Verlag Waldkraiburg. – 2016. – P. 96-103.*

## ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВНЕДРЕНИЯ ГПД НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Коваленко С.И.

Дунайский институт Национального университета «Одесская морская академия»  
(Украина)

Энергоэффективность флота – рациональное использование энергии или использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня производства транспортной работы при минимальных выбросах вредных веществ в воздушную и водную среды.

Изменения к Приложению VI Протокола 1997 г. Конвенции МАРПОЛ были приняты Комитетом по защите морской среды Международной морской организации (ИМО МЕРС) на сессии 15 июля 2011 г. Резолюцией МЕРС.203(62). В целом Приложение VI к Протоколу 1997 г. к Конвенции посвящено вопросам предотвращения загрязнения воздушной среды с судов.

Резолюцией КЗМС ИМО МЕРС.203(62) в Приложение VI МАРПОЛ введена, в частности, новая глава 4, устанавливающая ряд требований к энергоэффективности морских судов и направленная на постепенное снижение объема выбросов углекислого газа объектами морского транспорта.

Следует отметить, что в целом энергетическая эффективность морского транспорта (затраты энергии на единицу перевезенного груза) является весьма высокой по сравнению с другими видами транспорта, однако принятие Резолюции КЗМС вывело международное морское сообщество «в авангард борьбы» за повышение энергоэффективности, так как по сути новые правила представляют собой первый отраслевой стандарт энергоэффективности во всей мировой экономике. Новые правила предусматривают ряд мер, направленных на повышение энергоэффективности морских судов, в первую очередь через снижение объемов выбросов углекислого газа в атмосферу.

**Актуальность** проблемы использования газопоршневых двигателей (ГПД) в составе судовых энергетических установок (СЭУ) обусловлена двумя факторами: стремлением сократить потребление топлив нефтяного происхождения и необходимостью повышения экологической безопасности СЭУ. Судовые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) могут являться основным источником загрязнения атмосферы в таких локальных зонах, как порты, гидротехнические сооружения, акватории рек в черте города.

Эмиссия токсичных соединений и твердых частиц с отработавшими газами регламентирована международными стандартами (Euro, IMO, TA-Luft, Tier). В ближайшие годы следует ожидать ужесточения экологических требований к поршневым ДВС, прежде всего, по содержанию в отработавших газах оксидов азота NOx, снижение выбросов которых является одной из актуальных задач современного судового двигателестроения [1].

Проведенное сравнение табличных данных показывает, что применение в качестве топлива для ДВС природного газа обеспечивает существенное сокращение количества вредных выбросов по сравнению с использованием топлив на основе нефти: полностью исключаются выбросы серы, кардинально (на 90 %) снижаются выбросы оксидов азота (NOx), снижение выбросов парниковых газов на эквивалентную мощность составляет 25 – 30 %, что является дополнительным аргументом в пользу перевода судовых двигателей на газовое топливо в свете современных экологических требований ИМО. Используются два принципиально различных способа перевода дизельных двигателей на питание газовым топливом [2].

1. Конвертация дизельного двигателя в двигатель внутреннего сгорания с воспламенением газозвушной смеси от искры (полное замещение топлива). Данный способ является достаточно радикальным и связан со значительным изменением



конструкції базового двигателя. При этом с двигателя демонтируют дизельную топливную аппаратуру, уменьшают степень сжатия до 11 – 16 единиц, устанавливают систему зажигания, топливоподающую газовую систему. В результате двигатель работает на газовом топливе, которое имеет стоимость ниже, чем дизельное топливо. Экологические параметры отработавших газов конвертированного дизеля, как правило, выше исходного двигателя. При работе с использованием данного способа обеспечиваются номинальные мощности с незначительным снижением КПД с базовым двигателем. После выполнения конвертации двигатель уже не может больше работать на дизельном топливе.

2. Использование газодизельного режима. В газодизельном режиме в двигатель подают два топлива: основное дизельное (но в меньшем количестве, чем в базовом), дополнительное газовое (топливо для замещения). При этом основное дизельное топливо играет роль «запальной» дозы для воспламенения интегральной газозвоздушной топливной смеси. Существенным преимуществом газодизельного цикла является то, что мощность источника зажигания в нем значительно больше, чем в двигателе с искровым зажиганием. Кроме того, рабочая смесь поджигается не в одной точке у холодной стенки, а в центре заряда. Благодаря этому одной из важных особенностей газодизельного процесса является возможность надежной работы двигателя на обедненной рабочей смеси. При использовании данного способа сохраняется возможность быстрого перехода с газового топлива на дизельное и обратно.

У быстроходных дизельных двигателей расход жидкого топлива, используемого для воспламенения и полного сгорания газозвоздушной смеси, составляет 10 – 20 % количества, расходуемого при обычном дизельном процессе. В средне- и малооборотных двигателях требуется лишь 5 – 8 % дизельного топлива для воспламенения. В настоящее время существуют опытные модели двигателей, использующие 1 % пилотного топлива, и ведутся работы по дальнейшему уменьшению его количества. Именно такой способ воспламенения реализован фирмой Wärtsilä в двухтопливном двигателе 20DF, а также двигателях, разработанных фирмой MAN Diesel & Turbo для СЭУ и получивших одобрение классификационных обществ [3].

Полученные данные свидетельствуют о том, что перевод двигателя 8ЧН14/14 на альтернативные виды топлива не приводит к существенному снижению технико-экономических показателей, а учитывая различную цену топлив, может оказаться экономически целесообразным. Дополнительный экономический эффект может быть получен в результате того, что использование газового топлива обеспечивает повышение ресурсных показателей двигателей, так как газ не смывает масляную пленку со стенок гильзы цилиндров, увеличивается срок службы масла из-за пониженного нагарообразования в камере сгорания. По имеющимся статистическим данным, собранным на автомобильном транспорте, наработки ГПД до среднего и капитального ремонта превышают соответствующие периоды для поршневых двигателей, работающих на жидких углеводородных топливах в 1,5 раза.

Данные, полученные расчетным путем, подтверждают, что перевод судовых двигателей на газовое топливо снижает отрицательное воздействие СЭУ на окружающую среду, обеспечивая выполнение как существующих, так и перспективных экологических требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78).

Для двигателя 8ЧН14/14 с использованием пакета программы Diesel RK Net, был выполнен многовариантный тепловой расчет, результаты которого приведены в табл. 1.

Для достижения максимального энергетического и экологического эффекта необходима комплексная модернизация основных систем газопоршневых двигателей: топливоподачи, наддува, охлаждения, автоматического регулирования, обеспечение безопасности судовых энергетических установок с газопоршневыми двигателями. Сокращение затрат, связанных с внедрением газопоршневых двигателей, может быть

обеспечено за счет совершенствования проектирования и эксплуатации газопоршневых двигателей и максимального использования инфраструктуры, созданной для наземного транспорта, работающего на газовом топливе.

Таблица 1. Показатели работы двигателя 8ЧН14/14 при использовании различных видов топлива

Показатель работы двигателя	Вид используемого топлива		
	Дизельное (ГОСТ 305-82)	Природный газ (метан CH <sub>4</sub> )	Этанол (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)
Обороты коленчатого вала, мин	1900		
Степень сжатия	16,5		
Коэффициент избытка воздуха (оптимальный)	1,7	1,0	1,0
Угол опережения впрыска / зажигания (оптимальный), оПКВ	20	15 – 25	10 – 20
Эффективная мощность, кВт	300	300	300
Эффективный крутящий момент, Н·м	1685	1511	1508
Среднее индикаторное давление, МПа	1,617	1,750	1,549
Среднее эффективное давление, МПа	1,406	1,586	1,480
Часовой расход топлива, кг/ч	60	66 (эквивалентно 95,8 м <sup>3</sup> /ч метана)	73,8
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	205	220	246
Индикаторный КПД	0,440	0,443	0,433
Эффективный КПД	0,40	0,382	0,394
Механический КПД	0,875	0,860	0,860

Для оценки экологического эффекта от перевода двигателя 8ЧН14/14 на газовое топливо в программе Diesel RK Net был рассчитан состав продуктов сгорания при использовании различных видов газового топлива и различных составов газоздушнoй смеси. Результаты расчетов приведены в табл. 2, где  $\alpha_c$  – коэффициент избытка воздуха, обеспечивающий стехиометрический состав смеси;  $\alpha_{пр}$  – коэффициент избытка воздуха предельно обедненной смеси, при котором обеспечивается устойчивая работа двигателя;  $\alpha_{max}$  — коэффициент избытка воздуха смеси, при котором достигается максимальное среднее индикаторное давление.

Для получения максимального энерго-экологического эффекта от внедрения ГПД в СЭУ необходимо определить оптимальные для них параметры наддува и охлаждения, провести модернизацию этих систем, в том числе с использованием технических решений, приведенных в работе, и обеспечить автоматическое регулирование параметров охлаждения и наддува ГПД.

Результаты численных экспериментов, стендовых испытаний ГПД и опыт, накопленный при их эксплуатации, свидетельствует о том, что использование газового топлива приводит к изменению протекания рабочего цикла, перераспределению составляющих теплового баланса, изменению температур отработавших газов и охлаждающей жидкости. Как правило, переход на газовое топливо приводит к росту температуры отработавших газов и понижению температуры охлаждающей жидкости.

Именно поэтому перевод двигателя на газовое топливо не должен ограничиваться модернизацией его топливной системы.

Таблица 2. Состав продуктов сгорания при использовании в двигателе 8ЧН14/14 газового топлива

Топливо	Коэффициент избытка воздуха	Мольные доли компонентов отработавших газов						
		H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Природный газ (метан CH <sub>4</sub> )	$\alpha_c = 1,0$	–	0,229	0,656	–	–	0,114	0,0009
	$\alpha_{пр} = 1,34$	–	0,180	0,685	0,003	–	0,087	0,045
	$\alpha_{max} = 0,90$	0,016	0,228	0,633	0,007	0,02	0,102	0,0009
Этанол (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	$\alpha_c = 1,0$	–	0,308	0,692	–	–	–	0,0003
	$\alpha_{пр} = 1,25$	–	0,258	0,715	0,002	–	–	0,0272
	$\alpha_{max} = 0,95$	0,001	0,310	0,686	–	–	–	0,0003

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**.

1. Использование ГПД в составе СЭУ целесообразно как с энергетической, так и экологической точки зрения.

2. Максимальный энергоэкологический эффект от перехода на газовое топливо возможен при комплексной модернизации систем топливоподачи, охлаждения, наддува и автоматического регулирования ГПД.

3. Для снижения затрат, связанных с внедрением ГПД на водном транспорте, необходимо совершенствование методологии проектирования судов различного назначения (газовозы, буксиры, пассажирские) с комбинированными энергетическими установками, что позволит ускорить процесс модернизации существующих и строительства новых судов, работающих на газомоторном топливе, отвечающим всем современным требованиям.

4. Внедрение газа на речном флоте следует рассматривать как одну из важнейших государственных задач, направленных на повышение экономической эффективности эксплуатации судов и обеспечение экологической безопасности. При этом наиболее рациональным следует считать переоборудование выпускаемых дизелей для работы на газовом топливе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев Д. М. Суда на природном газе: опыт эксплуатации и перспективы развития / Д. М. Киселев, В. К. Новиков, В. В. Попов, К. И. Федин, И. В. Маслов // Речной транспорт (XXI век). — 2013. — № 3 (62). — С. 62–64.

2. Жуков В. А. Перспективы конвертации автомобильных двигателей в судовые в аспекте экологических нормативов / В. А. Жуков, М. С. Курин // Труды 11-й Международной конференции «Актуальные проблемы современной науки». — Ч. 3. Механика и машиностроение. — Самара: Изд-во СамГТУ, 2010. — С. 41–45.

3. Жуков В. А. Модернизация системы охлаждения дизеля 8ЧН14/14 для его использования в составе судовой энергетической установки / В. А. Жуков, А. Е. Ратнов // Двигатели внутреннего сгорания. — 2012. — № 2. — С. 59–64.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ КОНВЕНЦИИ МАРПОЛ 73/78 ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫБРОСОВ $\text{NO}_x$ ПУТЕМ ПЕРЕПУСКА ВЫПУСКНЫХ ГАЗОВ

Куропятник А. А.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

**Введение.** Основным документом, регламентирующим вредные выбросы в атмосферу от морских транспортных судов, является Приложение VI к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ). Этим документом выбросы оксидов серы  $\text{SO}_x$  предложено нормировать в соответствии с содержанием серы в топливе, а выбросы оксидов азота  $\text{NO}_x$  – исходя из типа судового дизеля.

Приложение VI МАРПОЛ (Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов) устанавливает уровневый подход к сокращению этих выбросов:

уровень Tier I представляет собой предел содержания окислов азота  $\text{NO}_x$  в выбросах дизелей судов, построенных после 1 января 2000 г., но до 2011 г.;

уровень Tier II – стандарт по содержанию  $\text{NO}_x$  для двигателей, установленных на судах, построенных 1 января 2011 г. или после этой даты;

уровень Tier III – стандарт по содержанию  $\text{NO}_x$  в выбросах двигателей, установленных на судах, построенных 1 января 2016 г. или после этой даты.

Следует отметить, что выполнение требований уровня Tier II возможно за счет изменения конструкции двигателя. В то же время достижение норм уровня Tier III невозможно без использования специальных технологий, к числу которых могут быть отнесены технологии каталитического восстановления окислов азота до элементарного азота с помощью добавок аммиака или мочевины, а также рециркуляция отработанных газов или переход на сжиженный природный газ [1].

**Постановка задачи.** Системы, обеспечивающие рециркуляцию выпускных газов (exhaust gas recirculation – EGR), как правило, применяются для малооборотных дизелей. Для судовых среднеоборотных дизелей управление потоком выпускных газов осуществляется путем их перепуска (Exhaust gas wastegate – EGW). В этом случае часть отработавших газов дизеля поступают непосредственно в газовыпускную магистраль помимо газотурбокомпрессора. Использование системы EGW обеспечивает снижение концентрации  $\text{NO}_x$  в выпускных газах, однако при этом (в связи с ухудшением процесса сгорания) снижается мощность дизеля и увеличивается удельный эффективный расход топлива. Кроме того, чрезмерное увеличение количества перепускаемых газов приводит к увеличению температурной напряженности дизеля.

Исходя из этого, **целью исследований** являлось определение оптимального объема перепуска выпускных газов, при котором с одной стороны обеспечиваются наилучшие для рассматриваемого режима работы дизеля экологические показатели (концентрация  $\text{NO}_x$  в выпускных газах), а с другой – минимальное увеличение (по сравнению с режимом работы без перепуска) удельного эффективного расхода топлива.

**Изложение основного материала исследования.** Исследования проводились на судовом среднеоборотном дизеле 6L20 фирмы Wartsila с электронной системой управления фаз топливоподачи, воздухо- и газораспределения. Номинальная мощность дизеля  $N_{\text{ном}}=1200$  кВт при 1000 об/мин. Три однотипных дизеля Wartsila 6L20 входили в состав судовой электростанции, имели одинаковый моторесурс работы и эксплуатировались на равновеликих нагрузках [2].

В качестве системы управления выпускными газами на дизеле установлена система EWG. Принципиальная схема системы EWG судового дизеля Wartsila 6L20 показана на рис. 1. Согласно инструкции по эксплуатации дизеля система EWG обеспечивает перепуск газов в диапазоне 0...10 %.

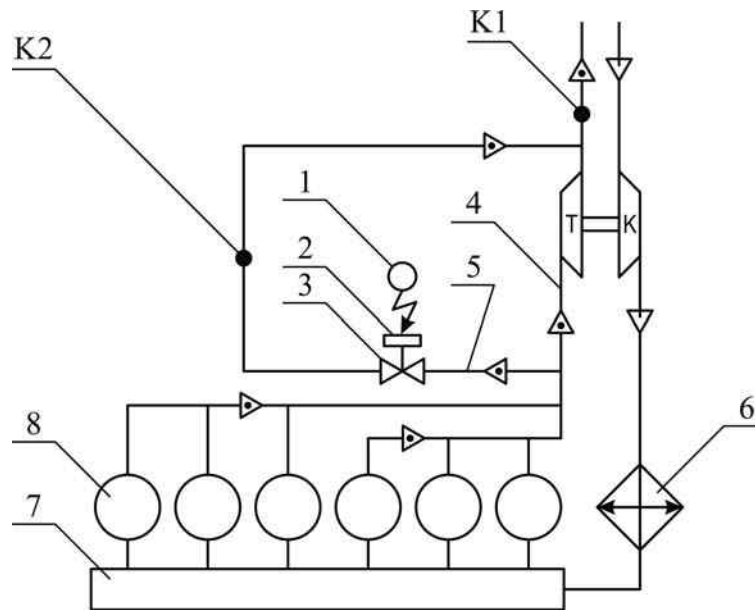


Рисунок 1. Принципиальна схема судового середнеоборотного дизеля Wartsila 6L20 с системой EWG:

1 – контроллер положения перепускного клапана; 2 – пневматический привод перепускного клапана; 3 – перепускной клапан (wastegate); 4, 5 – выпускные магистрали основного и перепускного потока газов; 6 – охладитель наддувочного воздуха; 7 – продувочный ресивер; 8 – цилиндры дизеля; K1, K2 – точки контроля расхода газов; T, K – газовая турбина и воздушный компрессор ГТН

Воздух, нагнетаемый компрессором, охлаждается в охладителе наддувочного воздуха 6 и поступает в цилиндры 8 через продувочный ресивер 7. В дизеле (традиционно для среднеоборотных дизелей фирмы Wartsila) реализуется импульсная система газотурбинного наддува, при которой выпускные газы из цилиндров 8 по отдельным газоходам поступают на лопатки ГТН. В зависимости от положения перепускного клапана 3 (перемещение которого осуществляется с помощью пневматического привода 2 и регулируется контроллером 1) выпускные газы поступают либо в основную магистраль 4, либо в перепускную 5. Расход выпускных газов в магистралях 4 и 5 определялся в точках K1 и K2 с помощью расходомера MT100S, позволяющего измерять в газовых потоках с температурой до 450°C. Во время эксперимента в точке K1 с помощью газоанализатора Testo350XL определялась концентрация  $\text{NO}_x$  в выпускных газах [3].

Дизель, на котором выполнялись экспериментальные исследования, обеспечивал мощностью постоянные группы потребителей. При этом (в зависимости от исследуемых режимов) его мощность поддерживалась в пределах  $0,55N_{\text{ном}}$ ,  $0,65N_{\text{ном}}$ ,  $0,75N_{\text{ном}}$ ,  $0,85N_{\text{ном}}$ . Погрешность в изменении мощности не превышала  $\pm 1,5\%$ . При проведении исследований контролировались и измерялись параметры, позволяющие определить эмиссию  $\text{NO}_x$  и удельный эффективный расход топлива  $b_e$ .

Результаты исследований обобщены в таблице 1 и представлены на рис. 2.

Таблица 1. Результаты эксперимента

$\delta_{\text{EWG}}, \%$	Эмиссия $\text{NO}_x$ , г/(кВт·ч) при нагрузках на дизель				Удельный эффективный расход топлива, $b_e$ , г/(кВт·ч) при нагрузках на дизель			
	55%	65%	75%	85%	55%	65%	75%	85%
0	8,72	8,37	7,81	7,58	198,6	196,9	195,5	190,6
3,8	8,58	8,32	7,62	7,18	200,7	198,9	196,3	191,2
6,0	8,42	8,18	7,52	6,83	201,6	199,6	196,8	192,0
8,1	8,38	8,12	7,47	6,63	203,5	199,8	197,3	192,2
9,6	8,24	8,01	7,38	6,53	203,8	200,6	197,5	192,5

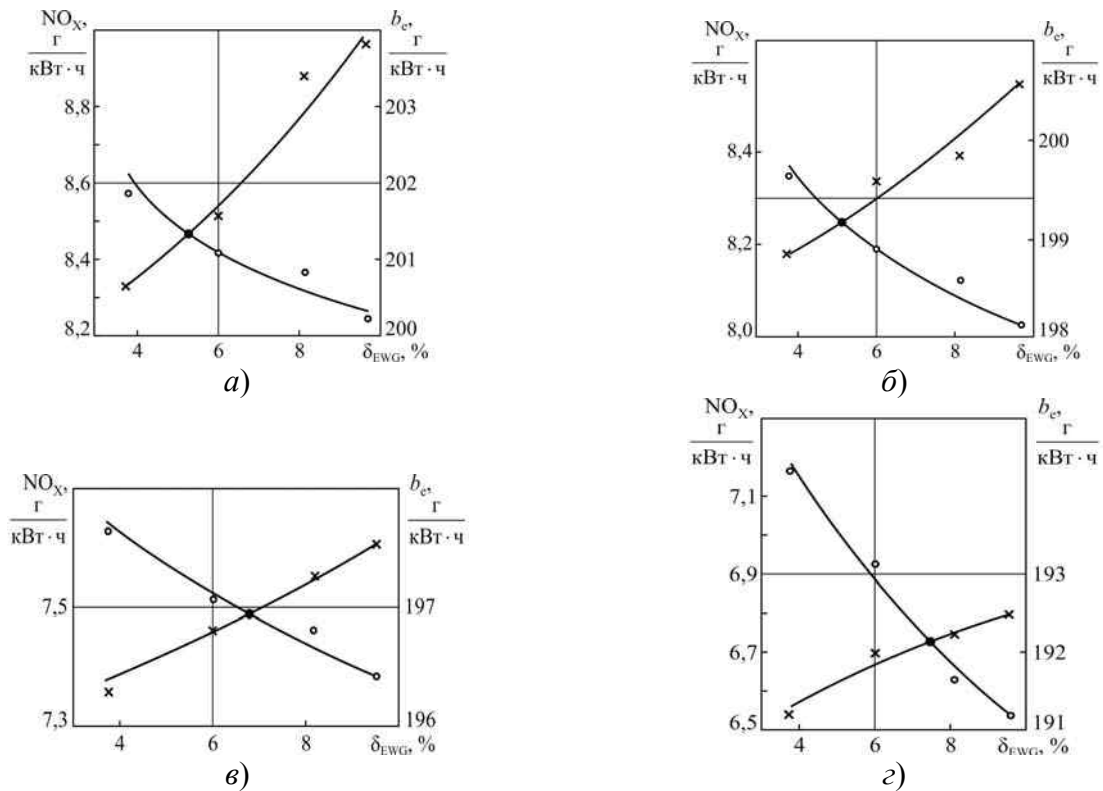


Рисунок 2. Зависимость эмиссии NO<sub>x</sub> (×) и удельного эффективного расхода топлива b<sub>e</sub> (o) судового дизеля Wartsila 6L20 от степени открытия клапана перепуска газов δ<sub>EWG</sub> для различной нагрузки N<sub>e</sub>: а) 0,55N<sub>енорм</sub>; б) 0,65N<sub>енорм</sub>; в) 0,75N<sub>енорм</sub>; г) 0,85N<sub>енорм</sub>

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1) повышение степени перепуска выпускных газов в диапазоне 0...9,5% способствует снижению эмиссии NO<sub>x</sub> с 8,72 г/(кВт·ч) до 6,53 г/(кВт·ч) и зависит от нагрузки на дизель; при этом относительное снижение выбросов NO<sub>x</sub> достигает значения 13,8...14,1%;

2) использование системы EWG изменяет стехиометрическое соотношение топливо-воздух, что способствует увеличению удельного эффективного расхода топлива; при нагрузках 75...85% номинальной мощности дизеля увеличение удельного эффективного расхода топлива составляет 1,05...1,1%, при нагрузках 75...85% – 2,5...2,7%;

Невзирая на увеличение удельного расхода топлива, использование системы EWG может быть рекомендовано в особых районах мирового океана, когда превалирующим показателем при эксплуатации судовых энергетических установок становятся их экологические параметры.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Kuropyatnyk O. A. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NO<sub>x</sub> Emissions from Marine Diesel Engines / O. A. Kuropyatnyk, S. V. Sagin // OUR SEA: International Journal of Maritime Science & Technology. – 2019. – Vol. 66. – № 1. – P. 1-9. <https://doi.org/10.17818/NM/2019/1.1>
2. Куропятник А. А. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей / А. А. Куропятник, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: наук.-техн. сборник. – 2018. – Вып. 24. – С. 72-80.
3. Куропятник О. А. Зниження емісії оксидів азоту судових дизелів методом перепуску выпускных газов / О. А. Куропятник // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту, 2018. – Вип. 4(57). – С. 98-108.

# СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВИХІДНИХ ГАЗІВ У СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Ліпенков І.В.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

Зростаючі масштаби поширення забруднюючих речовин над Світовим океаном в результаті спалювання палива, особливо емісія в атмосферу оксидів сірки, викликають дедалі більшу тривогу, і дана проблема посилюється в міру зростання світового флоту і зростаючих глобальних масштабів споживання бункерного палива. На сьогоднішній день існує багато паралельних цій проблематиці досліджень. Вивченню даної проблеми присвячені праці таких вчених, як Виноградов С. В., Жаркова О. А., Імнадзе Л. Б., Кириленко В. П., Кисильов В. А., Короткий Т. Р та проблемами судноремонтного виробництва можна ознайомитися у роботах таких науковців, як О.Мазур, В.Бабенко, М.Запорожця, В.Кравцова та ін [2].

Шкідливі викиди оксидів сірки з відпрацьованими газами суднових енергетичних установок представляють серйозну екологічну проблему.

Таблиця 1. Викиди оксидів сірки за різними типами суден, т/день

Тип судна (частка даного типу суден в світовому флоті, %)	SO <sub>x</sub> , т/день
Автомобілевози (7,6)	573
Балкери (9,6)	832
Контейнеровози (48,0)	8490
Універсальні (7,3)	467
Пасажирські (7,0)	1024
Рефрижератори (0,5)	68
Суда типа Ro-Ro (0,3)	150
Танкери (19,7)	1613
Сумарно (100)	13216

У зв'язку з цим виникає функціональна задача оцінки екологічного збитку від токсичності газових викидів та вжиття заходів щодо їх зниження.

Тим самим, науковець Нунупаров С. М. вказує на те, що морський транспорт один з перших зіткнувся з проблемою збереження чистоти Світового океану, оскільки у зв'язку зі специфікою улаштування морських суден, у процесі їх роботи, створюються різноманітні види відходів, які потрапляють до морського середовища [1; с. 8].

Метод боротьби за зниження надходження в атмосферу оксидів сірки від суднових енергетичних установок повинен бути комплексним, що поєднує первинне і вторинні заходи. До первинних заходів належать:

- очищення палива від забруднюючих домішок - поліпшення якості палива (збагачення вихідної сировини; використання водомазутних емульсій (ВМЕ);
- придушення утворення шкідливих речовин при горінні шляхом вдосконалення топкових процесів спалювання органічного палива (за рахунок поліпшення конструкцій топків, технологічних методів і режимних заходів).

До вторинних заходів належать технології уловлювання шкідливих домішок з газів, що відходять, що включають способи, призначені для грубої і тонкої очистки димових газів (мокрі методи, сухі методи, абсорбери для очищення продуктів згоряння від оксидів сірки, циклон-пінні апарати). Очищення димових газів від оксидів сірки здійснюється з використанням способів, призначених для виборчої очищення від конкретного

компонента, або технології, що використовує методи спільної очищення газів від оксидів сірки та оксидів азоту.

Знизити токсичність газових викидів оксидів сірки від суднових енергетичних установок можна за допомогою наступних заходів:

- попереднє очищення палива від з'єднань сірки;
  - паливопідготовки і регулювання режимних параметрів (зміна конструктивних параметрів);
  - заміна виду палива або форми експлуатації СЕУ при вході з прибережну зону.
- Паливо змінюється на більш легке і містить меншу кількість токсичних сполук;
- очищення вихлопних газів перед викидом в атмосферу;
  - зменшення викидів оксидів сірки, можливо, шляхом використання скрубера;
  - одним з простих способів видалення оксидів сірки з відпрацьованих газів є метод скрубрування з використанням морської води;
  - найпоширеніший метод - мокрий процес, коли гази, що виходять, наприклад, барботують через розчин вапняку, в результаті чого утворюються сульфід або сульфат кальцію;
  - застосування сухих методів очищення.

Станом на 31 травня 2018 року 983 судна в світі були оснащені установками очистки вихлопних газів (скруберами). Про це повідомляє Асоціація з очищення відпрацьованих газів (EGCSA) з посиланням на дані опитування членів асоціації.

Зацікавленість в установці скруберів підтверджує, що судновласники активно готуються до введення нових норм щодо вмісту сірки в судовому паливі. Починаючи з 1 січня 2020 року суднам буде заборонено використовувати паливо з вмістом сірки вище 0,5%. Тому до цього часу всі судна повинні будуть або перейти на альтернативні види палива, або пройти переобладнання з установкою скруберів. Вже сьогодні найбільші гравці галузі, такі як Frontline, DHT, Star Bulk і Spliethoff, встановлюють спеціальні очисники викидів на свої судна. EGCSA вважає, що, незважаючи на різке зростання попиту на це обладнання, придбання скруберів не є проблемою. Однак перешкодою до переобладнання суден можуть стати інші фактори, такі як наявність фахівців по лазерному скануванню і достатню кількість кваліфікованих монтажників. Тому далеко не всі судновласники, які запланували установку скруберів на свої судна, можуть реалізувати задумане в намічені терміни.

EGCSA продовжує приймати заявки на переобладнання систем очищення вихлопних газів до 2023 року. На сьогоднішній день опитування EGCSA підтверджує, що 63% всіх суден в світі були або будуть модернізовані з використанням скруберів, а 37% нових суден будуть спочатку обладнані цими системами очищення. 988 з 1.561 вже встановлених або замовлених скрубєрних систем призначені для очищення з відкритим контуром, що підтверджує популярність саме цього виду обладнання. Такі скрубєри простіше встановлювати і обслуговувати. Першими, хто випробував скрубєри для очищення вихлопних газів, ще в 2015 році стали власники ро-ро суден і поромів. За ними на нові системи переорієнтувалися власники круїзних суден. Тепер системи очищення вихлопних газів встановлюють на суднах, призначених для перевезення навалювальних вантажів, а також на контейнеровозах і танкерах. За даними EGCSA, в кожному з цих сегментів переважають модернізовані установки з відкритим контуром.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Нунупаров С. М. Предотвращение загрязнения моря с судов. Учебное пособие для вузов / С. М. Нунупаров. – М.: "Транспорт", 1985. – 288 с
2. Повышение эффективности технической эксплуатации среднеоборотных дизелей морских судов [Текст] : дис... канд. техн. наук: 05.08.05 / Бабенко Вера Михайловна ; Севастопольский национальный технический ун-т. - Севастополь, 2002. - 158 л. - Библиогр.: С. 130-138



## ДВИГАТЕЛЬ LVOC-COMBUSTING ME-GIE

Матвеев В.В.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Двигатель Mitsui-MAN B & W 7G50ME-C9.5 - GIE, изначально разработанный для сжигания газа этан, также работает на 100% сжиженном природном газе (LNG) Liquid Nature Gas, но, что не менее важно, он также сжигает смесь LNG и летучих органических соединений (VOC) Volatile Organic Compounds с ограниченным изменением эффективности газового режима. Было установлено, что смесь может содержать до 50% (VOC) по массе.

Хотя свойства воспламенения LNG и VOC сильно различаются, сгорание дизельного топлива ME-GIE и использование основного дизельного впрыска для зажигания дает двигателю возможность работать практически на любом качестве топлива (газа) без каких-либо или очень ограниченных потерь эффективности. Поэтому двигатель ME-GIE не чувствителен к качеству газа или низкому количеству метана, и детонация не представляет опасности. Эти характеристики двигателя имеют жизненно важное значение при сжигании VOC, потому что состав VOC будет варьироваться в зависимости от происхождения грузовой сырой нефти и её насыщенности.

Это открывает новые применения двигателя, например, в VLCC и челночных танкерах и для выработки электроэнергии на удаленных электростанциях или в оффшорных приложениях, таких как плавучее производственное хранилище и разгрузочные суда (FPSO), где VOC в избытке и не представляет потенциальную опасность для окружающей среды. Сегодня обработка сырой нефти на борту судов, перевозящих сырую нефть, и в портах приводит к экономическим потерям и экологической опасности. Для контроля давления в грузовом танке, VOC сбрасывается в атмосферу, где неметановая часть может реагировать с оксидом азота в присутствии света и создавать озон и смог.

Углеводородные газы или VOC испаряются из сырой нефти, в частности в связи с погрузкой, загруженными рейсами и очисткой резервуара после разгрузки. Степень испарения зависит от конструкции резервуара, условия окружающей среды и графика движения.

В типичном челночном танкере испарение от сырой нефти даёт приблизительно 200...300 м<sup>3</sup> жидких летучих органических соединений (LVOC) с максимальным объемом примерно 500 м<sup>3</sup> за рейс.

Особое внимание надо обратить на то, что тип двигателя ME-C-LGIP также может сжигать LVOC. В этом случае невозможно смешать LVOC с LNG, но вместо этого LPG Liquid Petroleum Gas может быть добавлен. Двигатель сожжет любую смесь LVOC и LPG.

Экономичное и экологически привлекательное решение для разгрузки VOC в атмосферу, чтобы извлечь VOC из сырой нефти и разделить его на жидкие летучие органические соединения (LVOC) и полунлетучие органические соединения (SVOC), рис. 1. VOC в грузовых танках сырой нефти может содержать все компоненты сырой нефти, включая более тяжелые углеводороды.

Чем дольше резервуар сырой нефти содержит газ летучих органических соединений, тем больше фракция более тяжелых углеводородов, которые будут присутствовать в VOC. В общем, молекулярный состав VOC зависит от времени удерживания в резервуаре, температуры, давления и частоты вентиляции резервуара для сырой нефти. Грузовой танк сырой нефти находится под давлением азота во время погрузки и выгрузки груза.

Более тяжелые углеводороды, а именно пропан, изо- и н-бутан, изо- и н-пентан, гексан и еще более тяжелые углеводороды (C7 - C10 +), образуют LVOC, который собирается в отдельном резервуаре VOC. Более легкие фракции, в основном метан, этан и

азот, который не может быть конденсирован, также может быть собран под давлением резервуар, так называемый баллон со сжатым природным газом (CNG) Compressed Natural Gas.

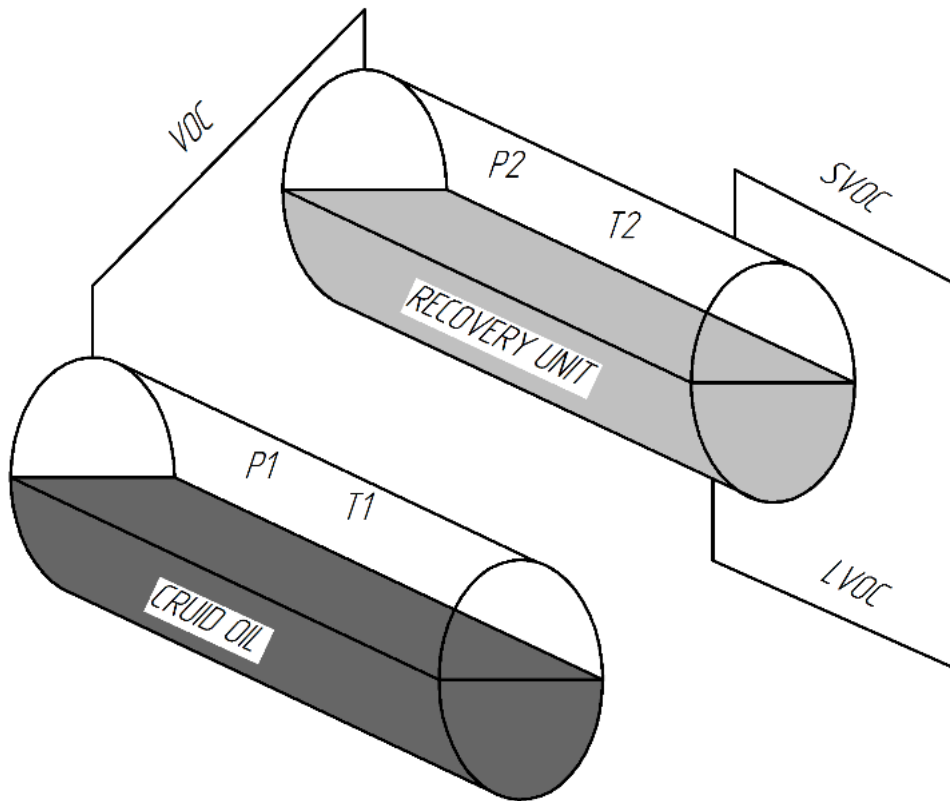


Рисунок 1. Разделение VOC из сырой нефти

Чтобы указать тенденцию детонации газового топлива, ему присваивается метановое число, которое зависит от различных компонентов газа. Метан с низкой тенденцией к детонации имеет метановое число 100, а водороду с высокой тенденцией к детонации дается значение ноль. VOC с высоким содержанием пропана и, в частности, с более высокими углеводородами, такими как бутан, пентан, гексан и более тяжелые, имеют очень низкие метановые числа и высокую склонность к детонации.

Из-за низкого метанового числа VOC нельзя использовать в двигателях Отто-цикла, поэтому использование его в ME-GIE является единственным правильным решением.

При сжигании LVOC на ME-GIE LVOC необходимо смешать с CNG, чтобы снизить плотность энергии по объему впрыскиваемого топлива. Смешивание определяется давлением впрыска и плотностью энергии топлива. Если плотность энергии высока, давление также должно быть выше, чтобы обеспечить достаточное проникновение воздуха в пламя.

Крайне важно, чтобы топливо оставалось на одной фазе в системе подачи топливного газа (FGSS) Fuel Gas Supply System и во время впрыска, чтобы поддерживать постоянное количество энергии, впрыскиваемой за цикл двигателя. Кроме того, требование к топливу, находящемуся в одной фазе, сводит к минимуму риск кавитации и обеспечивает подачу нужного количества энергии. Установлено, что LNG и LVOC полностью смешиваются при давлениях выше 25 МПа без разделения фаз.

Два параметра приводят к ограничению концентрации LVOC в топливной смеси LVOC и CNG.

Первый параметр - это количество самых тяжелых углеводородов, C10 + в LVOC. Слишком высокая их концентрация (C10 + > 1 %) Приведет к тому, что топливный газ будет образовывать жидкую и газовую фазы в FGSS и во время впрыска.

Знание концентрации C10 + важно, чтобы избежать двух фаз при смешивании с метаном. Чтобы быть в безопасности, молярное содержание C10 + должно быть ниже 0,1 %. В этом случае CNG можно смешивать с любой концентрацией LVOC.

Второй параметр - это количество азота в топливе LVOC - CNG. Концентрация азота должна составлять менее 30 %, что, как представляется, не трудно поддерживать. SVOC будет содержать большое количество N<sub>2</sub>.

Расположение FGSS зависит от типа корабля. Далее будут кратко представлены две разные конфигурации FGSS. Системы подачи соответствуют требованиям ME-GIE по давлению подачи и температуре, что означает 38 МПа при 45°C. В первой системе FGSS показано на рис. 2, LVOC и LNG поставляется из двух отдельных резервуаров, а затем смешиваются перед двигателем. Для главного двигателя 5G50ME-GIE соотношение должно составлять 50 % VOC и 50 % LNG.

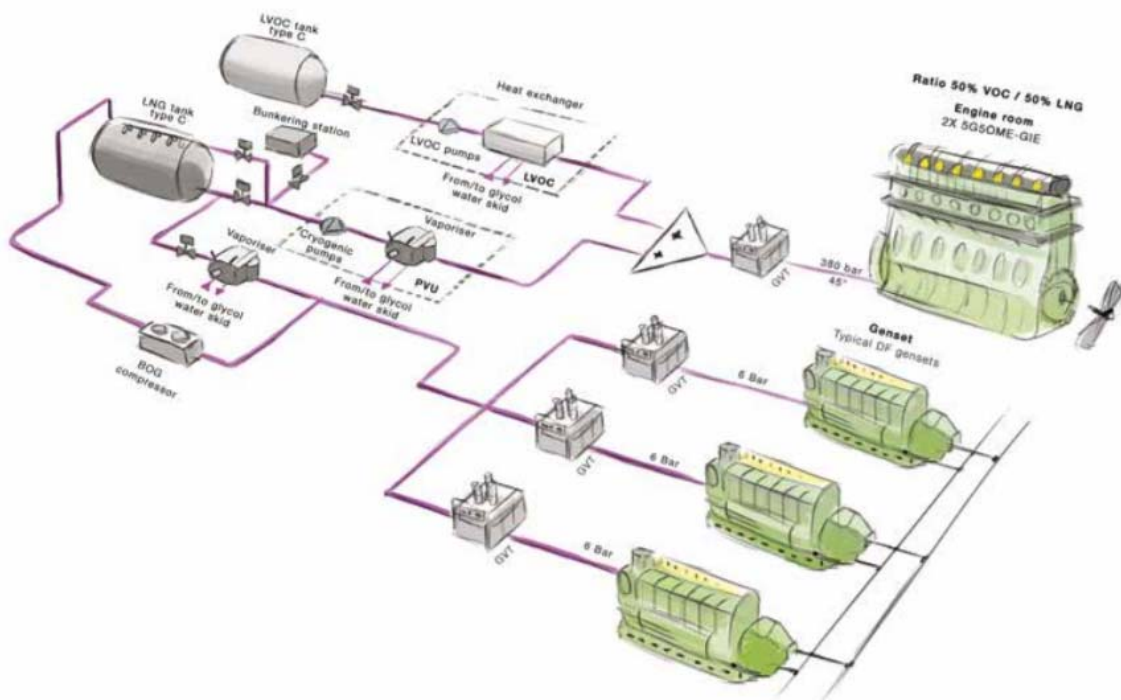


Рисунок 2. FGSS для двухтактного двигателя ME-GIE с горением LVOC

LVOC, хранящийся в резервуаре VOC при температуре окружающей среды, в зависимости от температуры, охлаждаемый или нагретый в теплообменнике должен соответствовать требованиям по давлению и температуре подачи топлива в двигатель ME-GIE. Насосно-испарительная установка под ключ (PVU), недавно разработанная MAN Diesel & Turbo, сочетает в себе криогенный насос и испаритель в компактном блоке, и предлагает упрощение всего FGSS. PVU содержит три криогенных бустерных насоса, компактный испаритель и фильтры для сжиженного природного газа, гликоля и природного газа (NG). В второй FGSS, показанный на рис. 3, VOC разделен на LVOC и SVOC.

Позднее они смешиваются в заранее определенном соотношении, как упоминалось раньше, до впрыска в ME-GIE.

Перед доставкой и испытанием на газа необходимо, чтобы двигатель был испытан на испытательном стенде как на LNG, так и на смеси LNG и LPG.

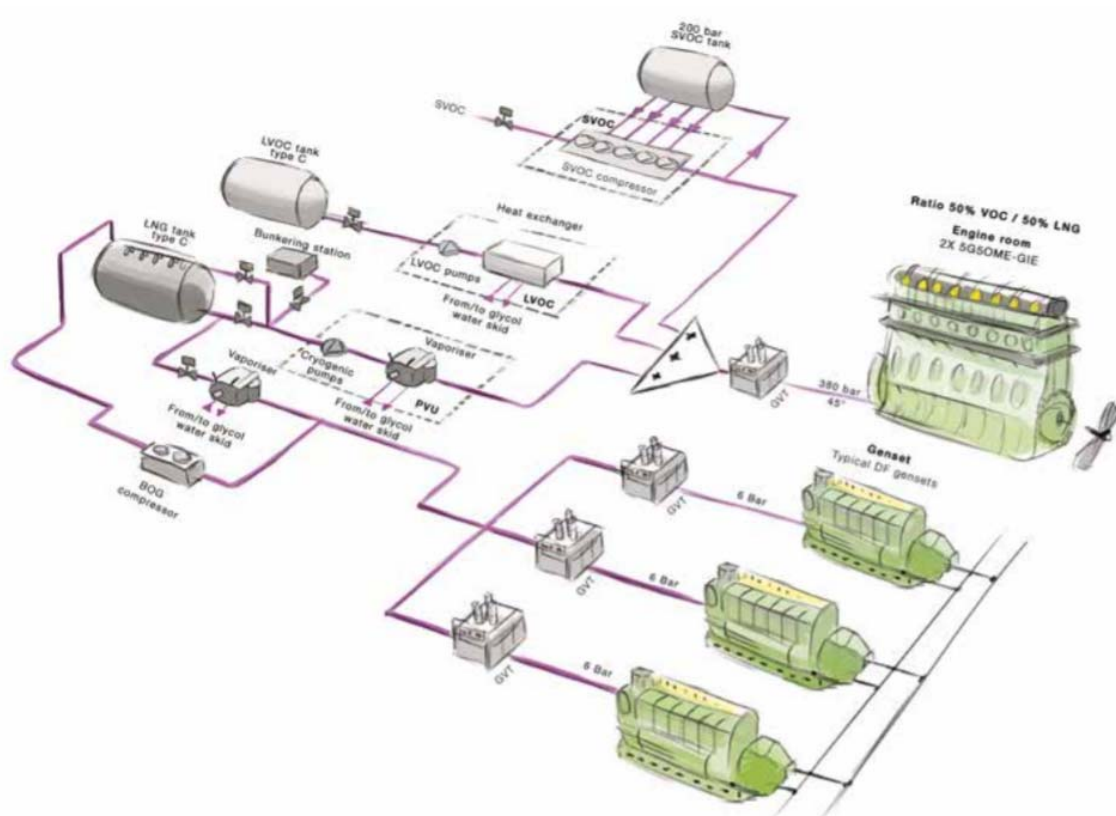


Рисунок 3. FGSS, где блок восстановления разделяет VOC на LVOC и SVOC, которые смешиваются и сжигаются в ME-GIE в заранее определенном соотношении

LVOC не должен быть доступен на испытательном стенде, достаточно смеси LNG и LPG.

**Выводы.** Возможность использования мультитопливного двигателя Mitsui-MAN B & W 7G50ME-C9.5-GIE для сжигания этанового газа, 100% LNG или смеси LNG и VOC открывает новые возможности применения, например, в (VLCC) - челночных танкерах, для выработки электроэнергии на удаленных электростанциях или в оффшорных приложениях, таких как плавучие производственные хранилища и разгрузочные суда (FPSO).

Было установлено, что смесь может содержать до 50% VOC, но значение, вероятно, увеличится еще больше. Свойства воспламенения VOC с очень низким числом метана подразумевает, что его нельзя использовать в двигателе с циклом Отто. Это делает двигатель ME-GIE очевидным выбором, так как качество газа, низкое количество метана и стук не проявляются и не вызывают проблем.

В типичном челночном танкере испарение из сырой нефти приближается примерно к 200...300 м<sup>3</sup> жидких летучих органических соединений (LVOC) за рейс. В этом документе представлены две системы подачи топливного газа, которые позволяют использовать энергию VOC, которая в противном случае была бы выброшена в атмосферу с экономическими потерями и экологическим риском в качестве последствий.

## РЕГЕНЕРАЦІЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ

Мацкевич Д.В.

Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)

**Вступ.** Невід’ємною складовою будь-якої суднової енергетичної установки є середньо-оберткові дизелі (СОД). На всіх без винятку морських суднах дані типи теплових двигунів використовуються як джерело електроенергії суднової електростанції, на ряді суден СОД, крім того, виконують функції головного двигуна, передаючи свою потужність на гвинт. Все це зумовлює пильну увагу, яку приділяють оптимізації роботи суднових СОД та їх систем [1].

**Актуальність досліджень.** Однією з систем, що забезпечують надійну експлуатацію суднових дизелів (як головних, так і допоміжних) є система змащення. Дана система підтримує наявність мастильної плівки в таких відповідальних парах тертя як кулачкова шайба розподільного вала – ролик штовхача, поршневі кільця – циліндрова втулка, вкладень підшипника (рамового або мотильового) – колінчастий вал. Під час експлуатації СОД несуча здатність мастильної плівки погіршується, що негативно сприяє на контактну взаємодію названих пар тертя, та, в свою чергу, може привести до виникнення аварійної ситуації [2]. Тому підтримка працездатного стану та функціональних властивостей мастильного матеріалу, який розподіляє контактуючі поверхні, є актуальним завданням, вирішення якого забезпечує надійну роботу суднових дизелів.

**Постановка задачі.** Робота моторного мастила, що забезпечує режими тертя та охолодження елементів суднових дизелів, супроводжується зміною його фізичних і хімічних властивостей. Крім того, при цьому змінюються і його реологічні характеристики, і в першу чергу в’язкість. Метою роботи було визначення можливості регенерації реологічних характеристик моторних мастил, що використовуються в циркуляційних системах змащення суднових дизелів, а також вивчення реологічних особливостей моторного мастила, яке знаходиться у вузькому зазорі пари тертя вал – вкладень підшипника.

**Результати дослідження.** Дослідження проводилися для моторного мастила MLC30 фірми Castrol, що має такі основні характеристики: густина –  $897 \text{ кг/м}^3$ ; кінематична в’язкість при  $40^\circ\text{C}$  – 107 сСт; кінематична в’язкість при  $100^\circ\text{C}$  – 11,5 сСт; загальне лужне число – 12 мгКОН/г; клас SAE – 30 і використовується в циркуляційній системі суднового дизеля S6A2 фірми Mitsubishi.

Експлуатація моторного мастила в дизелі відбувається тривалий період часу, протягом якого його реологічні характеристики постійно змінюються. Завдання їх регенерації, і особливо управління ними, є актуальним і сприяє підвищенню надійності роботи комплексу дизель – моторне мастило – мастильна система.

Для підтвердження висловлених припущень був проведений наступний експеримент. Випробуванням були піддані три дизеля S6A2 фірми Mitsubishi, що входять до складу допоміжної суднової енергетичної установки. Кожен дизель мав свою автономну систему змащення, що дозволяло виконувати дослідження його роботи з різним мастильним матеріалом. Технічний стан всіх дизелів був ідентичним, окрім того, умови експлуатації дозволяли зробити одночасну заміну всього мастила, що знаходиться в їх мастильній системі [3].

Перший дизель був «контрольним» і після заміни мастила в його системі інших технічних заходів з ним не проводилося і відповідно до вимог заводу-виготовлювача його експлуатація здійснювалася протягом 150 годин роботи без проміжного поповнення мастила в системі. За це період експлуатації рівень мастила в картері дизеля не знижувався нижче гранично допустимого.

Масильна система другого дизеля поповнювалася свіжим мастилом через кожні 10 годин роботи до верхнього рівня, що рекомендується в картері дизеля. Цей період поповнення було визначено в якості оптимального при проведенні попередніх експериментів з вивчення реологічних характеристик даного мастильного матеріалу.

Масильна система третього дизеля спочатку заповнювалася мастилом з поверхнево-активною присадкою, що містить в своєму складі солі міді. Крім того, через кожні 10 годин роботи поповнення мастильної системи даного дизеля здійснювалось мастилом з такою ж концентрацією поверхнево-активною присадки, як і в загальному обсязі системи.

Для максимальної коректності проведеного експерименту всі три дизеля перебували в експлуатації практично однакову кількість часу, при цьому відхилення в величині навантаження на дизелі не перевищувало 7%. З огляду на енергоємність дизелів, а також з урахуванням обсягу мастильної системи і тривалості експерименту, результати, що були отримані адекватно відображали процеси зміни реологічних характеристик моторного мастила [4].

З обсягу мастильної системи дизелів проводився відбір проб через різні проміжки часу. Головним параметром, який підлягав виміру, була в'язкість моторного мастила. При цьому, її вимір в суднових умовах проводився за допомогою штатної суднової експрес-лабораторії Viscomar фірми UNITOR. Таким чином вимірювалася «об'ємна» в'язкість. Вимірювання «пристинної» в'язкості виконувалося на експериментальній установці в науковій лабораторії. Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Зміна в'язкості моторного мастила в процесі експлуатації

Характеристика мастильної системи	Час експлуатації, години			
	0	50	100	150
В'язкість мастила в великому обсязі				
Робота в штатному режимі	107	122	125	128
Поповнення через 10 годин роботи	107	113	116	118
Поповнення через 10 годин роботи і добавка поверхнево-активною присадки	107	110,5	112	113
В'язкість мастила в граничному шарі				
Робота в штатному режимі	117	125	128	131
Поповнення через 10 годин роботи	117	121	122	123
Поповнення через 10 годин роботи і добавка поверхнево-активною присадки	126	126	127	128

Більш наочно процес зміни в'язкості проілюстрований на рис. 1, де показані статичні характеристики в'язкості в початковий і кінцевий момент роботи для розглянутих вище умов роботи дизеля і його мастильної системи.

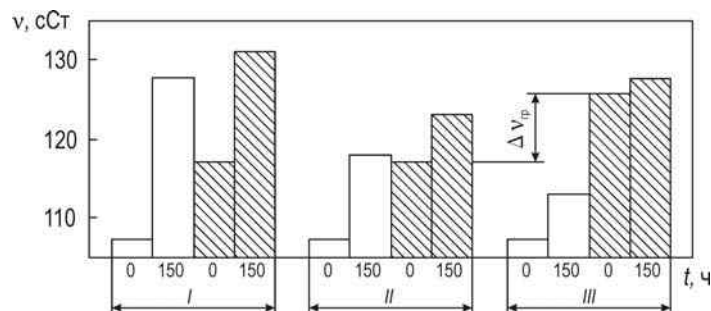


Рисунок 1. Зміна в'язкості мастила в процесі експлуатації

(чисті – «об'ємна» в'язкість, штриховані – «пристинна» в'язкість):

I – робота мастильної системи в штатному режимі; II – поповнення мастильної системи через 10 годин роботи; III – поповнення мастильної системи через 10 годин роботи і добавка поверхнево-активною присадки

Реологічні характеристики мастила у великому обсязі і в граничному змащувальному шарі відрізняються один від одного. Так, в'язкість мастила в граничному шарі  $\nu_{гр}$  (тобто в зазорі вал – вкладень) має більше значення, ніж в обсязі  $\nu_{об}$ . Використання поверхнево-активних речовин призводить до збільшення в'язкості в граничному змащувальному шарі. Слід мати на увазі, що в даному випадку відбувається «прирощення» в'язкості в граничному шарі  $\Delta\nu_{гр}$ , яке якісно відрізняється від збільшення об'ємної в'язкості. В даному випадку відбувається збільшення ступеня впорядкованості молекул в граничному шарі. Це призводить до підвищення гідродинамічної міцності моторного мастила, що забезпечує граничний режим тертя.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Аналізуючи наведені результати можна зробити наступні висновки.

1. В'язкість моторного мастила, що знаходиться у вузькому зазорі пари тертя вал – вкладень підшипника і забезпечує граничний режим тертя, залежить від швидкості зсуву, тобто проявляє «неньютонівській» характер течії.

2. Для моторного мастила необхідно розрізнити в'язкість в великому обсязі («об'ємну» в'язкість) і в'язкість в пристінному шарі («пристінну» в'язкість), яка має більше значення, що пояснюється виникненням орієнтаційної впорядкованості молекул в граничному змащувальному шарі.

3. В процесі експлуатації мастила в циркуляційній системі відбувається зростання значень як «об'ємної», так і «пристінної» в'язкості, що пояснюється окисленням мастила і попаданням в нього незгорілих вуглеводнів.

4. Збільшення періодичності поповнення масляної системи свіжим маслом, а також введення в масло поверхнево-активних компонентів уповільнює процес підвищення його в'язкості.

5. Шляхом оптимізації інтенсивності поповнення циркуляційної мастильної системи, а також за рахунок використання поверхнево-активних речовин, можливо управляти реологічними характеристиками мастила, що призводить до підвищення надійності роботи суднового дизеля.

Своєчасне поновлення реологічних характеристик мастильних матеріалів суднових дизелів сприяє підвищенню їх надійності. Визначення найбільш оптимальних термінів поповнення систем змащення мастилом залежить від характеристик та режимів роботи суднового дизеля, його технічного стану, а також експлуатаційних властивостей як мастила, так і палива, які при цьому використовуються, та може бути зроблено за результатами динаміки зміни в'язкості моторного мастила, що забезпечує граничний, або гідродинамічний режим змащення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Sagin S. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences. – 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

2. Sagin S. V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specificarion / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication. – 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627.

3. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств : наук.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

4. Мацкевич Д. В. Управление реологическими характеристиками моторных масел судовых дизелей / Мацкевич Д. В. // Проблемы техники : наук.-виробн. журнал. – 2013. – № 2. – Одеса: ОНМУ. – С. 52-60.



## ВОДЕНЬ, ЯК ПАЛИВО МАЙБУТНЬОГО І ПРОБЛЕМИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

Настасенко В.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Робота відноситься до сфери нетрадиційної енергетики, а саме – до заміни традиційних палив використанням водню, як палива, на флоті, оскільки .

**Аналіз стану проблеми, постановка мети і задач роботи.** Серед великої кількості глобальних проблем для людства, особливо важливими є 2 проблеми: вживання палива та глобального потепління.

Традиційні палива на базі нафти і газу – вичерпуються, а їх витрати зростають з розвитком транспортних перевезень, значна доля яких здійснюється флотом. Окрім того, спалювання палив з нафти і газу веде до викидів в атмосферу продуктів окислення вуглецю, сірки, азоту, твердих речовин та інших шкідливих відходів, для обмеження яких підвищені вимоги до якості палива [1]. Однак ці заходи не ведуть до зменшення викидів CO<sub>2</sub>, які у найбільшій кількості утворюються з традиційних палив, а саме вони ведуть до парникового ефекту, наслідком якого є глобальне потепління на Землі. Важливість боротьби з цим явищем підкреслюють щорічні «Саміти Землі» [2], значимість проблеми зросла до загальнолюдської та рівня ООН, тому на цих Самітах з 1994 року обов'язково присутні перші особи усіх держав світу. Однак президент США Трамп порушив цю традицію і знизив рівень боротьби з вказаним негативним явищем.

Але від цього гострота проблеми не зменшилася. В рішеннях Саміту у Парижі в 2015 році, вказано [3], що глобальне потепління збільшить температуру на Землі на 4°C в кінці XXI століття. Для обмеження даної температури до 2°C, що є неповним рішенням проблеми, необхідно зменшити викиди CO<sub>2</sub> щонайменше на 40%. Рішення цієї задачі можливе тільки при переході на альтернативні екологічно чисті палива і джерела енергії.

Найбільш перспективним таким паливом є водень, оскільки при електролізі води його запаси невичерпні, а його спалювання знову утворює воду. При цьому викиди CO<sub>2</sub> повністю відсутні. Водень має найбільшу теплотворну здатність на одиницю маси. Енерговміст 1 кг водню при прямому спалюванні еквівалентний енерговмісту близько 3 кг бензину, що розкриває більші потенційні можливості. Тому перехід на водневе паливо є актуальною і важливою задачею.

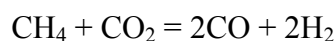
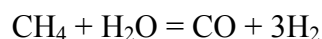
Однак, не зважаючи, на вказані переваги, використання водневого палива в наш час дуже обмежене. Аналіз обмежувальних причин є метою даної роботи. Її наукову новизну становлять результати цього аналізу і розробка рекомендацій для прискорення переходу на водень, як перспективний вид палива.

**Аналіз проблем переходу на водневе паливо.** Серед них головними являються:

- 1) Виробництво водню.
- 2) Зберігання водню.
- 3) Транспортування водню.
- 4) Використання водню.

*Виробництво водню.* Він є всюди в оточуючому середовищі, але в чистому виді в природі не зустрічається. Його треба виробляти з вуглеводнів, якими можуть бути традиційні палива, або з води. Основні види виробництва водню показані на рис. 1.

Великий інтерес представляють вже апробовані технології, а саме отримання водню з вуглеводневих сполук при конверсії природного газу, метанолу, дизельного палива, бензину; газифікації вугілля та ін. Наприклад, за методом конверсії метану хімічні процеси мають вид:





Однак при цьому використовується природний газ, а також утворюються гази парникової групи, що повторює недоліки використання традиційних палив. Хімічний процес потребує нагріву, тобто – додаткових енергетичних витрат.

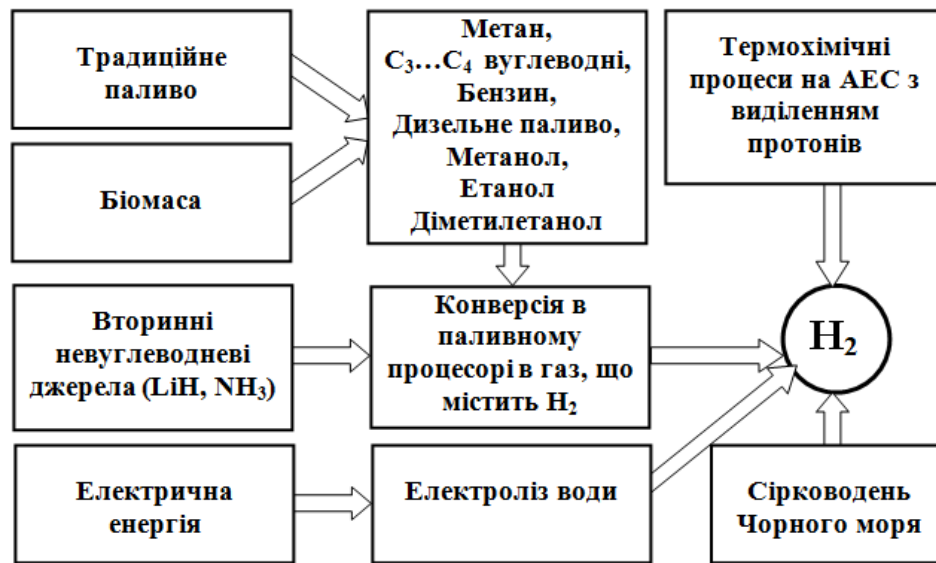


Рисунок 1. Основні способи виробництва водню

Більш доцільним є отримання водню, як побічного продукту деяких виробництв, наприклад, електрохімічного отримання хлору. Однак об'єми такого виробництва водню замалі для потреб флоту.

Перспективним є отримання водню з сірководню Чорного моря [4]. Однак цей шлях потребує значних інвестицій на будівництво видобувних платформ та на їх оснащення, які окупляться, щонайменше через 10 років. Такі інвестиції можуть бути оправдані вирішенням екологічної небезпеки Чорного моря, яке може спалахнути від викидів сірководню при землетрусі, як це мало місце у 1928 р., але світова спільнота, на жаль, ще не виділяє таких коштів.

Згідно розглянутих технологій найбільші переваги має електроліз водню з води, оскільки він забезпечується практично невичерпним джерелом для поповнення, а при очищеній воді – не виділяються інші побочні продукти, крім корисного кисню. Але його реалізація потребує великих затрат електроенергії, на виробництво якої в ТЕЦ витрачаються традиційні палива, які більш економічно спалювати напяму в ДВЗ.

*Зберігання і транспортування водню* є однією з ключових проблем, оскільки у вільному стані його дуже малі розміри забезпечують можливість проникнення скрізь кристалічну решітку заліза. Серед відомих способів зберігання водню слід виділити 3 основних:

1) Газобалонний у стисненому стані. Це найбільш простий, але небезпечний метод, оскільки водень просочується скрізь метал оболонки балонів.

2) У криогенних балонах Дюара у зрідженому стані. Найбільш складний і найбільш небезпечний метод, оскільки температура зрідження водню  $17^{\circ}\text{K}$ .

3) У гідридному стані сорбентами. Поки що складний, але найбільш безпечний метод, оскільки водень утримується в ємностях у фізично, або хімічно зв'язаному стані сорбентами, з генерацією його при нагріванні у місті споживання. Переваги: – дія по принципу акумулятора з можливістю багаторазової зарядки і розрядки без заміни сорбентів, безпечність, практично необмежений час зберігання, низький тиск і температура у стані експлуатації. Недоліки: – велика питома маса системи зберігання в відносно велика вартість ємностей.

Таким чином, виробництво водню доцільне поблизу місць його використання, а сучасні порти не мають такої можливості. Для цього необхідна нова інфраструктура, на

яку потрібні великі кошти і час для будівництва. Судно теж повинно бути оснащено найбільш безпечними засобами зберігання водню.

*Використання водню. Можливе у 5 варіантах:*

1) Пряме, замість традиційного палива у ДВЗ. Однак процес згоряння водню значно швидший, ніж нафтових палив і природного газу, тому при великих об'ємах камер згоряння сучасних двигунів, це загрожує потужним вибухом. Окрім того, інерція руху великих мас поршня та кривошипно-шатунної групи, при різкому ході в наслідок вибуху, веде до їх поломок. Потрібні складні системи для поступового впорскування водню, що знижує надійність двигунів і потребує значного часу і коштів на їх розробку.

2) Як палива у газотурбінних установках. Однак високу температуру згоряння водню (2500°C) нездатні витримувати матеріали лопаток сучасних турбін. Створення нових матеріалів теж потребує значного часу і коштів.

3) Як палива у котлах паротурбінних установок. Однак висока температура згоряння водню теж небезпечна для нагрівних трубок, а ККД системи котел – турбіна значно знижується, у порівнянні з ККД ДВЗ, що знижує економічність їх експлуатації.

4) Як палива у ракетних системах для руху судна. Однак це повністю змінює концепцію суднобудування, що потребує значного часу і коштів, але аналогами можуть бути двигуни ракети – носія «Енергія».

5) В електрохімічних генераторах (ЕХГ) на основі паливних елементів прямого перетворення молекул водню в іони (протони і електрони) при їх русі в електродах і в мембранах. Поки що ці системи малопотужні, а мембрани швидко засмічуються, що потребує їх заміни кожних півроку. Але їх переваги – великий ККД (до 80%) і повна відсутність механічних частин, які має звичайний електрогенератор. Усунення вказаних недоліків теж потребує значного часу і коштів, але дослідження ведуться переважно у цьому напрямку.

**Висновки та рекомендації.** Найбільш доцільним процесом виробництва водню є електроліз із води, при використанні нетрадиційних джерел електроенергії, серед яких переваги мають гідрохвильові електрогенератори за патентами В.О.Настасенко [5] на винаходи РФ №№ 2396673, 2603847, 2603849, 2615288, 2626188 та на винахід України № 103122.

1) Зберігання і транспортування водню доцільне у гідридному стані.

2) Використання водню на флоті найбільш доцільне у ракетних двигунах [6].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних націй про зміну клімату. Документ 995\_801 від 11.12.1997, поточна редакція від 17.11.2006./aws/show/995\_801.

2. COP-21. Саміт з клімату у Парижі (Франція, 31.11...12.12.2015) (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cop21/>)

3. Дмитриев А.Л. Экономические и технические проблемы развития водородного транспорта с целью улучшения экологического состояния окружающей среды // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – ISJAEE 2004. – № 1(9). – С. 14–18.

4. Леонов В.Е., Гацан Е.А. Рациональное использование морского сероводорода для топливно-энергетических целей и химического синтеза /Науковий вісник ХДМІ: Науковий журнал. – Херсон: ХДМІ, 2010. – № 1 (2). – с.142-148.

5. Настасенко В.О. Сучасна суднова гідрохвильова енергетика та її розвиток / Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Т.2. –Херсон, ХДМА, 2013. - с. 126-132.

6. Настасенко В.А., Подкорытов А.М. Современная концепция развития судовых двигателей внутреннего сгорания / Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – С-Пб : (Россия): № 2(10) 2011. – С. 50-56.

## СТВОРЕННЯ ГІДРОАВТОМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН З ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРОМ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Терентьев О.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)

**Вступ.** Гідравлічний привод одержав широке застосування на підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх і меліоративних машинах. Цьому сприяють переваги приводів такого типу, основними з яких є плавність і рівномірність руху робочих органів, можливість забезпечення великих передатних відношень, можливість безступеневого регулювання швидкостей у широкому діапазоні, легкість стандартизації та уніфікації основних елементів, невелика вага та малі габарити устаткування, простота запобіжних пристроїв і їхня висока надійність, легкість керування і регулювання, самозмащення устаткування.

Гідравлічний привод застосовують у багатьох машинах для привода робочого обладнання, колісного або гусеничного рушія, виносних опор і рульового керування.

**Аналіз публікацій.** В будівельних машинах для накопичення енергії робочої рідини в гідроавтоматичних системах застосовують гідроаккумулятори, які накопичують енергію шляхом деформування пружних елементів. В гідроаккумуляторі сила ваги, пружна сила або сила стисненого газу визначають величину гідравлічного тиску, оскільки всі сили знаходяться в рівновазі [1, 2].

Недоліком даних технічних рішень є невисока продуктивність роботи та гідравлічні удари через те, що енергоаккумулятор гідравлічної схеми має одну робочу камеру та не має рухомого поршня між робочими камерами.

**Мета і постановка задачі.** Метою роботи є розробка моделі роботи гідроавтоматичної системи будівельної машини обладнаної гідравлічним енергоаккумулятором для запобігання гідравлічних ударів та зменшення витрат енергії при роботі.

Поставлена задача вирішується шляхом введення в конструкцію гідравлічного енергоаккумулятора, що дозволяє здійснити рекуперацію енергії стисненої робочої рідини та запобігає гідравлічним ударам.

**Створення гідроавтоматичної моделі будівельних машин з енергоаккумулятором.**

Рух виконавчих органів будівельних машин піддається багатьом робочим навантаженням. Ці робочі навантаження можна звести до однієї узагальнюючої сили  $F$ , яка впливає на гідроавтоматичну систему будівельної машини [3].

При встановленні гідравлічного енергоаккумулятора в систему, узагальнююча сила починає взаємодіяти з поршнем енергоаккумулятора та впливати на його рух у гідравлічній схемі.

Рух механічної системи в енергоаккумуляторі гідравлічної схеми можна описати за диференціальним рівнянням Лагранжа другого роду.

Система в енергоаккумуляторі має одну ступінь свободи так як її положення визначається одним параметром. Таким параметром служить переміщення центра ваги поршня  $x$ .

Так як система, яка розглядається має одну ступінь свободи, то ми будемо мати для неї одно рівняння Лагранжа другого роду [4]:

$$F = \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial x} + \frac{\partial E_p}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}}, \quad (1)$$

де  $x$  – переміщення поршня;  $E_k$  – кінетична енергія системи;  $E_p$  – потенційна енергія системи;  $\Phi$  – дисипативна енергія системи.

Обчислимо узагальнюючу силу  $F$ , яка відповідає узагальнюючій координаті  $x$ .

Для цього надаємо можливе переміщення системи, яке відповідає зміні координати  $x$  на досі малу величину  $\partial x$ .

Кінетична, потенційні та дисипативна енергії системи дорівнюють:

$$E_k = \frac{1}{2}m\dot{x}^2; \quad E_p = \frac{1}{2}k(x_i - x_0)^2; \quad \Phi = \frac{1}{2}c(\dot{x}_i - \dot{x}_0)^2, \quad (2)$$

де  $m$  – маса поршня;  $\dot{x}$  – швидкість центра ваги поршня,  $k$  – коефіцієнт жорсткості пружин;  $x_0$  – початкове положення центра ваги поршня;  $x_i$  – кінцеве положення центра ваги поршня;  $c$  – коефіцієнт стиснення (демпфування) рідини;  $\dot{x}_0$  – початкова швидкість переміщення робочої рідини;  $\dot{x}_i$  – кінцева швидкість переміщення робочої рідини.

Знаходимо похідні кінетичної, потенційної та дисипативної енергії системи:

$$\frac{\partial E_k}{\partial x} = m\dot{x}; \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}}\right) = m\ddot{x}; \quad \frac{\partial E_k}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial E_p}{\partial x} = k(x_i - x_0), \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}} = c(\dot{x}_i - \dot{x}_0) \quad (3)$$

де  $\ddot{x}$  – прискорення центра ваги поршня.

Підставляючи рівняння (3) у рівняння Лагранжа другого роду (1) знаходимо узагальнюючу силу:

$$F = m\ddot{x} - 0 + k(x_i - x_0) + c(\dot{x}_i - \dot{x}_0). \quad (4)$$

Приведемо рівняння (3) до геометричних параметрів гідросистеми.

Довжина та швидкість переміщення поршня:

$$L = (x_i - x_0); \quad V = \delta \frac{\pi D^2}{4} L, \quad (5)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт зменшення об'єму робочої рідини, який залежить від робочого тиску в системі;  $D$  – діаметр поршня.

Прискорення переміщення поршня згідно рівняння Бернуллі:

$$\ddot{x} = \frac{\rho V^2}{2} = \frac{\rho \pi^2 \delta^2 D^4 L^2}{32}, \quad (6)$$

де  $\rho$  – щільність робочої рідини.

Звідси узагальнююча сила дорівнює:

$$F = m \frac{\rho \pi^2 \delta^2 D^4 L^2}{32} + kL + c\delta \frac{\pi D^2}{4} L. \quad (7)$$

Виведене рівняння пов'язує сили, що діють на поршень гідравлічного енергоакумулятора з геометричними параметрами гідросистеми та фізичними параметрами робочої рідини.

**Висновки.** Таким чином, запропонована гідроавтоматична система будівельної машини обладнана гідравлічним енергоакумулятором дозволяє акумулювати потенційну енергію опору середовища та зменшувати витрати енергії при роботі без застосування додаткових джерел енергії, які потребують періодичного поповнення ззовні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: Підручник / [Л.Є. Пелевін, Д.О. Міщук, В.П. Рашківський, Є.В. Горбатюк, Г.О. Аржаєв, В.Ф. Красніков] – К.: КНУБА, МОНУ, 2015. – 340с.
2. Навроцкий К.Л. / Теория и проектирование гидро- пневмоприводов / Учебник для студентов вузов по специальности “Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика”. – М.: Машиностроение. 1991. – 334 с.
3. Пелевін Л.Є. Підвищення надійності і довговічності приводів динамічних робочих органів будівельної техніки на основі стендових випробувань: Монографія / Л.Є. Пелевін – К.: Українська академія наук, “МП Леся”, 2008. – 196 с.
4. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Часть 2: учебн. для студ. высш. уч. зав. / А.А. Яблонский. – М.: Изд-во “Высшая школа”, 3-е исп. и доп., 1966. – 411 с.

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКОГО ПЕРЕСУВНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

<sup>1</sup>Ремізов П.П., <sup>1</sup>Товстокорий О.М., <sup>2</sup>Сілеверстов І.А., <sup>1</sup>Даньшин М.І.  
<sup>1</sup>Херсонська державна морська академія (Україна)  
<sup>2</sup>Херсонський національний технічний університет (Україна)

**Вступ.** В останні кілька десятиліть спостерігається активний розвиток вітроенергетичних проектів на прибережних шельфах морів. Працюють численні діючі і встановлюються нові вітрові ферми, що генерують «зелену» електроенергію. Почалося освоєння глибоководних ділянок морських районів з інтенсивною вітровою активністю. Динамічно розвивається два напрямки – установка вітряків на різних плавучих платформах, на якірних системах далеко у відкритому морі. Другий тип - це глибоководні морські вітрових установки з поплавковим принципом утримання «класичних» вітрових генераторів в вертикальному положенні.

**Основна частина.** Розвиток цих технологій свідчить про те, що освоєння вітрової енергії у відкритій частині морів і океанів з активною вітровою навантаженням вже розпочато і що в майбутньому ця робота буде розвиватися ще більш інтенсивно.

Але в основному вітрові турбіни пропонуються з горизонтальними валами, що вимагає все більше і більше збільшення розмірів для підвищення потужності. Крім цього до уваги береться потенціал гідроенергетики при проектуванні таких вітрових турбін.

Пропонується проект морського пересувного енергетичного комплексу «Каскад». Комплекс, розташований на плавучій платформі, включає в себе активний вітрило, що складається з: поворотної опори (поворотний підшипник великого діаметра) на якій встановлений каркас з ферм під обтічник і двох вертикальних турбін карусельного типу. Установка також має під турбінами на несучих фермах електричні генератори з мультиплікаторами. Електричні генератори по електричним кабелям і через безконтактний пристрій передають вироблену електроенергію на електророзподільний щит і енергосховище.

Особливий вплив на керованість платформи надають активний вітрило і підводні гідротурбіни.

Активний вітрило на поворотній платформі може розташовуватися до вітру під певним заданим кутом, що дозволить платформі рухатися гаслами у напрямку до вітру і утримуватися на генеральному курсі. Підводні гідротурбіни на правому і лівому підводному борту катамарана. Їх розташування може бути по одній з кожного борту як показано на малюнку або симетрично по дві на кожен борт.

Вони служать для вироблення електроенергії від зустрічного потоку води при русі платформи в результаті роботи активного вітрила.

**Висновки.** Пропоновані пристрої можуть бути різних розмірів в залежності від призначення і встановленої потужності. Платформи «Каскад» можуть встановлюватися на стаціонарні якірні місця і подавати електроенергію на найближчий берег. Можуть бути океанських розмірів з потужностями турбін в кілька Гігават, з споживанням потужності прямо на борту або з передачею електрики через заряд і транспортування акумуляторів.

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ СИСТЕМ ПЕНТАПЛАСТ - AgI ТА ПЕНТАПЛАСТ - ВНТ

Рокицький М.О., Шут М.І., Рокицька Г.В., Демченко В.Л., Січкач Т.Г., Шут А.М.  
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова (Україна)

Завдяки комплексу унікальних властивостей наноматеріали і нині є об'єктами вивчення дослідників, і продовжують надалі привертати їхню увагу. Внесення неорганічних наночастинок в якості наповнювачів до полімерних систем дозволяє одержувати полімерні композиції, які, на відміну від традиційних полімерних матеріалів, характеризуються поліфункціональністю та високоефективними фізико-хімічними і технологічними характеристиками. Розробка таких матеріалів дозволяє обійти класичні утруднення, що полягають у необхідності збереження компромісу між ефективністю використання та економічністю виробів.

Дане дослідження присвячено з'ясуванню особливостей структури полімерних композитів систем пентапласт - йодид срібла (AgI) та пентапласт - вуглецеві нанотрубки (ВНТ). Для одержання зразків для досліджень було використано порошкоподібний пентапласт промислового виробництва марки БП. Вихідний порошок диспергували механічним способом із наступним фракціонуванням з використанням лабораторних сит марки УКС-СЛ-200 з діаметром комірок 50 та 40 мкм. Перед пресуванням порошок пентапласту було витримано протягом 24 год при температурі 323 К для видалення летких низькомолекулярних домішок.

В якості наповнювачів були використані хімічно чистий йодид срібла з розмірами частинок  $2 \div 8$  мкм із формою, подібною до прямокутного паралелепіпеда із співвідношенням сторін 1:1:3 та 1:1:2 та кислотно очищені від мінеральних домішок багат шарові вуглецеві нанотрубки із зовнішнім діаметром  $10 \div 40$  нм, питомою поверхнею  $200 \div 400$  м<sup>2</sup>/г та питомим електричним опором  $0,05 \div 0,1$  Ом·см.

Контроль чистоти вихідного AgI здійснювали методом рентгенофазового аналізу, що показав, що крива розсіювання йодиду срібла є типовою для цього матеріалу і характеризується наявністю ряду максимумів, найбільш інтенсивним з яких є максимум при  $2\theta = 23^\circ 42'$ . Дослідження структурних особливостей пентапласту також проводили методом рентгенофазового аналізу, що показав, що чистий пентапласт має ступінь кристалічності – 26 % та характеризується переважно кристалітами  $\alpha$ -модифікації, що для даного режиму формування добре узгоджується з літературними даними і має орторомбічну структуру з наступними параметрами кристалічної ґратки:  $a = 0,861$  нм,  $b = 1,785$  нм,  $c = 0,482$  нм, чотири мономерні ланки.

Зразки систем пентапласт - AgI та пентапласт - ВНТ готували у наступному термо-баро-часовому ( $T-p-t$ ) режимі: нагрівання зі швидкістю 3,5 К/хв, витримка при 483 К протягом 15 хв під тиском 20 МПа, охолодження з розплаву з швидкістю 0,5 К/хв, що відповідає найкращим технологічним умовам переробки композиту з урахуванням властивостей як наповнювача, так і полімерної матриці. При виготовленні зразків для досліджень суміш порошоків пентапласту та вуглецевих нанотрубок попередньо ретельно гомогенізували в рідинному середовищі за допомогою УЗДН-А та пресували після термообробки в термовакуумній шафі при температурі 333 К.

Дослідження особливостей структури полімерних композитів систем пентапласт - AgI та пентапласт - ВНТ окрім рентгеноструктурного аналізу проводили методами рефлексійної оптичної та електронної мікроскопії.

Результати досліджень мікроструктури полімерних нанокомпозитів систем пентапласт – ВНТ та пентапласт - AgI з концентрацією наповнювача  $\phi = 1,3$  об. % в оптичному діапазоні наведені на рис. 1.



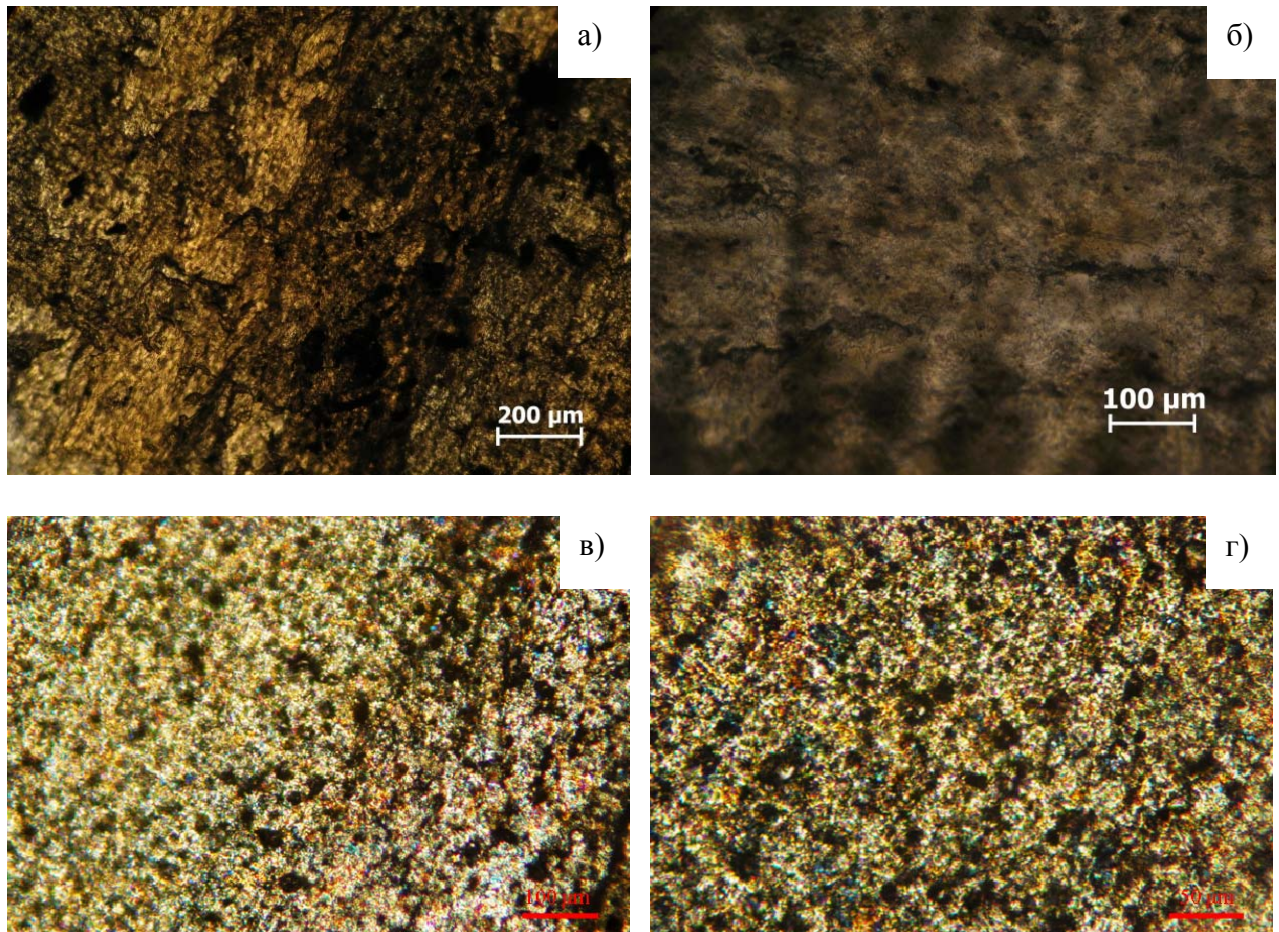


Рисунок 1. Фотографії мікроструктури полімерних нанокompозитів системи пентапласт - ВНТ (а, б) та пентапласт - AgI (в, г) з концентрацією  $\varphi = 1,3$  об. %, одержані із різним збільшенням

На рис. 2 наведені результати рентгенографічних досліджень деяких полімерних композиційних матеріалів систем пентапласт - AgI та пентапласт - ВНТ.

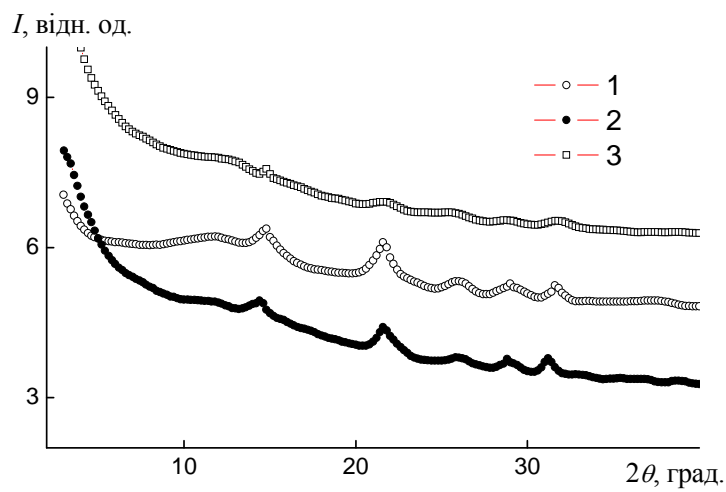


Рисунок 2. Рентгенограми композитів систем пентапласт - ВНТ та пентапласт - AgI:  
1 - пентапласт - 2 об. % ВНТ, 2 - чистий пентапласт, 3 - пентапласт - 2 об. % AgI

Рентгеноструктурні дослідження проводили за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-4-07, рентгенооптична схема якого виконана за методом Дебая–Шеррера на проходження первинного пучка через досліджуваний зразок, з використанням  $\text{CuK}_\alpha$ -випромінювання ( $\lambda = 0,154$  нм), монохроматизованного Ni-фільтром. Як джерело характеристичного рентгенівського випромінювання використовували рентгенівську трубку БСВ27Cu, яка працювала в режимі  $U = 30$  кВ,  $I = 40$  мА. Дослідження виконували методом автоматичного покрокового сканування в інтервалі кутів розсіювання ( $2\theta$ ) від 2,6 до 40 градусів, час експозиції становив 5 с. Температура проведення досліджень становила  $T = 293 \pm 2$  К.

Дослідження концентраційних залежностей густини та пористості полімерних композиційних матеріалів систем пентапласт – AgI та пентапласт - вуглецеві нанотрубки проводили методом гідростатичного зважування. Для визначення густини композитів проводили зважування зразків у повітрі та у етиловому спирті.

Результати досліджень концентраційних залежностей густини та пористості полімерних композиційних матеріалів системи пентапласт – йодид срібла показали, що завдяки пластичності частинок AgI, пористість одержаних зразків не перевищувала 0,5 %.

Результати досліджень концентраційних залежностей густини та пористості полімерних композиційних матеріалів системи пентапласт - вуглецеві нанотрубки наведені на рис. 3.

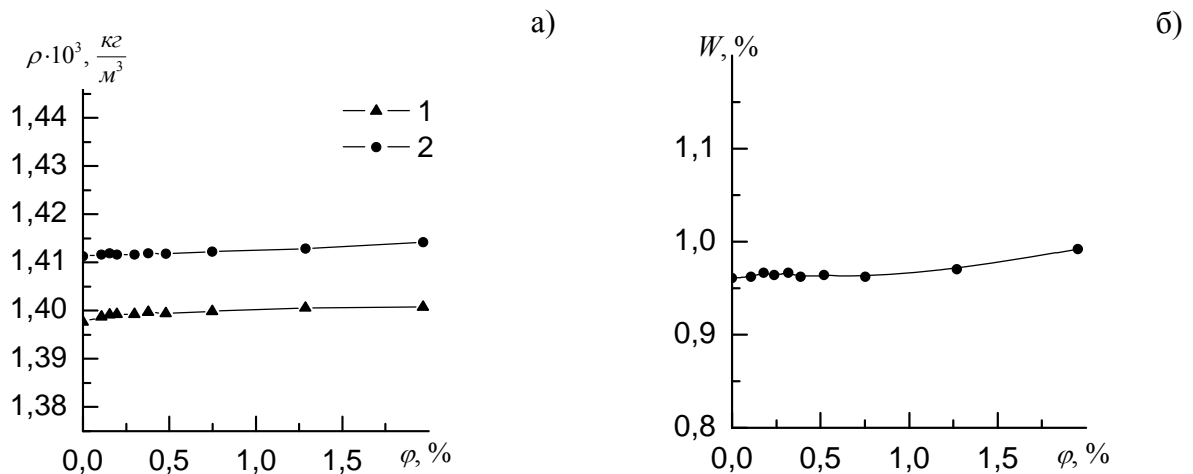


Рисунок 3. Концентраційні залежності: а) 1 – уявної та 2 – істинної густини; б) пористості полімерних композиційних матеріалів системи пентапласт - вуглецеві нанотрубки

Залежність густини системи пентапласт - ВНТ характеризується монотонним зростанням, яке пов'язано із збільшенням вмісту ВНТ із більшою ніж у пентапласту питомою густиною. Значення густини в межах похибок вимірювань співпадають з розрахунковими. Пористість усіх зразків полімерних композиційних матеріалів системи пентапласт – вуглецеві нанотрубки залежить вмісту наповнювача та не перевищує 1 %, що дає підстави розглядати систему як двокомпонентну.

Приймаючи до уваги результати дослідження густини та пористості композитів системи, можна зробити висновок, що одержані полімерні нанокомпозити характеризуються низьким рівнем пористості, що в сукупності із високими показниками хімічної стійкості пентапласту, дозволяє експлуатувати полімерні композити системи пентапласт - вуглецеві нанотрубки у складних атмосферних умовах та у присутності агресивних середовищ.



## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Сагин С.В.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

**Введение.** Работа любых механизмов, совершающих поступательное или вращательное движение, происходит с неизбежными потерями мощности и полезной энергии. С целью минимизации этих потерь контактирующие детали разделяются слоем жидкости, обеспечивающей смазочный эффект. При этом в зависимости от зазора между контактирующими деталями и условиями их работы обеспечивается гидродинамический или граничный режим смазывания. В условиях граничного смазывания (или граничного трения) контактирующие поверхности разделены тонким слоем смазывающей жидкости, которая благодаря своим упругодемпфирующим свойствам обеспечивает работоспособность узла трения. Одним из трибоузлов, работающих в режиме граничного трения, является прецизионная пара плунжер – втулка топливного насоса высокого давления (ТНВД) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) [1].

**Актуальность исследования.** Длительная эксплуатация судовых дизелей без существенных изменений показателей рабочего процесса в большей степени зависит от состояния топливных насосов и форсунок, надежность работы которых определяется триботехническими показателями – качеством изготовления и состоянием прецизионных пар. Ухудшение состояния прецизионных пар плунжер – втулка приводит к ухудшению процесса сжатия и впрыска топлива. Кроме того, при этом нарушается синхронизация движения плунжера топливного насоса высокого давления и хода поршня дизеля, приводящая к отклонениям в законе подачи топлива. Еще одним следствием ухудшения технического состояния прецизионных пар топливных насосов высокого давления является возникновение протечек топлива и уменьшение его цикловой подачи.

**Постановка задания.** Учитывая изложенное, целью исследования являлось определение способа обработки контактируемых поверхностей топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей, при котором обеспечиваются минимальные потери энергии в трибологической системе плунжер – топливо – втулка ТНВД при одновременном поддержании заданных мощностных характеристик ДВС [2].

**Результаты исследования.** Для прецизионных пар топливной аппаратуры высокого давления в качестве метода, способствующего снижению износа их контактирующих поверхностей, может быть рекомендовано эпиламирование. В качестве рабочей среды для процесса эпиламирования широкое распространение получили растворы перфторполиэфиркислоты общего вида  $RfCOOH$  ( $Rf$  – фторсодержащий радикал) в хладагентах. При эпиламировании на поверхности твердого тела образуется пленка толщиной до 30 нм, которая не влияет на дислокационную структуру и твердость металла, а ее поверхностная энергия зависит от вида эпилама и не зависит от эпиламируемого материала. Основная функция эпиламированного слоя состоит в удержании смазочного материала в зоне трения энергетическим барьером на границе «металл – эпилам».

Метод эпиламирования, примененный для прецизионной пары плунжер – втулка ТНВД, не получил широкого распространения в элементах судовых технических средств. Это, в том числе, связано с консервативностью судовой энергетики как науки и стремлением судового экипажа избежать дополнительных рисков, возникающих при внедрении инновационных идей. Особенно это касается таких ответственных узлов, как топливная аппаратура высокого давления. Однако, при качественных предварительных исследованиях, а также при соблюдении технологии нанесения эпиламов на поверхности элементов топливной аппаратуры высокого давления, возможно создать условия,

способствующие повышению их эксплуатационных характеристик и экономичности работы дизелей [3].

Энергетическая эффективность любой трибологической системы оценивается величиной потерь, к которым относятся: потери энергии на трение (определяемые коэффициентом трения) и потери материала в результате разрушения поверхностей трения (определяемые интенсивностью изнашивания).

Поэтому исследования заключались в определении износа поверхностей плунжеров как подвергшихся эпиламированию, так и находящихся в обычном состоянии. Исследования выполнялись на судовом дизеле 6L18 MAN Diesel. На плунжера ТНВД, обеспечивающие подачу топлива в цилиндры №№ 1 и 4, не наносились слои эпилама. В качестве покрытия поверхности плунжеров использовалась фторорганические жидкости Polisam-20MCK (которые наносились на плунжера ТНВД №№ 2 и 5) и Akwaline (которые наносились на плунжера ТНВД №№ 3 и 6) [4].

Через промежутки времени, соответствующие 380, 820, 1210, 1640 и 2180 часов работы дизеля (длительность которых обуславливалась условиями эксплуатации, позволяющими выполнить остановку дизеля и ревизию его топливных насосов) производилось определение площади износа поверхности плунжеров (как эпиламированных, так и работающих без нанесения покрытия). После чего полученные значения для каждой группы плунжеров усреднялись, а дизели вновь вводились в эксплуатационный режим работы. Результаты исследований приведены в табл. 1 и обобщены в виде номограммы на рис. 1.

Таблица 1. Результаты измерения износа плунжеров ТНВД

Время работы плунжера, час	Площадь износа поверхности плунжера, мм <sup>2</sup>		
	без нанесения эпилама	с нанесением слоев эпилама	
		Polisam-20MCK	Akwaline
380	129	98	94
820	153	103	99
1210	181	113	116
1640	209	121	126
2180	224	124	128

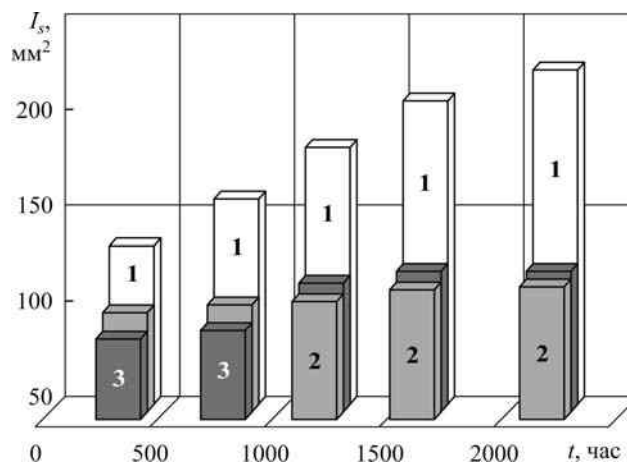


Рисунок 1. Зависимость износа  $I_s$  плунжеров топливного насоса от времени работы  $t$  судового дизеля 6L18 MAN Diesel:

- 1 — для плунжера без использования эпилама;
- 2 — для плунжера с нанесенным слоем эпилама Polisam-20MCK
- 3 — для плунжера с нанесенным слоем эпилама Akwaline

При проведении экспериментов через каждые 100 часов работы проводилось периодическое индицирование дизеля. При этом цилиндры с однотипным состоянием плунжеров ТНВД (без использования эпилама, с нанесенным слоем эпилама Polisam-20МСК, с нанесенным слоем эпилама Akwaline) поочередно отключались и по изменению частоты вращения выполнялась оценка распределения нагрузки по цилиндрам дизеля. В результате было установлено, что при изменении состояния поверхностей плунжеров за счет эпиламинирования нагрузка на различные цилиндры дизеля не изменяется.

Результаты свидетельствуют, что эпиламинирования прецизионных поверхностей позволяет в значительной степени снизить изнашивание плунжерных пар ТНВД, повысив, таким образом, надежность и долговечность работы данного узла дизеля.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Эксплуатация трибологической системы плунжер – втулка ТНВД происходит в режиме граничного трения, а слой топлива, разделяющий их поверхности, выполняет функции смазочного материала.

Для прецизионной пары топливной аппаратуры высокого давления плунжер – втулка в качестве метода, способствующего снижению контактных нагрузок, возникающих на их поверхностях, может быть использовано эпиламинирование.

Нанослой эпиламинирование, нанесенный на поверхности прецизионных пар ТНВД способствует повышению энергетической эффективности данной трибологической системы, что (в зависимости от времени эксплуатации ДВС) выражается в 24,0...44,6%-ом снижении износа плунжеров.

Эпиламинирование относится к категории современных нанотехнологических методов, требует предварительных исследований по определению оптимальных видов органических покрытий и времени их нанесения на прецизионные поверхности, но при этом не вызывает дополнительных затрат при его использовании на речных и морских судах, повышает энергетическую эффективность трибологических систем ДВС и может учитываться при разработке методики определения параметров СЭУ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sagin S. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences. – 2016. – Vol. 13. – Iss. 2. – P. 200-208.
2. Сагін С. В. Зниження енергетичних втрат в прецизійних парах паливної апаратури судових дизелів / С. В. Сагін // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 139-149.
3. Zablotsky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment, May 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.
4. Заблоцкий Ю. В. Исследование влияния органических покрытий на работу элементов топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей / Ю. В. Заблоцкий // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 35.– С. 83-92.

## ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ-СМІТТЄВОЗІВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВОГО ПАЛИВА

Скалига М.М., Рудинець М.В.

Луцький національний технічний університет (Україна)

Експлуатація автомобілів-сміттєвозів має певну специфіку, відмінну від експлуатації вантажних автомобілів-самоскидів загального призначення. Перш за все, це зумовлено тим, що різноманітні види сміття мають різну густину, а отже і різну масу, за сталого об'єму вантажної платформи. Крім того, під час завантаження платформи іноді дуже важко візуально встановити дійсну масу вантажу за щільністю і формою насипу. Тобто, в деяких випадках можливі перевантаження платформи. В той же час, у процесі завантаження/розвантаження платформи необхідно мати можливість регулювати потужність приводу масляного нагнітача. Також, до особливостей експлуатації автомобілів-сміттєвозів можна віднести і дещо менші значення середньої технічної швидкості, ніж у вантажних автомобілів-аналогів загального призначення. Це накладає відповідні вимоги до величини коефіцієнта пристосовуваності двигуна для таких автомобілів. Тому, автомобілі-сміттєвози в своїй переважній більшості обладнуються дизельними двигунами, як джерелами механічної енергії [1].

Дизелям притаманний ряд переваг перед іншими типами двигунів не лише в плані тягово-швидкісних характеристик, але й питомої витрати палива. Однак суттєвим недоліком є нижча, ніж у бензинових двигунів, питома потужність і, відповідно, неспроможність швидко виходити на форсовані режими без запровадження спеціальних конструктивних заходів.

Одним із таких розповсюджених заходів є застосування системи газотурбінного наддуву, коли частина енергії відпрацьованих газів застосовується для примусового збільшення тиску повітря у впускному колекторі. Проте, знову ж таки, наявність системи газотурбінного наддуву дає можливість поступово збільшувати потужність двигуна у, за звичай, їздовому режимі [2]. Під час рушання перевантаженого автомобіля-сміттєвоза система газотурбінного наддуву не завжди забезпечує досягнення двигуном необхідної потужності, що негативно відображається на показниках економічності та токсичності відпрацьованих газів. Зокрема це характерно для завантажувально-розвантажувальних режимів, коли автомобіль-сміттєвоз знаходиться, наприклад, у обмеженому будівлями дворовому просторі, чи на закритому звалищному майданчику сміттяпереробного заводу відповідно, і загострюється питання погіршення так званої локальної токсичності [3].

Крім того, слід відмітити і гірші показники токсичності відпрацьованих газів дизелів за вмістом різноманітних сполук, типу NOx. Останнє вже викликало низку впровадження заходів, спрямованих на заборону у ряді країн ЄС дизельних технологій, з нормативами токсичності ВГ, нижчими Євро VI [4].

Додатково, доцільно зауважити, що автомобілі-сміттєвози за звичай знаходяться на балансі муніципалітетів, бюджет котрих достатньо обмежений. Тобто питання покращення економічності є досить важливими в плані скорочення незворотних витрат.

Для покращення економічних і екологічних показників автомобілів-сміттєвозів, укомплектованих дизелями, пропонується конвертувати останні в двигуни, здатні споживати біогазове паливо. При цьому можуть використовуватись різноманітні цикли: газодизельні, дизельні (внутрішнє сумішоутворення) з запалюванням від свічки розжарювання, або ж варіації циклу Отто [2, 5, 6]. Хоча, на думку авторів, найоптимальнішою була б технологія іскрового-форкамерно-факельного запалювання, варіант якої розроблено на кафедрі автомобілів і транспортних технологій Луцького НТУ. При цьому передбачається, що форкамера має представляти собою окремий вузол,

обладнаний власним, керованим примусово, газовим клапаном та іскровою свічкою запалювання, котрий встановлюється в шахту штатної форсунки [7].

Застосування технології використання біогазового палива для покращення економічних і екологічних показників автомобілів-сміттєвозів продиктоване низкою аргументів

По-перше, останні досягнення в напрямку переробки органічних сміттєвих та каналізаційних відходів призвели до стрімкого розвитку технологій виробітку з них альтернативних палив, що за своїми фізико-хімічними властивостями близькі до штатних (біогаз, біометан, диметилефір, тощо). При цьому, комплекси виробництва даних палив за звичай є технологічними ланками сміттєпереробних заводів та полігонів. Тобто, автомобілі-сміттєвози можуть відразу ж запраплятись за місцем вивантаження, на кінцевих пунктах маршруту, що скоротить витрати палива на холості пробіги до заправочних станцій [8,9].

По-друге, технології іскрового форкамерно-факельного запалювання притаманні властивості високої економічності і низької токсичності ВГ по основних компонентах, особливо NOx, за рахунок розшарування робочої суміші у циліндрах двигуна [10].

По-третє, дана технологія передбачає зменшення кількості слюсарно-механічних робіт під час конвертації базового дизеля, та максимального використання штатних деталей ЦПГ. Тобто, ставлять задачу створення фактично багатопаливного двигуна, здатного однаково ефективно споживати вищезгадані палива, Такому двигуну будуть притаманні властивості швидкої реконвертації в умовах експлуатації, відповідно до паливної кон'юнктури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Р.В.Каргин. Классификация машин для сбора и вывоза твердых бытовых отходов. – Известия науки. СевероКавказский регион. Технические науки. 2011, №2.
2. Абрамчук Ф. І. Автомобільні двигуни/ Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко: Підручник. – К.: Арістей, 2006. – 476 с.
3. Даниил Минаев. Обзор мусоровозов на шасси именитых производителей. – <http://www.gruzovikpress.ru/article/4157-obzor-musorovozov-na-shassi-imenityh-proizvoditeley-kompaktnye-shassi-i-munitsipalnye-nujdy/>
4. <https://destacar.de/zapret-dizelya-v-germanii/>. Запрет дизеля в Германии | какие города и автомобили |.
5. <http://www.westport.com> WESTPORT™ HPDI 2.0 A NEW GENERATION NATURAL GAS FUEL SYSTEM OPTIMAL FOR HEAVY-DUTY VEHICLES
6. [avtonov.info/szizennj-prirodny-gaz-lng/](http://avtonov.info/szizennj-prirodny-gaz-lng/). Сжиженный природный газ (LNG) как автомобильное топливо.
7. Н.Н. Скалыга, Н.В. Рудинец, Я.М. Робак. Концепция создания газовых модификаций автобусов «Богдан» // Вісник Національного транспортного університету, №25, 2012. —К: Вид-во НТУ .—с.56-58.
8. Біогаз. Вікіпедія – <https://uk.wikipedia.org/wiki/Біогаз>
9. Гелетуца Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМЕТАНА В УКРАИНЕ. Аналитическая записка БАУ № 11. – [www.uabio.org/activity/uabio-analytics](http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics)
10. Белоусов Е. В., Савчук В. П., Белоусова Т. П. Анализ современных подходов к проблеме создания судовых малооборотных газодизельных двигателей / Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2016. – № 1. С. 81-88.

## УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛА ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН В СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Скрипка Г.Л., Бабій М.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

З кожним роком проблемі енергетичної ефективності суднових енергетичних установок приділяється все більша увага. Це викликано, по-перше, тим, що морський транспорт є одним з найбільших енергоспоживачів, по-друге, високою вартістю енергетичних ресурсів, по-третє, шкідливим впливом продуктів згорання на навколишнє середовище.

Згідно з вимогами, морські судна повинні мати план управління енергетичною ефективністю. Серед значного переліку вимог, щодо підвищення енергетичної ефективності судна варто звернути увагу на наступні [1, 2]:

- оптимізація роботи суднової енергетичної установки, шляхом зменшення механічних втрат і втрат теплоти;
- обслуговування пристроїв суднової енергетичної установки шляхом використання прогресивних систем діагностики, що може бути необхідним засобом для контролю високої ефективності суднової енергетичної установки;
- корисне використання різних видів теплової енергії шляхом застосування сучасних систем утилізації;
- використання альтернативних видів палива.

Відомими є наступні види утилізації теплоти: вихідних газів теплових двигунів, охолоджуючої рідини, мастила.

Утилізація теплоти вихідних газів сприяє відчутній економії палива, враховуючи значні втрати теплоти суднових ДВЗ або котлів саме з вихідними газами, що можуть сягати до 25 %.

Не менш актуальним способом підвищення енергетичної ефективності СЕУ є утилізація теплоти охолоджуючих рідин. У сучасних суднових дизельних установках знаходять використання системи утилізації теплоти, охолоджуючої головний (допоміжний) двигун, рідини в опріснювальних установках.

На прикладі багатоцільового судна розглянута можливість використання системи охолодження допоміжних двигунів для обігріву паливних танків у стоянковому режимі.

У базовому варіанті потреби судна в парі забезпечує комбінований котел. Пар котла витрачається при сепарації палива, для підігріву шламового танка, системи підготовки палива та обігріву паливних танків. На стоянці працює топкова частина комбінованого котла.

У модернізованому варіанті пропонується використовувати систему охолодження допоміжних двигунів для обігріву паливних танків.

Для охолодження використовується двоконтурна система охолодження, яка складається з:

- контуру гарячої води, що охолоджує циліндри і кришки циліндрів;
- контуру холодної води, що охолоджує масло і надувне повітря (в теплообмінних апаратах).

Для обігріву паливного танка пропонується використовувати контур гарячої води, так як на виході з допоміжного двигуна температура води дорівнює 92 ... 94 °С, цієї температури вистачає для того, щоб підігріти витратний танк до необхідної температури 85 °С, і відстійний танк до температури 72 °С.

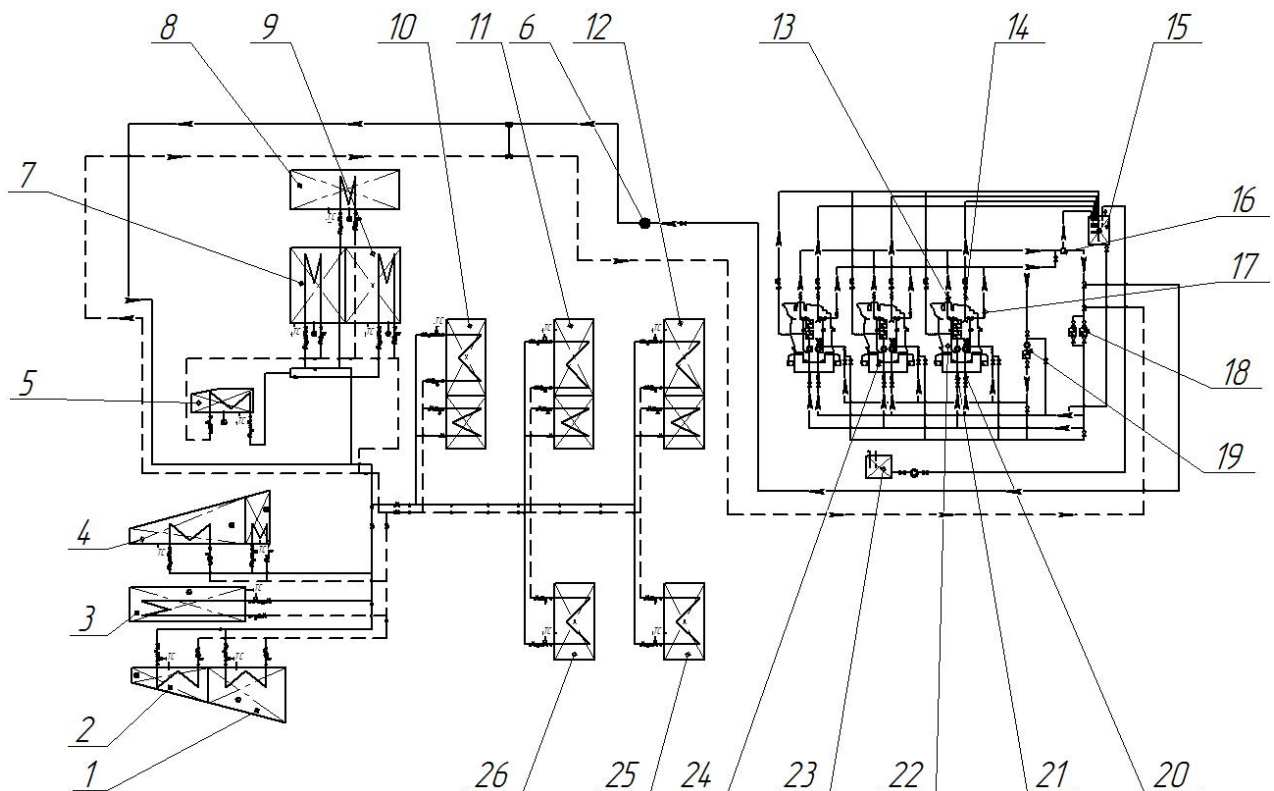


Рисунок 1. Система обігріву танків водою:

1 – цистерна відпрацьованого мастила; 2 – цистерна стічна; 3 – танк-мастилозбірник; 4 – танк шламовий № 2 (відстійник); 5 – танк шламовий № 1 (відстійник); 6 – насос циркуляційний; 7 – танк відстійний; 8 – танк витратний; 9 – танк відстійний № 2; 10 – танк запасу важкого палива № 3; 11 – танк запасу важкого палива № 2 (лівий борт); 12 – танк запасу важкого палива № 1 (лівий борт); 13 – відвід води, НТ-контур; 14 – вентиляція, ВТ-контур; 15 – танк розширювальний; 16 – вентиляція; 17 – відвід води, ВТ-контур; 18 – холодильник центральний; 19 – підігрівач; 20 – підвід води, ВТ-контур; 21 – підвід води, НТ-контур; 22 – вентиляція від повітряного холодильника, НТ-контур; 23 – дренажний танк; 24 – дизель-генератор; 25 – танк запасу важкого палива № 1 (правий борт); 26 – танк запасу важкого палива № 2 (правий борт)

Модернізована система складається з набору трубопроводів, також пропонується встановити відцентровий насос для циркуляції води в трубопроводі. Слід врахувати, що у воді коефіцієнт теплопередачі нижче ніж у пари, тому діаметр труб, змійовиків повинні бути більше, ніж у трубопроводів з парою.

При забезпеченні модернізації системи теплопостачання за рахунок організації підігріву палива у танках запасу, відстійних та витратних за рахунок скидної теплоти допоміжних двигунів стане можливим знизити паропроодуктивність котла, а відтак витрату ним палива на стоянці і за рахунок цього підвищити економічність енергетичної установки на стоянковому режимі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Transport energy efficiency, Implementation of IEA Recommendations since 2009 and next steps. Kazunori Kojima, Lisa Ryan; September 2010. <https://www.iea.org/publications/>
2. Голиков В. А., Обертюр К. Л., Кирис В. А. Модель расчета конструктивной энергоэффективности морского судна на примере контейнеровоза. Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 29. - Одесса: ОНМА, 2012. С. 23-34.

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИЯ СУДОВЫХ ТЯЖЕЛЫХ ТОПЛИВ

Солодовников В.Г.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

**Введение.** Эксплуатация судовых двигателей внутреннего сгорания производится с использованием тяжелых топлив, в состав которых входят различные примеси, в том числе серосодержащие компоненты. Сгорание серы, находящейся в топливе, сопровождается образованием кислоты, оказывающей коррозирующее действие на детали цилиндропоршневой группы и газовыпускной системы [1].

**Актуальность исследования.** Развитие современной технической науки способствует появлению различных механизмов и установок, функционирование которых в составе топливных систем обеспечивает улучшение эксплуатационных характеристик топлива, при этом необходимо обеспечивать экологические параметры работы дизеля [2].

**Постановка задачи.** Независимо на большое количество исследований, выполненных как отдельными учеными, так и научными организациями, подавляющее большинство из них касается оптимизации стандартных способов топливоподготовки. Учитывая изложенное, задача исследования заключалась в разработке варианта перекомпоновки модульной схемы топливной системы судового дизеля с учетом возможности использования ультразвуковой обработки топлива, а также изучение влияния ультразвуковой обработки топлива на сернистую коррозию деталей цилиндропоршневой группы дизеля.

**Результаты исследования.** Проведенные исследования выполнялись в топливной системе судового среднеоборотного дизеля (СОД) S6A2 фирмы «Mitsubishi», скомпонованной по модульному принципу (рис. 1, а).

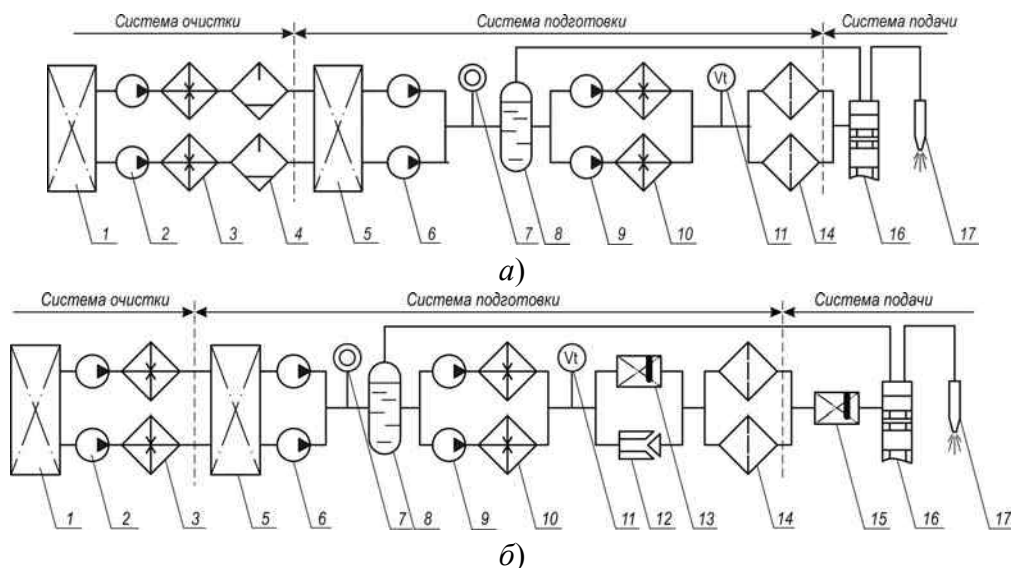


Рисунок 1. Модульная схема построения топливной системы судового дизеля:  
а) стандартная; б) при использовании ультразвуковой обработки и гидродинамической активации топлива:

1, 5 – расходные цистерны; 2 – топливо перекачивающие насосы; 3, 10 – подогреватели топлива 1-ой ступени; 4 – сепараторы топлива; 6 – топливо подкачивающие насосы; 7 – расходомер; 8 – деаэрационный резервуар; 9 – циркуляционные насосы; 11 – датчик вязкости; 12 – гидродинамический активатор топлива; 13 – ультразвуковая установка 1-ой ступени; 14 – автоматический фильтр; 15 – ультразвуковая установка 2-ой ступени; 16 – ТНВД; 17 – форсунка



В результате проведенных в исследовании предлагается перекомпоновка модулей подготовки топлива. При этом основной акцент направляется на использование ультразвуковой обработки топлива с возможным отказом от процесса сепарации топлива, который не только относится к одному из самых энергоемких, но и снижает теплотворную способность топлива (за счет отвода в шлам горючих составляющих). Измененная система топливоподготовки показана на рис. 1, б. при этом в данной схеме отсутствует узел сепарации топлива в системе очистки, а система подготовки дополнительно укомплектована блоками ультразвуковой подготовки 1-ой и 2-ой ступени. Кроме того, блок ультразвуковой подготовки 1-ой ступени предусматривает как непосредственно использование процесса ультразвуковой кавитации, осуществляемом с помощью генератора 13, так и гидродинамическую активацию, выполняемую в активаторе 12.

Ультразвуковая установка 13, 15 эксплуатировалась в режиме  $I=0,4$  А с применением магнестрикционного излучателя в диапазоне 20...30 кГц. Данные величины были определены как оптимальные при предварительных лабораторных исследованиях и обеспечивали максимальную десульфуризацию топлива. В топливной цистерне, в которой происходила ультразвуковая обработка топлива, дополнительно устанавливался лопаточный смеситель, что обеспечивало однородность топлива во всем объеме. Во время проведения эксперимента дизели эксплуатировались на топливе НФО380 [3].

Определение износа цилиндрических втулок производилось в районе верхнего поршневого кольца, как места, наиболее подвергающегося сернистому износу и сернистой коррозии, а также еще в двух произвольных сечениях по длине втулки. Для повышения точности и достоверности измерений, определение износа цилиндрических втулок производилось методом искусственных баз и методом обмера индикатором (с точностью 0,01 мм). Отклонение в определении износа данными методами не превышало 7 %, что подтверждало корректность измерений [4].

Определение износа поршневых колец выполнялся с помощью взвешивания на электронных весах модели PS 3500/C/1, имеющих следующие основные характеристики: наименьший предел взвешивания – 0,5 г; наибольший предел взвешивания – 3500 г; дискретность – 0,01 г.

Влияние ультразвуковой обработки топлива на сернистую коррозию цилиндропоршневой группы может быть проанализировано на примере определения износа цилиндрической втулки и верхнего поршневого кольца судового СДД S6A2 фирмы «Mitsubishi».

Результаты измерения линейного износа цилиндрических втулок  $I_h$  и массового износа поршневых колец  $I_m$  обобщены в виде рис. 2, а, б, характеризующем снижении износа рассмотренных деталей при применении дополнительной ультразвуковой обработки топлива.

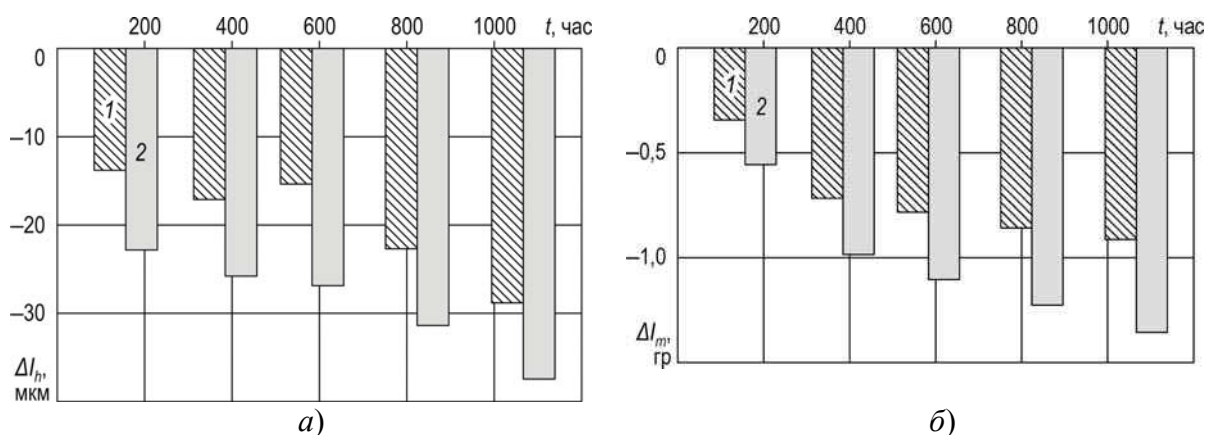


Рисунок 2. Снижение коррозионного износа цилиндрических втулок (а) и поршневых колец (б) судового дизеля S6A2 фирмы «Mitsubishi» при разных условиях эксплуатации

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Современные схемы построения топливных систем судовых дизелей в модульном варианте позволяют проводить модернизацию и перекомплектацию отдельных модулей. При этом наибольшую эффективность приносит перекомплектация модуля (системы) подготовки. Дополнительное включение в этот модуль узлов ультразвуковой обработки и гидродинамической активации топлива обеспечивает десульфуризацию топлива, что приводит к снижению сернистого износа цилиндропоршневой группы дизеля.

Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что дополнительная ультразвуковая обработка и гидродинамическая активация высоковязкого топлива (которые возможно проводить как в параллельном, так и в последовательном варианте) способствуют снижению в 3,2...4,7 раза сернистого износа поршневых колец и цилиндрических втулок дизеля. При этом наибольшее снижение этого параметра наблюдается для поршневых колец, что особенно актуально, учитывая важность данного узла в обеспечении как качественного протекания процессов сжатия, сгорания и расширения, так и надежности работы сопряжения поршень – втулка цилиндра.

Использование ультразвуковой обработки как альтернативного способа подготовки топлива соответствует современной теории и практики технической эксплуатации морского и речного флота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В. Г. Использование в судовых дизелях топлив различного фракционного и структурного состава / В. Г. Солодовников // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2014. – № 33. – Одесса : ОНМА. – С. 110-117.
2. Солодовников В. Г. Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке тяжелых топлив для судовых двигателей внутреннего сгорания / В. Г. Солодовников // Austria-science. – 2017. – № 7.– С. 33-37 / publishing «Austria-science»© 2017.
3. Sagin S. V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines / S. V. Sagin, Solodovnikov V. G. // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269
4. Солодовников В. Г. Применение двухступенчатой обработки топлива для улучшения рабочих параметров и эксплуатационных характеристик судового дизеля / В. Г. Солодовников // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2014. – № 34. – Одесса: ОНМА. – С. 130-137.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА РАХУНОК ОРГАНІЗАЦІЇ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ КОМБІНОВАНОГО РЕЖИМУ РУХУ

Таран І. О., Литвин В.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (Україна)

**Вступ.** На сьогоднішній день міський автобусний транспорт стає все більш соціально орієнтованим, оскільки основними пасажирами є люди з доходами нижче середнього рівня. З іншого боку постійне зростання витрат на паливо-мастильні матеріали, ремонт та обслуговування рухомого складу, велика нерегульована конкуренція між офіційними та нелегальними перевізниками призводить до збитковості або низької рентабельності більшості АТП України [1]. Таким чином, в сучасних складних економічних умовах основною задачею АТП є виявлення таких варіантів організації перевезень на маршрутах, які призводили б до мінімальних витрат, максимальної продуктивності рухомого складу, але в той же час враховували необхідність перевезення пасажирів із заданими показниками якості

**Актуальність досліджень.** Одним із можливих рішень підвищення ефективності перевезень є організація на автобусних маршрутах швидкісної транспортної системи, яка включає визначення комбінованих форм і режимів сполучення. Введення комбінованих режимів руху автобусів дозволяє підвищити швидкість сполучення, ступінь використання рухомого складу та рівень транспортного обслуговування населення [2]. Оскільки експресні автобуси мають менше зупинок, вони менше здійснюють гальмувань і розгонів, що сприяє зменшенню витрат на амортизацію; суттєвому скороченню витрат на паливо-мастильні матеріали і технічне обслуговування, а також зниженню кількості шкідливих викидів в атмосферу міста [3].

**Постановка задачі.** метою роботи є розробка економіко-математичної моделі, яка дозволяє за обраними критеріями ефективності, досліджувати та визначати доцільність й раціональні параметри введення комбінованих швидкісних форм сполучання на окремому міському маршруті. Для оцінки результатів моделювання також необхідно запровадити структуру комплексного показника ефективності при введенні комбінованих форм сполучення, який би враховував основні економічні, технологічні та соціальні складові перевізного процесу пасажирів.

**Результати досліджень.** Основним технологічним ефектом від впровадження комбінованого режиму руху на маршрутах є скорочення непродуктивної транспортної роботи автобусів [4]:

$$W_N = \sum P_{\text{надана}}^i - \sum P_{\text{фактична}}^i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $\sum P_{\text{надана}}^i$  – сумарна транспортна робота, надана по кожній  $i$ -й формі сполучення, пас.·км;  $\sum P_{\text{фактична}}^i$  – сумарна фактична транспортна робота, по кожній  $i$ -й формі сполучення, пас.·км.

Вплив непродуктивної транспортної роботи на коефіцієнт використання місткості та собівартість перевезень наведений на Рис. 1. Для побудови Рис. 1 були отримані наступні залежності: вплив  $W_N$  на коефіцієнт використання місткості автобусів:

$$\gamma(W_N) = 1 - \frac{W_N}{\sum P_{\text{надана}}^i}; \quad (2)$$

Вплив  $W_N$  на собівартість перевезень:

$$S(W_N) = \frac{a \cdot \sum P_{\text{надана}}^i}{\sum P_{\text{надана}}^i - W_N}, \quad \text{де } a = \frac{l_{\text{сер}}}{q_n \cdot \beta \cdot \eta_{\text{зм}}} \cdot \left( C_{\text{змін}} + \frac{C_{\text{пост}}}{V_e} \right). \quad (3)$$

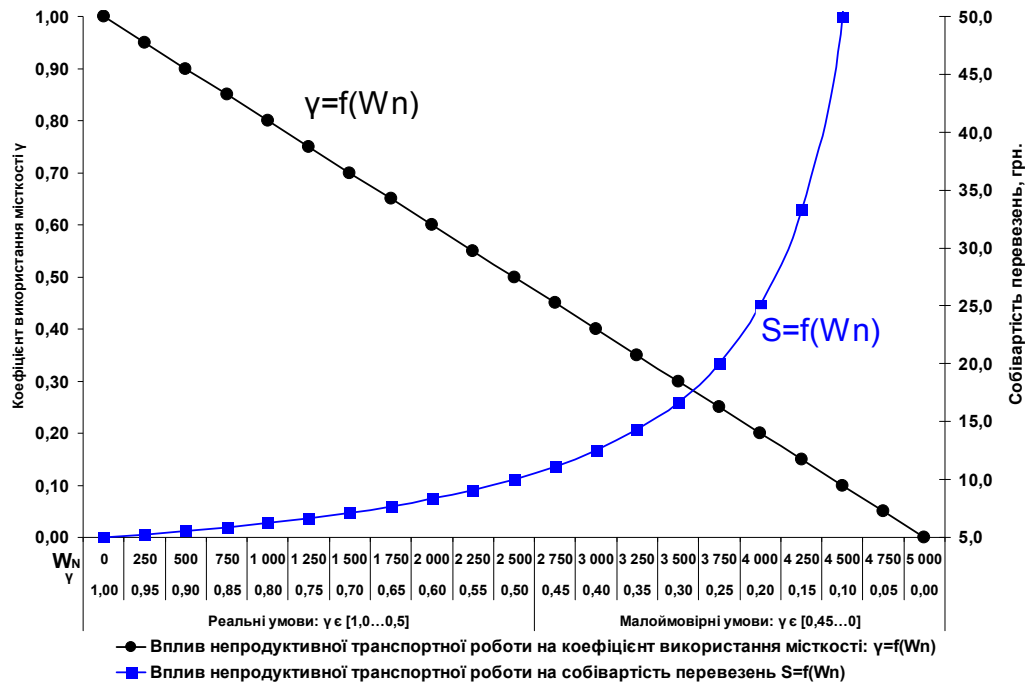


Рисунок 1. Вплив непродуктивної транспортної роботи на коефіцієнт використання місткості та собівартість перевезень

Враховуючи, що основними учасниками перевізного процесу є дві основні сторони: транспортні підприємства і пасажирів (інтереси яких майже ніколи не узгоджуються) підхід до вирішення задачі пошуку раціональних варіантів комбінованого режиму руху на маршруті пропонується сформулювати за допомогою наступних моделей, які враховують інтереси АТП (4) і пасажирів (5) відповідно [5]:

$$W_N \rightarrow \min; \quad W_N \geq 0; \quad A_{\text{після}} < A_{\text{до}}; \quad \gamma_i \in [\gamma_{\min} \div \gamma_{\max}]; \quad (4)$$

$$\sum T_{\text{після}} \rightarrow \min; \quad \sum T_{\text{до}} > \sum T_{\text{після}}; \quad A_{\text{до}} = A_{\text{після}} = \sum A_i; \quad \gamma_i \in [\gamma_{\min} \div \gamma_{\max}]; \quad A_{\min}^{3B} = t_{\text{об}} / I_{\max}; \quad (5)$$

де  $A_{\text{до}}$ ,  $A_{\text{після}}$  – кількість автобусів до та після організації різноманітних форм сполучення відповідно;  $A_i$  – кількість автобусів  $i$ -ої форми сполучення;  $\sum T_{\text{до}}$ ,  $\sum T_{\text{після}}$  – сумарні витрати часу пасажирів на пересування по маршруту відповідно до і після організації різних форм сполучень;  $A_{\min}^{3B}$  – мінімально допустима кількість автобусів звичайної форми сполучення на маршруті;  $I_{\max}$  – максимально допустимий інтервал руху;  $\gamma_i$  – коефіцієнт використання місткості  $i$ -ї форми сполучення, а  $[\gamma_{\min} \div \gamma_{\max}]$  його мінімальне та максимальне значення відповідно.

Основними вихідними даними для визначення ТЕП на маршруті є матриця міжзупиночних кореспонденцій. А основна проблема полягає у необхідності їх постійного перерозподілу між формами сполучення в залежності від кількості зупинок, що входять в швидкісний маршрут; довжин перегонів і кількості автобусів, що експлуатуються в відповідних режимах. Для реалізації процедури такого перерозподілу авторами у роботі [5] запропоновано метод, в основі якого лежить логічний аналіз двох матриць: матриці міжзупиночних кореспонденцій і матриці норм часу проходження автобусів між зупинками.

В якості об'єкту дослідження для апробації запропонованої методики був обраний міський автобусний маршрут №70 (ж/м Придніпровськ – пл. Старомостова). На маршруті №70 експлуатуються  $A^{3B}=25$  автобусів малого класу Богдан А092 місткістю  $q=46$  пасажирів, які працюють у звичайному режимі. Основні характеристики маршруту:  $L_m=20,4$  км; тривалість рейсу  $t_p=63$  хв. (в т.ч. простій на кінцевих зупинках  $t_{\text{кз}}=5$  хв.);

технічна швидкість  $V_m=33,2$  км/год.; експлуатаційна швидкість  $V_e=19,4$  км/год. На маршруті облаштовано  $n_{зуп}=27$  зупинок.

Результати проведеного обстеження пасажиропотоків засвідчили, що на переважній більшості перегонів маршруту автобусами здійснюється непродуктивна транспортна робота, питома вага якої становить від 10% до 70%. Взагалі на маршруті  $P_{надана}$  становить 11 260,8 пас.·км (21), а  $P_{фактична}$  (за результатами обстеження) – 8 789,6 пас.·км. Таким чином, непродуктивна транспортна робота  $W_N$  (1) дорівнює 2 471,2 пас.·км., що становить 23% від  $P_{надана}$ , що суттєво зменшує ефективність роботи автобусів.

Сутність визначення раціональних параметрів комбінованої форми сполучення полягає в наступному. Змінюючи комбінацію зупиночних пунктів швидкісного сполучення ( $Z_i$ ), кількість автобусів, що виконують швидкісні ( $A^{ШБ}$ ) та звичайні ( $A^{ЗБ}$ ) рейси, можна отримати множину значень функціонала  $F(Z_i, A^{ЗБ}, A^{ШБ})$ . Моделювання необхідно здійснювати для декількох груп даних, в кожній з яких  $A^{ЗБ} = const \in A-1$  (варіант  $A^{ЗБ} = A$  – відповідає звичайному режиму руху на маршруті), а  $A^{ШБ} \in [1; A - A^{ЗБ}]$ .

Результати моделювання засвідчують, що скорочення непродуктивної транспортної роботи може бути досягнуто при різних варіантах організації швидкісних форм сполучення, в тому числі і таких, які неприйнятні за якістю транспортного обслуговування населення. Таким чином виникає необхідність в комплексній оцінці отриманих результатів на підставі узагальненого показника ефективності, який би враховував всі базові показники перевізного процесу. Структура запропонованого авторами показника наведена в роботах [4, 5]. Виконані розрахунки вказують, що найбільш раціональні показники перевізного процесу будуть досягнуті при використанні на маршруті №70 12 автобусів, які працюють у звичайному режимі і 6 у швидкісному.

**Висновки.** В роботі представлені результати моделювання для міського маршруту №70, організація комбінованого режиму на якому дозволить: вивільнити із перевізного процесу 7 автобусів; зменшити непродуктивну транспортну роботу з 2 471,2 до 216,7 пас.·км; зменшити загальні витрати часу пасажирів на пересування з 385,6 до 378,4 год., а на слідування з 351,0 до 296,9 год.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Таран И.А., Новицкий А.В., Литвин В.В. Выявление основных причин высокой себестоимости перевозочного процесса пассажиров на городских автобусных маршрутах г. Днепропетровска. Материали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту». Вінниця: ВНТУ, 2015. С. 235-238.
2. Таран, И.А., Литвин В.В. Обоснование нецелесообразности эксплуатации автобусов в режиме маршрутного такси на основании моделирования перевозочного процесса пассажиров с помощью программного комплекса «МВК». Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті: науковий журнал, 2016. №1. С. 157-162.
3. Таран, І.О., Литвин В.В. Вплив режимів руху міських автобусів на паливну економічність та екологічну безпеку. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті: науковий журнал, 2019. №1. С. 92-97.
4. Taran I., Litvin V. Determination of rational parameters for urban bus route with combined operating mode. Transport Problems: international scientific journal. 2018. Vol. 13 (4). P. 157-173.
5. Таран И.А., Новицкий А.В., Литвин В.В. Разработка методики оптимальной организации скоростных форм сообщения на городских автобусных маршрутах. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, 2015. Вип. 160. С. 244-255.

## АЭРОДИНАМИКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С РОТОРАМИ ДАРЬЕ И САВОНИУСА

<sup>1</sup>Тарасов С. В., <sup>1</sup>Редчиц Д. А., <sup>2</sup>Моисеенко С. В., <sup>1</sup>Тарасов А.С.

<sup>1</sup>Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина)

<sup>2</sup>Херсонский национальный технический университет (Украина)

На сегодняшний день конкурентоспособными по сравнению с горизонтально-осевыми (ГО) ветроэнергетическими установками (ВЭУ) являются вертикально-осевые (ВО) ВЭУ с ротором Дарье. Однако они обладают существенным недостатком – малым стартовым крутящим моментом, что приводит к проблеме самостартирования. Ротор Савониуса, наоборот, обладает высоким стартовым крутящим моментом. Поэтому зачастую на практике ВЭУ с ротором Дарье комплектуют ротором Савониуса для обеспечения самозапуска. Но как влияет ротор Савониуса на аэродинамику ротора Дарье на рабочем режиме, не исследовалось ни экспериментально, ни теоретически.

Целью настоящей работы является сравнительная оценка аэродинамики ВО ВЭУ с роторами Дарье и Савониуса и ВО ВЭУ только с одним ротором Дарье. В качестве примера рассматривается ВО ВЭУ-0020 мощностью 20 кВт, предназначенная для снабжения электроэнергией удаленных небольших производственных и жилых объектов.

Для численного решения поставленной задачи разработан специализированный пакет вычислительной гидродинамики (CFD) на основе уравнений Навье-Стокса, включая несколько дифференциальных моделей турбулентности (SA, SARC, SALSA).

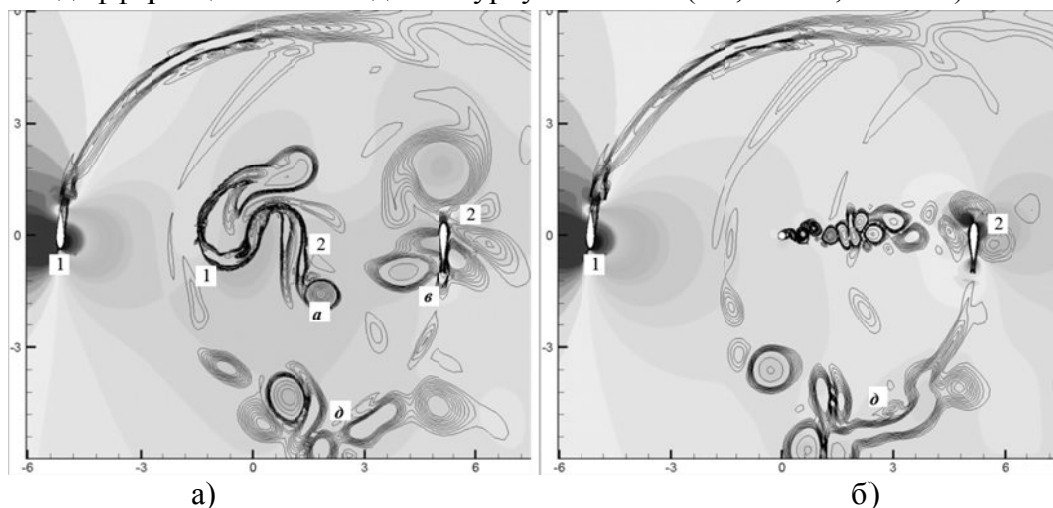


Рисунок 1. Обтекание ВО ВЭУ с роторами Дарье и Савониуса (а) и с ротором Дарье (б)

Анализ результатов показал, что взаимодействие лопастей ротора Дарье с макровихрями от ротора Савониуса в подветренной части траектории (рисунок 1 а) приводит к резкому падению коэффициента крутящего момента. При отсутствии ротора Савониуса вихри, сошедшие с опорной башни гораздо меньше как по размерам, так и по интенсивности (рисунок 1 б). Поэтому их взаимодействие с лопастями ротора Дарье не приводит к существенному изменению аэродинамических характеристик.

Основной вклад в крутящий момент ВО ВЭУ осуществляется за счет ротора Дарье. На долю ротора Савониуса приходится всего несколько процентов от общего объема создаваемого установкой момента. Установлено, что отсутствие ротора Савониуса в конструкции ВО ВЭУ приводит к улучшению аэродинамических характеристик ротора Дарье. Сравнение аэродинамических характеристик двух ВО ВЭУ показало, что коэффициент крутящего момента больше у ВЭУ с одним только ротором Дарье. Осредненные за один оборот коэффициенты крутящего момента имеют следующие значения – 0.161 и 0.141. Прирост составляет 14.2%.

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ

Тымкив А.В.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

**Введение.** Повышение интенсивности использования судов и ужесточение требований к безопасности привело к значительному увеличению расходов на техническую эксплуатацию (ТЭ) и ремонт судовой энергетической установки (СЭУ) [1].

**Актуальность исследования.** Решение задач по ТЭ СЭУ неразрывно связано с одновременным диагностированием и предотвращением возможных отказов; прогнозированием остаточного ресурса; оптимизацией сроков и объемов технического обслуживания и ремонта судовых технических средств; учетом характеристик группы судов конкретной судоходной компании (тип судна, возраст, район плавания и т.д.). В свою очередь, это требует разработки новых методов, форм и средств оценки эффективности технической эксплуатации судовой энергетической установки.

**Постановка задачи.** В соответствии с вышеизложенным, целью работы являлось разработка метода расчета и анализа эффективности технической эксплуатации СЭУ на базе энергетических цепей, обеспечивающих технологический процесс получения полезной работы.

**Результаты исследования.** В зависимости от целей исследования могут рассматриваться как единичные энергетические цепочки, имеющие одно начальное и одно конечное звено, так и более сложные комбинации. Их моделирование целесообразно осуществить в виде ориентированного графа. Вершинами такого графа являются процессы преобразования и передачи энергии; конечной вершиной – движитель судна [2].

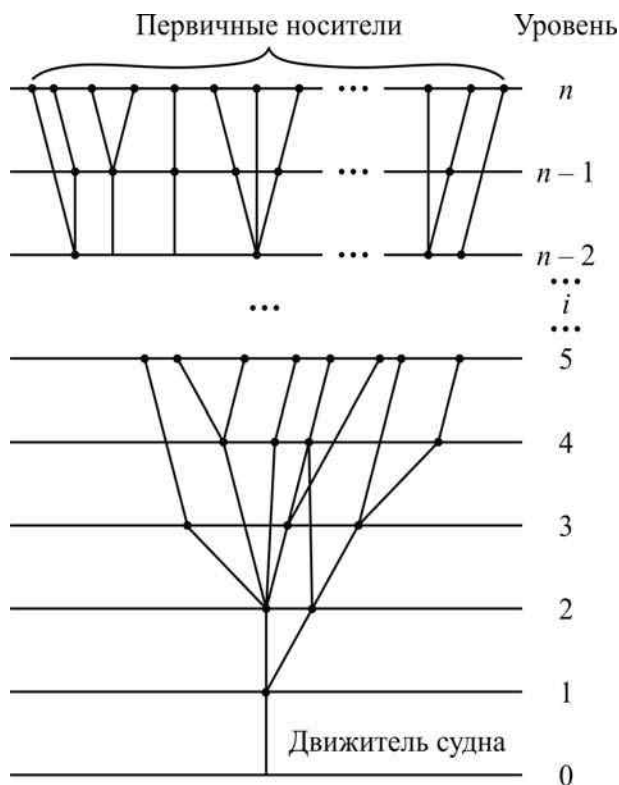


Рисунок 1. Граф энергетической цепи транспортного средства

Множество вершин разбивается на объединения непересекающихся подмножеств, которые назовем уровнями. Эти уровни соответствуют данной энергетической цепи. В общем случае в число уровней могут входить добыча природного сырья (энергоисточника, энергоносителя); транспортировка природного сырья; переработка природного сырья; транспортировка энергоносителя; преобразование видов энергии; передача (транспортировка) энергии и так далее.

На одном уровне располагаются вершины, отражающие одноименные преобразования энергии и принадлежащие различным вариантам энергетических цепей [3].

Общая схема цепи энергообеспечения и энергоиспользования данного элемента транспортной системы изображена в виде графа на рис. 1. Как видно из рис. 1, этот граф имеет одну конечную вершину (находящуюся на нулевом уровне) и  $m$  начальных вершин.

Число уровней на графе, равное  $m$ , определяется максимальным количеством процессов передачи и преобразования энергии в рассматриваемых энергетических цепях.

В процессе моделирования на графе используется функция, которая определена только в вершинах графа и принимает численные значения, т.е. не рассматривается зависимость функции от ребер, соседних вершин и вершин, инцидентных данному ребру.

Преобразование совокупности возможных вариантов энергетических цепей в виде графа дает возможность сравнения их коэффициентов полезного использования энергии, расчета потребных масс энергоносителя и экономических показателей.

Под коэффициентом полезного использования энергии цепи предлагается понимать отношение:

$$\eta_{\text{цп}} = \frac{U_0}{U_N},$$

где  $U_0$  – полезная энергия двигателя;

$U_N$  – общее количество энергии, необходимое для подачи  $U_0$  к потребителю.

Расчет параметров энергетических цепей проводится следующим образом.

Для энергетической цепи с одним источником энергии (т.е. с одной начальной вершиной).

Для обеспечения потребителя энергией  $U(A_0)$  (где  $A$  – название начальной вершины рассматриваемой цепи) к предыдущей вершине необходимо подвести энергию  $U(A_1)$ :

$$U(A_1) = \frac{U(A_0)}{\eta(A_1)},$$

где  $\eta(A_1)$  – КПИ энергии  $U(A_1)$ .

Аналогично для  $i$ -ой вершины цепи (при условии  $1 < i < N(A)$ , где  $N(A)$  – уровень начальной вершины) для перехода с  $i$ -го уровня на  $i-1$ -ый:

$$U(A_i) = \frac{U(A_{i-1})}{\eta(A_i)}.$$

В ряде процессов преобразований и передачи энергии, таких, как переработка, транспортировка энергоносителя и других, потери энергии задаются абсолютной  $\Delta(A_i)$

$$\Delta(A_i) = U(A_i) - U(A_{i-1})$$

или относительной  $d(A_i)$  величиной затрат

$$d = \frac{\Delta(A_i)}{U(A_i)}.$$

В этом случае вычисление осуществляется по формулам:

$$\eta(A_i) = 1 - d(A_i), \quad U(A_i) = \frac{U(A_{i-1})}{1 - \delta(A_i)}.$$



Для энергетической цепи с несколькими начальными вершинами расчет выполняется в следующей последовательности. Проводится расчет для каждой составляющей цепи (которая рассматривается как независимая). Задаются доли энергии  $a_j$ , поступающей к конечной вершине от каждой из  $j$  начальных вершин.

Рассчитываются:

- общие показатели цепи  $\Phi = \{\Phi^1, \Phi^2, \dots, \Phi^j, \dots, \Phi^m\}$ , содержащей  $m$  начальных вершин, обозначаемых  $\Phi^j$ ;

- суммарная энергия на уровне начальных вершин

$$U(\Phi_N) = \sum_{j=1}^m a_j U(\Phi_N^j);$$

- суммарные общие потери энергии

$$\Delta(\Phi) = \sum_{j=1}^m a_j \Delta(\Phi^j);$$

- коэффициент полезного использования энергии:

$$\eta_{\text{эц}} = \frac{U_0}{U(\Phi_N)}.$$

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Моделирование энергетических цепей в виде ориентированного графа позволяет упорядочить различные варианты последовательностей преобразования энергии, проанализировать цепи с несколькими вершинами, а также обеспечивает формализацию задачи для проведения расчетов. Указанная последовательность расчетов параметров энергетических цепей может быть осуществлена по тем же формулам и в обратном порядке: от первичного энергоносителя к движителю транспортного средства.

Представленная методика анализа эффективности энергетических цепей использована при расчетах примеров, в которых цепь имеет одну начальную вершину графа – один первичный источник энергии.

Особого внимания заслуживает перспективность применения во все больших масштабах средств технического диагностирования СЭУ, позволяющих, наряду со снижением затрат на техническое обслуживание и ремонт, экономить топливо за счет своевременной регулировки и обслуживания оборудования. Эффективность применения средств технического диагностирования зависит от целого ряда условий, но первое из них – обеспечение контролепригодности судовых технических средств, – должно удовлетворяться уже на стадии их проектирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тымкив А. В. Методы и средства диагностирования судовой энергетической установки / А. В. Тымкив, В. Г. Денисов // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб., 2013. – Вып. 32. – С. 113-123.
2. Голиков В. А. Новые тенденции в экологичности судовых энергетических установок / В. А. Голиков // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2011. – Вып. 27. – С. 4-9.
3. Тымкив А. В. Мониторинг процесса изнашивания судовой энергетической установки / А. В. Тымкив, В. Г. Денисов // Судовые энергетические установки : Одесса, 2014. – Вып. 33. – С. 88-96.

## ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Чередниченко А.К., Коробейникова Н.В.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Мировой флот растет как по дедвейту, так и по количеству судов (рис.1). На 1 января 2018 количество судов мирового коммерческого флота составляло около 53 тысяч единиц [1].

Исследование характеристик объектов судоходства с использованием ключевых параметров эффективности [2] показывает, что многообразие функциональных задач, возлагаемых на морские суда и объекты океанотехники, формирует необходимость специализации судов. Это, в свою очередь, требует учета функционального назначения судна, особенностей его эксплуатации и других факторов при определении приоритетности внедрения инновационных технологий на этапе проектирования.

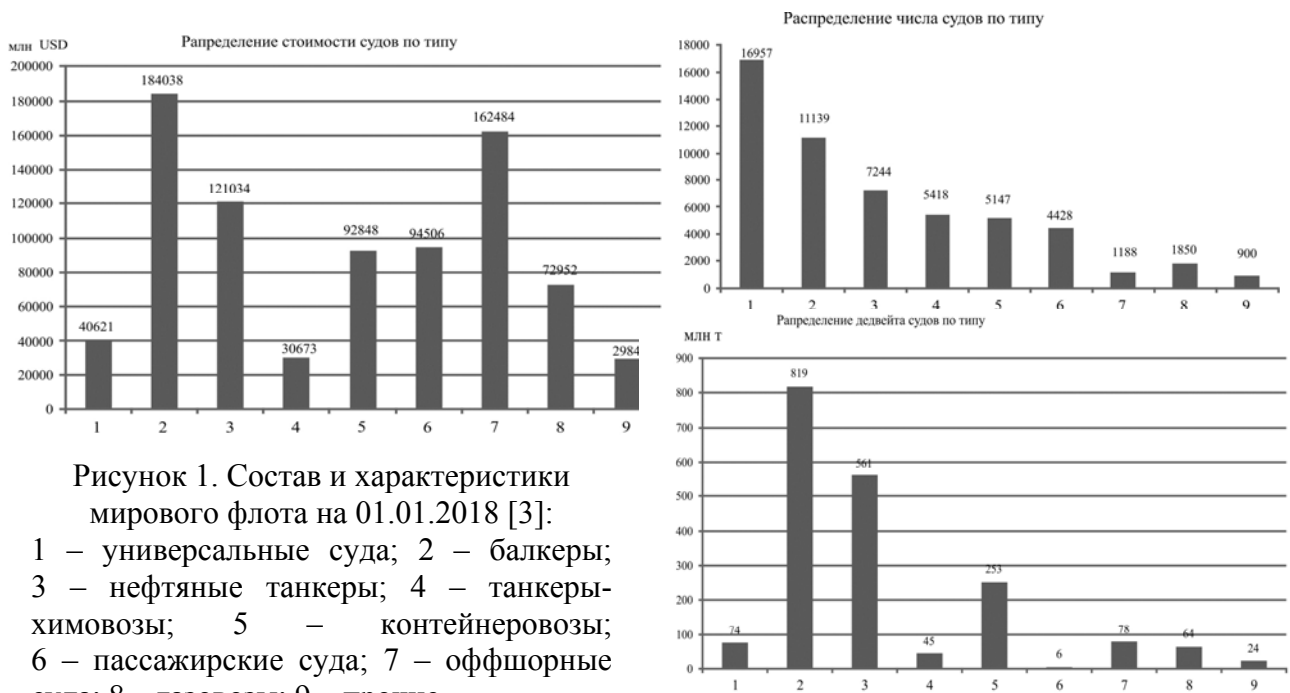


Рисунок 1. Состав и характеристики мирового флота на 01.01.2018 [3]:

1 – универсальные суда; 2 – балкеры; 3 – нефтяные танкеры; 4 – танкеры-химовозы; 5 – контейнеровозы; 6 – пассажирские суда; 7 – оффшорные суда; 8 – газовозы; 9 – прочие

Повышения эффективности использования потенциала энергоносителей в совокупности с минимизацией ущерба окружающей среде – парадигма проектирования энергетического оборудования в современном мире.

Стоимость судна дает представление о его сложности и технологичности [3]. Уровень коммерческой стоимости позволяет оценить масштабы инвестиций в применение перспективных технико-экономических решений. При этом речь идет об инвестициях в технологии, которые судовладельцы должны вернуть за счет совершенствования мер по повышению эффективности, с целью покрытия переменных и постоянных издержек в процессе эксплуатации. Суда, созданные с применением инновационных технологий, могут быть отнесены к группе высокотехнологичных судов.

Анализ доли стоимости разных типов судов, в общей стоимости коммерческого флота с учетом долей тоннажа и количества судов данного типа позволил выделить высокотехнологичные суда.

Как видно из рис. 2, оффшорные суда и объекты нефтегазодобычи (включая FPSO, FSRU, MODU, OSV и пр.), пассажирские суда (включая круизные лайнеры и паромы) и

суда газозовы имеют удельную стоимость на тонну дедвейта, которая более чем в 2,5 раза превышает среднее значение. Стоимость таких судов составляет около 40% стоимости мирового флота, а дедвейт составляет не более 8%. Так стоимость вновь построенных буровых судов может превышать 900 млн USD .

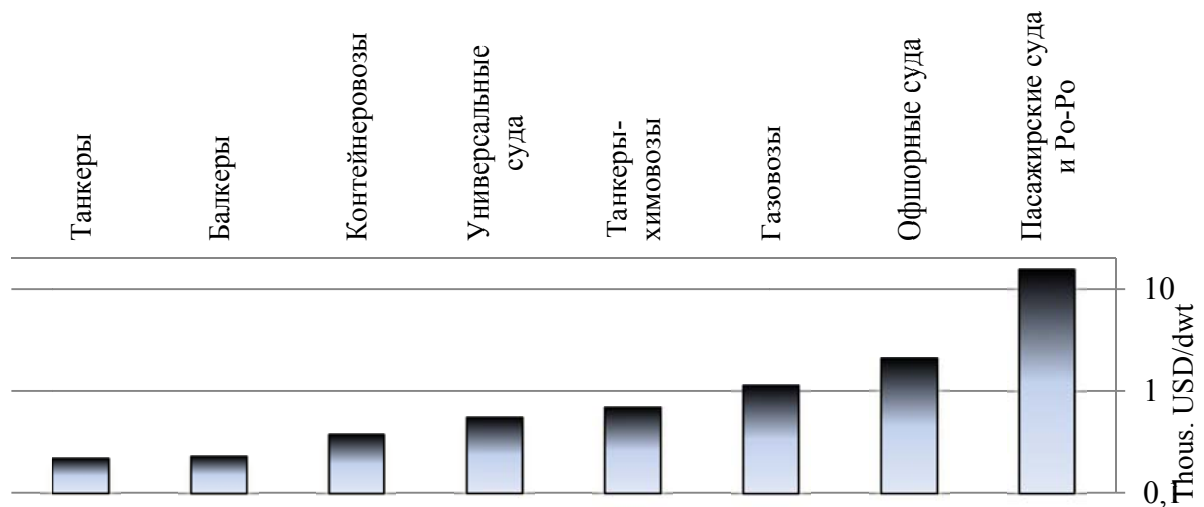


Рисунок 2. Анализ стоимости тонны дедвейта для разных типов судов

Следует отметить, что выделение оффшорных судов, пассажирских судов и газозовов в группу высокотехнологичных судов, соответствует указанным в [4] сегментам судов, которые предпочтительны в качестве «испытательных полигонов» для отработки новых технологий.

Являясь технологиями утилизации вторичных энергоресурсов, термохимические технологии позволяют расширить область применения альтернативных видов топлива и обеспечивают возможность использования разных типов тепловых двигателей в составе единых электрогенерирующих установок, характерных для высокотехнологичных транспортных судов и объектов морской нефтегазодобычи. В качестве базового топлива могут использоваться такие альтернативные топлива как этанол/биоэтанол, метанол/биометанол, природный газ, попутный нефтяной газ разного состава, газообразное топливо на основе тяжелых углеводородов (этан, пропан, бутан и другие). Термохимические технологии утилизации могут быть реализованы и в дизельных пропульсивных установках на базе малооборотных двигателей (МОД) для судов газозовов в виде утилизационных металлгидридных установок непрерывного действия.

В рамках реализации концепции проектирования судовых энергетических установок (СЭУ) такого типа для высокотехнологичных судов были разработаны схемы [5,6,7] и определены основные параметры:

- СЭУ с термохимической утилизацией отходящих газов газотурбинного двигателя, работающего на продуктах конверсии метанола для скоростного паромы Corax (3 варианта).

- Комбинированной дизель-газотурбинной установки COGED + TCR для морской буровой платформы или судна FPSO (2 варианта). Все двигатели работают на продуктах конверсии попутного газа.

- Одновальной пропульсивной установки газозова с МОД и утилизационной металлгидридной установкой.

- Двухвальной комбинированной дизель-газотурбинной установки газозова с термохимической утилизацией тепла отработавших газов путем паровой конверсии груза, испарившегося в процессе перевозки.

Расчеты достижимых индексов энергоэффективности судна для рассматриваемых вариантов СЭУ показывают значительное снижение EEDI по сравнению с базовыми

энергетическими установками. Полученные значения EEDI соответствуют перспективным требованиям ИМО по EEDI.

Выводы. Применение в энергетических установках высокотехнологичных судов и плавучих объектах нефтегазодобычи термохимической утилизации вторичных энергоресурсов позволяет обеспечить необходимую энергетическую эффективность без применения других энергосберегающих технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Number of ships in the world merchant fleet as of January 1, 2018, by type [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/264024/number-of-merchant-ships-worldwide-by-type> –01.06.2019.
2. Bazari Z. Ship energy performance benchmarking/rating: methodology and application [Text] / Z. Bazari // Journal of Marine Engineering & Technology, – 2007. – Т. 6, № 1. – P. 11–18. DOI: 10.1080/20464177.2007.11020197.
3. UNCTAD/RMT/2018 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf) –01.06.2019.
4. Global Marine Technology Trends 2030 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eprints.soton.ac.uk/388628/1/GMTT2030.pdf> –01.06.2019.
5. Cherednichenko, O. Analysis of Efficiency of the Ship Propulsion System with Thermochemical Recuperation of Waste Heat [Text] / O. Cherednichenko, S. Serbin // Journal of Marine Science and Application. – 2018. - Vol. 17, Issue 1. – P. 122–130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11804-018-0012-x>.
6. Cherednichenko, O. Analysis of efficiency of diesel-gas turbine power plant with thermo-chemical heat recovery [Text] / O. Cherednichenko // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture Lublin-Rzeszow. – 2015. – Vol. 17, № 2. - P. 25–28.
7. Cherednichenko, O. Efficiency Analysis of Methanol Usage for Marine Turbine Power Plant Operation Based on Waste Heat Chemical Regeneration [Text] / O. Cherednichenko // Problemele Energeticii Regionale. – 2019. – Vol. 1 (39) - P. 102-111.

### **Секція 3**

## **РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

## СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОФФШОРНОГО СУДНА

Бутаков И.Б., Рожков С.А., Тимофеев К.В.  
Херсонская государственная морская академия (Украина)

В работе рассмотрены вопросы моделирования системы динамического позиционирования оффшорного судна. Для обеспечения требований по безопасности при выполнении различных специальных задач на море и обеспечения управления заданными траекторией и позицией судна, широко используют системы динамического позиционирования (DP, dynamic position), как условие выполнения таких работ, предъявляемое заказчиком [2, 5-7]. Важную роль играет экономическая обоснованность использования таких систем DP на судах оффшорного флота, поскольку это не требует дополнительных затрат для обеспечения контроля позиции и курса судна.

В работах авторов Thor I. Fossen [5], Sorensen J.A. [7] и Perez T. O.n. Smogeli [6] рассмотрены вопросы оптимального управления судном, где учитываются внешние возмущения. В этих работах с использованием современных методов управления судном авторы рассматривают объект управления (судно) в трехмерном пространстве как объект с тремя и более степенями свободы. Существенную роль в таких задачах управления играет прогнозируемость и скорость обновления модели с учетом переменных внешних воздействий, как фактор, влияющий на точность управления объектом [1, 2, 5].

Целью исследования является разработка математической модели управления судном оффшорного типа с 4-мя трастерами, которая позволит обеспечить необходимую точность управления при изменении характеристик силовой установки, исполнительных органов и измерительных систем [1, 3, 6]. При построении модели судна результаты моделирования позволили представить принципиальную возможность описания судна как точки масс с 3-мя степенями свободы, которое используются для анализа управления траекторией судна с использованием системы динамического позиционирования DP.

Любое дифференциальное уравнение, решение которого можно найти с помощью численного метода с одинаковым шагом переменной, приводит к разностного уравнения, где основное различие между дифференциальным и разностным уравнениями заключается в величине независимой переменной. Поэтому разностные уравнения процессов можно получить из дифференциальных заменой бесконечно малого прироста  $dt$  соответствующим конечным  $\Delta t$ .

Дифференциальная модель динамики судна (1) может быть приведена к разностному уравнению [3, 5]. Обозначим вектор состояния движения судна через  $\mathbf{Y}$ , его производную как  $d\mathbf{Y}/dt$  вектор управления –  $\mathbf{U}$  вектор возмущений –  $\mathbf{Q}$ . Все компоненты этих векторов зависят от времени.

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} V_L \\ V_B \\ \omega \\ \eta \\ \Omega \end{pmatrix}; \quad \frac{d\mathbf{Y}}{dt} = \begin{pmatrix} \dot{V}_L \\ \dot{V}_B \\ \dot{\omega} \\ \dot{\eta} \\ \dot{\Omega} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{U} = \begin{pmatrix} \beta_3 \\ n_3 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{Q} = \begin{pmatrix} K_a \\ v_a \\ K_w \\ B_w \end{pmatrix}; \quad (1)$$

где  $B_w$  – балл волнения.

Силы и моменты в правой части (1) являются функциями элементов векторов  $\mathbf{Y}$ ,  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{Q}$ . Представим систему (1) в матричном виде как

$$\frac{d\mathbf{Y}}{dt} = \Phi\{\mathbf{Y}(t), \mathbf{U}(t), \mathbf{Q}(t)\}. \quad (2)$$

Выбирая интервал времени  $\Delta t$ , при котором можно считать  $\frac{d\mathbf{Y}}{dt} \approx \frac{\Delta\mathbf{Y}}{\Delta t}$  и обозначив моменты времени, следующие через интервал времени  $\Delta t$  как: 0, 1, 2, ..., J-1, J, J+1, представим  $\Delta\mathbf{Y}$  в виде:  $\Delta\mathbf{Y} = \mathbf{Y}_{J+1} - \mathbf{Y}_J$ , а значение векторов  $\mathbf{Y}(t)$ ,  $\mathbf{U}(t)$ ,  $\mathbf{Q}(t)$  в момент времени J – как  $\mathbf{Y}_J$ ,  $\mathbf{U}_J$ ,  $\mathbf{Q}_J$ . Подставив эти значения в дифференциальное уравнение (2), получим конечное уравнение (3), вычисления по которому выполняются циклически.

$$\mathbf{Y}_{J+1} = \mathbf{Y}_J + \Phi(\mathbf{Y}_J, \mathbf{U}_J, \mathbf{Q}_J)\Delta t. \quad (3)$$

Значения параметров движения судна, управляющих сигналов, возмущающих воздействий, значения сил и моментов определяют по выражению (3). Далее рассчитывают кинематические параметры судна в последующий момент времени J+1. Для обеспечения достаточной для практических целей точности вычислений при расчете интервал времени  $\Delta t$  был выбран 1 с. Далее показаны возмущения, действующие на судно.

Сила течения

$$F_c = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\rho V_c^2 C_{Xc}(\alpha_c) A_{TS} \\ \frac{1}{2}\rho V_c^2 C_{Yc}(\alpha_c) A_{LS} \end{pmatrix}, \quad M_c = \frac{1}{2}\rho V_c^2 C_{Mc}(\alpha_c) A_{LS} L. \quad (4)$$

где:  $\rho$  – плотность воды;  $V_c$  – относительная скорость водотока;  $\alpha_c$  – относительное направление водотока;  $A_{TS}$  – погруженная поперечная проектируемая область корпуса судна;  $A_{LS}$  – погруженная продольная проектируемая область корпуса судна;  $L$  – длина судна;  $C_{*c}(\alpha_c)$  – текущий коэффициент волны.

Сила ветра

$$F_w = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\rho_{air} V_{rw}^2 C_{Xw}(\alpha_{rw}) A_T \\ \frac{1}{2}\rho_{air} V_{rw}^2 C_{Yw}(\alpha_{rw}) A_L \end{pmatrix}, \quad M_w = \frac{1}{2}\rho_{air} V_{rw}^2 C_{Mw}(\alpha_{rw}) A_L L. \quad (5)$$

где:  $\rho_{air}$  – плотность воздуха;  $V_{rw}$  – относительная скорость ветра;  $\alpha_{rw}$  – относительное направление ветра;  $A_T$  – поперечная площадь проекции ветра;  $A_L$  – продольная площадь проекции ветра;  $L$  – длина судна;  $C_{*w}(\alpha_{rw})$  – текущий коэффициент ветра.

$$V_w(z) = V_w(z=10m) \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{\frac{1}{8}} \quad (6)$$

где:  $V_w(z=10m)$  скорость за 10 м.

Сила волны

$$F_{wd} = \begin{pmatrix} C_{Xwd}(\alpha_{wd}, f_{wd}) \frac{1}{8} \rho g H_{1/3}^2 L \\ C_{Ywd}(\alpha_{wd}, f_{wd}) \frac{1}{8} \rho g H_{1/3}^2 L \end{pmatrix}, \quad M_{wd} = C_{Mwd}(\alpha_{wd}, f_{wd}) \frac{1}{8} \rho g H_{1/3}^2 L. \quad (7)$$

где:  $\rho$  – плотность воды;  $\alpha_{wd}$  – относительное направление волны;  $f_{wd}$  – регулярная частота колебания волны;  $C_{*wd}(\alpha_{wd}, f_{wd})$  – коэффициент дрейфа судна;  $g$  – коэффициент гравитации;  $H_{1/3}$  – высота волны;  $L$  – длина судна.

Усилия, создаваемые трастерами, определяются как:

$$T = C_T \rho n^2 D^4 . \quad (8)$$

Крутящий момент определяется как:

$$Q = C_Q \rho n^2 D^5 , \quad (9)$$

где:  $\rho$  – плотность воды;  $n$  – количество оборотов в минуту;  $D$  – диаметр винта;  $C_T$  – коэффициент тяги;  $C_Q$  – крутящий момент.

Расчет необходимых сил трастера рассчитывается как:

$$\text{Силы в направлении оси } x : F_x = F_{x_{demand}} - F_{x_{wind}} - F_{x_{current}} - F_{x_{wave}}$$

$$\text{Силы в направлении оси } y : F_y = F_{y_{demand}} - F_{y_{wind}} - F_{y_{current}} - F_{y_{wave}} ;$$

$$\text{Приложенный момент: } M = M_{demand} - M_{wind} - M_{current} - M_{wave} .$$

Исходя из этого

$$F_x = \sum_{i=1}^n (F_x)_i ; \quad F_y = \sum_{i=1}^n (F_y)_i ; \quad M = \sum_{i=1}^n (-y_i \cdot (F_x)_i + x_i \cdot (F_y)_i) . \quad (10)$$

$$(F_x)_n = F_x - \sum_{i=1}^{n-1} (F_x)_i ; \quad (F_y)_n = F_y - \sum_{i=1}^{n-1} (F_y)_i . \quad (11)$$

Заменив  $F_{x_n}$  и  $F_{y_n}$  получают

$$(F_y)_{n-1} = \frac{M + y_n \cdot F_x - x_n \cdot F_y}{x_{n-1} - x_n} + \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_i - y_n}{x_{n-1} - x_n} \cdot (F_x)_i \right) + \sum_{i=1}^{n-2} \left( \frac{x_n - x_i}{x_{n-1} - x_n} \cdot (F_y)_i \right) . \quad (12)$$

Далее определяют полную мощность:

$$g((F_x)_1, \dots, (F_x)_{n-1}, (F_y)_1, \dots, (F_y)_{n-2}) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(F_x)_i^2 + (F_y)_i^2} . \quad (13)$$

Моделирование системы управления оффшорным судном выполнено в программном комплексе MSS (Marine Simulator Systems) в среде системы MATLAB с использованием типовых библиотечных модулей, которые были дополнены необходимыми данными по судну. Показана принципиальная возможность использования при моделировании модели судна, которое может быть представлено как материальная точка с 3-мя степенями свободы. Анализ траектории движения судна при моделировании системы динамического позиционирования позволил определить минимально мощность судовой электроэнергетической системы (СЭЭС), необходимую для управления судном.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 3-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Феникс, 2007. – 328 с.
2. Васильев А.В. Управляемость судов. – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.
3. Рожков С.О. Моделювання системи динамічного позиціонування судна-постачальника типу PSV / С.О. Рожков // Вестник Херсонского национального технического университета. – №04(55). – 2015. – С. 159–166.
4. Суевалов Л.Ф. Справочник по расчетам судовых автоматических систем. – Л.: Судостроение, 1977. – 376 с.
5. Thor I. Fossen Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2011. –575 p
6. Perez T. Ship Motion Control. Monograph. Berlin: Springer, 2005. –300 p.
7. Sorensen J.A. Survey of dynamic positioning control systems//Annual Reviews in Control 35 (2011) –136 p.



## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Варбанець Р.А., Маулевич В.О., Кирнац В.І., Кучеренко Ю.М., Губін В.С.  
Одеський національний морський університет (Україна)

Завдання, поставлене практикою експлуатації транспортних дизелів, полягає в необхідності розробки та вдосконалення методів контролю основних параметрів робочого процесу, що дозволяють здійснювати ефективну діагностику технічного стану транспортних дизелів в процесі експлуатації.

Вирішення цієї наукової задачі полягає в розробці методів визначення основних параметрів робочого процесу шляхом аналізу індикаторних діаграм і вібродіаграм паливної апаратури високого тиску за методикою, яка застосовується в системах DEPAS D4.0H. В якості основних завдань дослідження можна виділити наступні:

- визначення фази початку згоряння в робочому циліндрі з урахуванням шумів, що виникають при чисельному диференціюванні даних;
- визначення частоти обертання колінчастого валу без використання апаратних датчиків на маховику дизеля;
- визначення затримки самозаймання палива шляхом аналізу індикаторних діаграм і вібродіаграм вприскування палива;
- визначення середнього індикаторного тиску методом прирощених обсягів по індикаторній діаграмі з уточненим аналізом середнього тиску на елементарній ділянці;
- визначення індикаторної потужності циліндрів з використанням отриманих раніше значень частот обертання колінчастого валу і середніх індикаторних тисків.

Для визначення основних параметрів робочого процесу пропонується використовувати тільки аналіз визначених під час експлуатації індикаторних діаграм і вібродіаграм паливної апаратури високого тиску. Причому необхідно враховувати, що при чисельному диференціюванні багаторазово підвищується рівень шумів, пов'язаний з похибками вимірювання сигналів і їх дискретним поданням. Вплив шумів при аналізі першої похідної значно підвищує похибку визначення параметрів, пов'язаних з нею. Визначення параметрів, пов'язаних з аналізом похідних вищих порядків, взагалі неможливо без застосування спеціальних методів цифрової фільтрації. Методи визначення основних параметрів робочого процесу транспортних дизелів в умовах експлуатації, які застосовувалися раніше, не дозволяють досить ефективно вирішувати ці завдання. Повинні бути розроблені нові методи або вдосконалені існуючі, що становить суть актуальної наукової проблеми, вирішенню якої присвячена дана робота.

## МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

<sup>1</sup>Варбанец Р.А., <sup>2</sup>Залож В.И., <sup>1</sup>Губанов В.П., <sup>1</sup>Пизинцали Л.В.

<sup>1</sup>Одесский национальный морской университет (Украина)

<sup>2</sup>Дунайский институт национального университета «ОМА» (Украина)

Решение задачи аналитической синхронизации данных при мониторинге рабочего процесса транспортных дизелей в эксплуатации имеет большое значение, поскольку по результатам мониторинга происходит управление работой основных систем двигателя и его диагностика. Задача формулируется как перевод данных из функций времени в функции по углу поворота коленчатого вала, где самое большое влияние оказывает точность определения ВМТ(ТDC) поршня  $f(t) \xrightarrow{TDC} f(\varphi)$ . Существует два метода решения этой задачи: аппаратный – с помощью датчиков на маховике двигателя (AVL OT-sensor 428, Kistler TDC sensor Type 2629B и др.) и аналитический – путем анализа кривой  $p(t)$  давления газов в рабочем цилиндре.

Аппаратный метод синхронизации очевиден и традиционно применяется на транспортных дизелях с самого начала использования на них первых систем мониторинга рабочего процесса. С помощью датчиков на маховиках синхронизировали данные мониторинга следующие системы: одна из первых, широко распространённых в 1990-х гг. на флоте систем мониторинга морских дизелей NK-5 и последующие NK-100, NK-200 норвежской фирмы Autronica A/S; европейские системы Кума, Premet, Malin, Doctor и многие другие системы, разработанные до начала 2000-х гг. Затем, когда на смену дорогим стационарным системам начали применяться портативные переносные системы периодического мониторинга, начали развиваться аналитические методы синхронизации.

Стало очевидным, что неудобные при работе с переносными системами аппаратные датчики ВМТ еще и вносят ряд существенные погрешностей в расчет среднего индикаторного давления и индикаторной мощности. Установка и калибровка датчиков ВМТ осуществляется в статике. Затем, когда двигатель работает под нагрузкой, положение ВМТ, регистрируемое датчиками, смещается вследствие крутильных колебаний вала и выборки микролюфтов в подшипниках кривошипно-шатунного механизма. Дополнительную, существенную погрешность вносит канал измерения давления – канал индикаторного крана, который установлен на всех мало- и среднеоборотных дизелях. Все переносные системы мониторинга регистрируют давление в рабочем цилиндре путем присоединения датчика к индикаторному крану, который имеет стандартную резьбу на всех транспортных дизелях с момента получения патента Рудольфом Дизелем в 1892 году. Во время измерения давления канал вносит погрешности типа запаздывания сигнала и дросселирования, причем первая может быть весьма существенна – до нескольких градусов поворота коленчатого вала (ПКВ) – и увеличивается с повышением частоты вращения.

Погрешность аппаратных датчиков столь велика и непостоянна в зависимости от нагрузки, что стало очевидным, что в пределах этой погрешности и даже точнее, положение ВМТ можно рассчитать, анализируя кривые  $p(t)$ . С другой стороны, влияние погрешности определения ВМТ на точность расчета среднего индикаторного давления очень велико: 6-9 % на 1° ошибки ВМТ (M. Tazerout, S. Polanowski, Per Tunestal, Y. Nilsson and L. Eriksson, E. Pipitone). Таким образом, чтобы получить приемлемый расчет среднего индикаторного давления и индикаторной мощности, необходимо определять ВМТ с максимальной абсолютной погрешностью не более 0,1-0,3 °ПКВ.

Предлагаемый авторами метод решения уравнения  $P'=0$  с последующим учетом термодинамического смещения ВМТ (...) обеспечивает требуемую точность расчета ВМТ

0,1-0,25 °ПКВ. Моделирование кривой  $P'=0$  производится на участке от закрытия впускных клапанов до начала воспламенения в цилиндре. Соответствующие границы участков определяются путем анализа экстремумов кривых  $\frac{dP}{dt}, \frac{d^2P}{dt^2}$ , который возможен после фильтрации исходной кривой давления. Авторами применяется цифровой фильтр Butterworth LowPass filter, который имеет гладкую характеристику во всем частотном диапазоне и не смещает фазу исходного сигнала. Таким образом обеспечивается требуемая точность окончательного расчета среднего индикаторного давления с последующим расчетом индикаторной и эффективной мощности двигателя с максимальной относительной погрешностью не более 2,5%.

Расчет эффективной мощности на морских дизелях необходим не только для оценки удельного расхода топлива и диагностики технического состояния, но и для актуального в настоящее время расчета коэффициента энергоэффективности судов, введенного морской международной организацией ИМО. Резолюция Международной морской организации ИМО МЕРС.282 (70) представляет собой руководство по разработке судового плана управления энергоэффективностью (SEEMP – Ship Energy Efficiency Management Plan), в котором предложены подходы к управлению экологичностью и экономичностью работы, а также возможные пути улучшения общих эксплуатационных показателей судна. Основные факторы, влияющие на энергоэффективность, изложенные в Резолюции, применимы для судов внутреннего плавания в различной степени «весомости».

Активность ИМО и признанные МЕРС реальные объемы снижения выбросов CO<sub>2</sub> в результате внедрения мероприятий по улучшению показателей энергоэффективности актуальны и для судов внутреннего плавания. Данная задача постепенно находит свое отражение в проектах развития судоходства на конвенциональных (Рейн, Дунай, Сава, Мозель) внутренних водных путях Европы, прежде всего, в экологических проектах. В настоящее время на внутренних водных путях стран Европейского Союза ежегодно перевозится свыше 550 млн. тонн грузов.

Таким образом, задача аналитической синхронизации данных, необходимая для корректной оценки мощности и технической диагностики, повышающей экономические и экологические показатели транспортных дизелей, является актуальной.

## ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИБОРІ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Воробйов Ю.А., Нечипорук М.В., Майорова К.В.  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут» (Україна)

**Вступ.** Досягнення у створенні інтелектуальних систем для найрізноманітніших сфер діяльності людини з кожним роком стають дедалі помітніше: активно використовуються програми розпізнання образів, текстів, мови; бази даних і знань; онтологічні системи і системи 3D-моделювання. Важливу роль при виробництві та ремонті транспортних засобів (ТЗ) на всіх стадіях життєвого циклу виробу відіграє технологічна підготовка виробництва (ТПВ). ТПВ потребує вибір обладнання та інструменту, що передбачає багатоваріантність технологій і засобів технологічного оснащення. Для визначення оптимального рішення в сучасному виробництві використовується система онтологій, що складається зазвичай з трьох онтологій: онтології предметної області, онтології задач і метаонтології [1, 2 та ін.]. Специфіка організації виробництва на машинобудівних і ремонтних підприємствах допускає можливість при створенні виробничих систем підтримки прийняття рішень (СППР) створення «легких» онтологій, де реалізація онтологічних систем здійснюються в рамках технології METHONTOLOGY [3].

**Актуальність досліджень.** Актуальною проблемою є розробка комплексного підходу, який передбачає синтез окремих онтологій, потім об'єднання їх в онтологічну систему, і в застосуванні створеної системи в якості інтелектуального ядра СППР за вибором ручних імпульсних пристроїв (РІП) для виконання операцій складальних процесів.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є розробка онтологічної системи підтримки прийняття рішень (ОСППР) при виборі розробниками, виробниками та ремонтниками ТЗ технологій і засобів технологічного оснащення (ЗТО), зокрема імпульсних технологій та ручних імпульсних пристроїв (РІП) для складально-монтажних і ремонтних робіт.

### **Результати досліджень.**

Трактування терміну «онтологія» в різних джерелах і областях досліджень відрізняються в залежності від контексту і цілей його використання. В аспекті розроблення та впровадження різноманітних інформаційних технологій, в тому числі і інтелектуальних, онтологія – це формальне представлення на базі концептуалізації знань.

У машинобудуванні має місце однозначність трактування понять, а також відносин між ними. Виходячи з цього, при розробці додатків в областях, безпосередньо пов'язаних з машинобудуванням, цілком допустимо обмежитися створенням так званих легких онтологій (lightweight ontologies) [4].

Машина виведення онтологічної системи в загальному випадку може спиратися на мережеве представлення онтологій всіх рівнів. Конструктивно машина виведення може бути оформлена у вигляді бази метаправил, представлених як правила-продукції. Критерієм зупинки процесу є досягнення цільової ситуації або перевищення тривалості виконання (time-out) [4]. На рис. 1 представлена узагальнена структура ОСППР із вибору РІП для складання конструкцій ТЗ, інтелектуальне ядро якої містить онтологічну систему.

Методологію і «життєвий цикл» створення онтологій в подальшому викладі будемо розглядати в рамках підходу METHONTOLOGY, розробленого Гомез-Перезом (Gomez-Perez), оскільки цей підхід дає можливість в повній мірі реалізувати наведені вище принципи Грубера і в цілому відповідає специфіці даної предметної області.

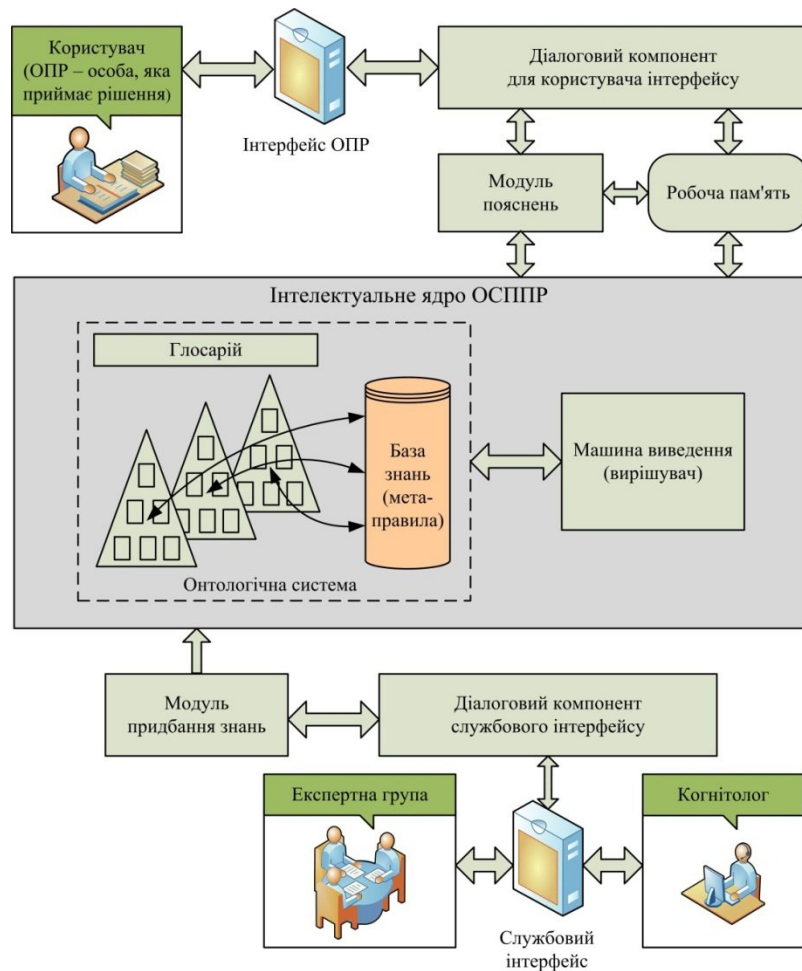


Рисунок 1. Узагальнена структура ОСППР із вибору РПР

Загальна схема «життєвого циклу» створення онтологій в рамках підходу METHONTOLOGY представлена на рис. 2.

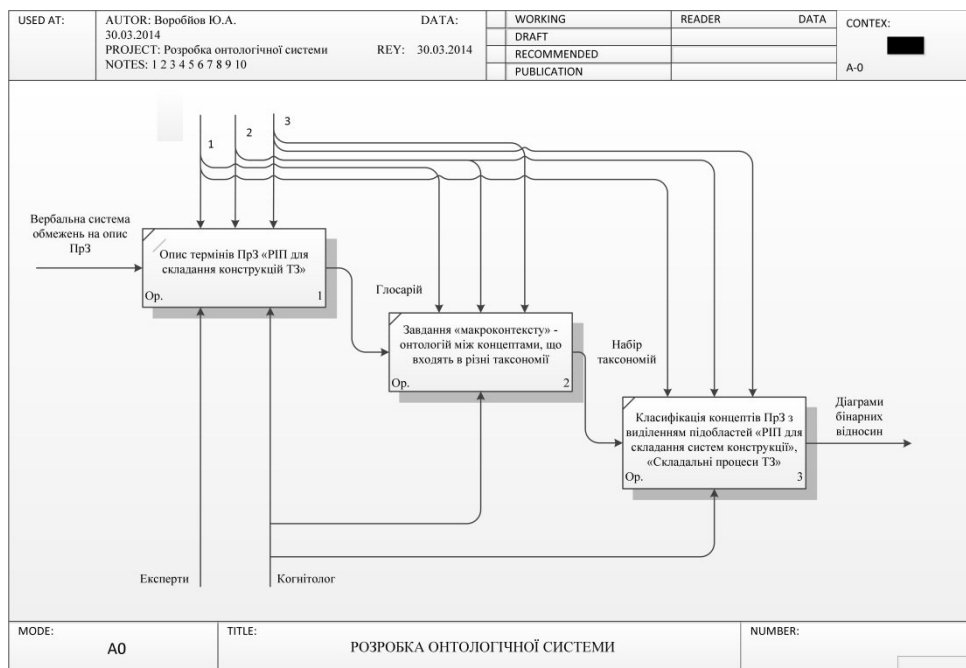


Рисунок 2. «Життєвий цикл» створення онтологій в рамках підходу METHONTOLOGY

Процес класифікації технологічних операцій (ТО) складально-монтажних і ремонтних

робіт для створення ОСППР повинен мати наступну природу: спочатку будується попередній варіант таксономії, потім по ній будується попередній варіант мерономії, надалі по ній же уточнюється таксономія і, якщо точність таксономічного розбиття незадовільна, то вносяться корективи в мерономію і т.д.

Сказане вище призводить до необхідності виділення на першому етапі класифікації множини характерних ознак різних видів ТО складання та ремонту ТЗ із застосуванням РПП в межах їх номенклатури (рис. 3) [5].



Рисунок 3. Характерні ознаки ТО складання ТЗ із застосуванням РПП

В роботі детальніше розроблена метаонтологія «РПП» у формі ієрархії фреймів.

### Висновки.

1. Специфіка організації виробництва на машинобудівних підприємствах допускає можливість реалізації онтологічних систем в рамках технології METHONTOLOGY.
2. Проведено порівняльний аналіз зовнішнього і внутрішнього шляхів прояви системності при аналізі номенклатури ТО складання ТЗ із застосуванням РПП, виходячи з принципів цілісності, системності, ієрархічності і розвитку.
3. Виділення характерних ознак кожного типу ТО складання ТЗ із використанням РПП показало, що конкретизацією категорії сутності для них є саме зовнішня система (система-клас).
4. За підтримки метаонтології «РВП» було реалізовано режим автоматизованого застосування знань, що представлено у вигляді узагальненого алгоритму реалізації даного процесу. Детально представлено метаонтологію «РПП».

### ЛІТЕРАТУРА

1. Gomez-Perez, A. Ontologies: Theory, methods and tools. The Fourth Summer School on Ontological Engineering and the Semantic Web, 2006 (SSSW'06).
2. Gruninger, M., Atefi, K., Fox, M. Ontologies to support process integration in enterprise engineering. Computational and Mathematical Organization Theory, 2000, no. 6, pp. 381 – 394.
3. Модели онтологий и онтологической системы поддержки принятия решений по выбору ручных импульсных устройств / Ю. А. Воробьев, Н. В. Нечипорук, В. Н. Кобрин, И. В. Шостак // Наукові нотатки : міжвуз. зб. наук. пр. / Луц. Нац. техн. ун-т. – Луцьк, 2014. – Вип. 46. – С. 77 – 83.
4. Норенков И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. – М.: МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с.
5. Воробьев, Ю. А. Естественная классификация номенклатуры технологий, предусматривающих применение ручных импульсных устройств при сборке транспортных средств / Ю. А. Воробьев, Н. В. Нечипорук, Д. М. Клец // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2017. – № 5 (140). – С. 4 – 16.

## ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ПРОЦЕССАХ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Головань А.И.

Одесский национальный морской университет (Украина)

Гармонический анализ занимает важное место среди основных методов решения задач диагностики вращающихся узлов двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Основные трудности применения метода гармонического анализа заключаются в том, что на практике мы не можем получить непрерывный и бесконечный во времени сигнал о работе вращающихся узлов ДВС, а лишь получаем его дискретную во времени часть. С целью анализа полученного дискретного сигнала применяется дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Предметом анализа является дискретный амплитудный спектр сигнала.

Поскольку речь идет о численном анализе амплитуд и частот отдельных гармоник в дискретном спектре виброакустического сигнала, автор столкнулся с проблемой существенного искажения амплитуды в дискретном преобразовании Фурье. Без решения этой проблемы производить какой-либо частотный, а тем более амплитудный анализ отдельных гармоник не имеет смысла [4]. Анализ источников [1-3] показал, что искажение амплитуды сигнала, полученной в результате ДПФ, может достигать 50%. С помощью методов гармонического анализа на базе дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [1-3] и последующего численного решения задачи устранения искажения амплитуды в дискретном спектре можно определить частоту вращения ротора турбины и проанализировать тенденцию изменения амплитуды основной гармоники.

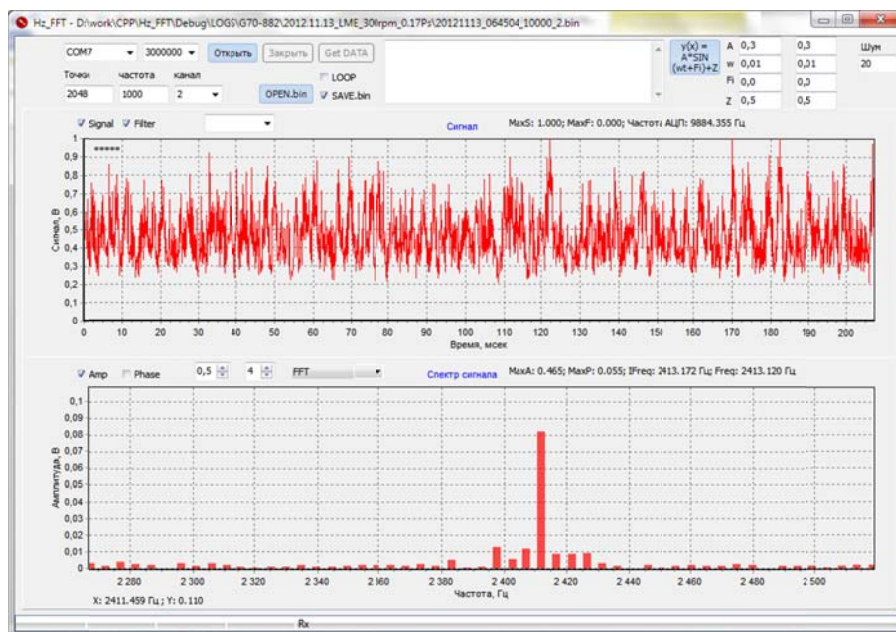


Рисунок 1. Виброакустический сигнал и спектр виброакустического сигнала компрессора ГТН главного дизеля Г70-883

С помощью методов спектрального анализа на базе ДПФ и последующего численного решения задачи устранения искажения амплитуды в дискретном спектре можно определить частоту вращения ротора турбины и проанализировать тенденцию изменения амплитуды основной гармоники. Главной целью применения такого метода является повышение точности расчета ДПФ и возможность проверки показаний штатных тахометров. В [4] было показано, как с помощью амплитудного спектра виброакустического сигнала ГТН определить частоту вращения ротора турбины. Анализ



литературы [1-4] показывает, что в спектре виброакустического сигнала ГТН всегда присутствует гармоника на лопаточной частоте воздушного компрессора (частота вращения ротора ГТН, умноженная на количество лопаток компрессора, Рис.1).

Периодические процессы работы узлов транспортного средства, связаны с возникновением шума и вибрации, имеющих разную частоту, но относящихся к одному узлу. Циклический аналоговый сигнал, поступающий от датчика и содержащий диагностическую информацию, преобразуется в дискретный сигнал. Накопление диагностической информации, обрабатываемой оборудованием, проводится в виде дискретных сигналов. Обработка и анализ полученной диагностической информации производится путем применения гармонического анализа.



Рисунок 2. Виброакустический модуль LN-03F производства НПП «ЛЕПТОН»

Точность определения частот вращения коленчатого вала и ГТН с использованием виброакустического метода, по предварительной оценке, выше точности применяемых на практике тахометров, особенно при определении частоты вращения ГТН. Это объясняется тем, что происходит измерение не самих частот вращения, а частот кратных количеству цилиндров или лопаток компрессора ГТН. Однако вопрос численной оценки погрешностей предлагаемого метода требует отдельного решения. Виброакустический модуль (рис.2) определения частотных характеристик не является прямой альтернативой применяемых на практике тахометров, но может быть использован в составе системы непрерывного мониторинга и диагностики судового ДВС [4].

На Рисунке 3 показан процесс получения диагностической информации поступающей в систему диагностики. Ядром системы диагностики является виброакустический модуль, который создан на базе микроконтроллера STM32F4 – 32bit, 168MHz, 2MB Flash, FPU. Для отображения результатов расчета, а также для внесения коэффициентов тарировки и настройки устройство оборудовано TFT-экраном с диагональю 4.3” и сенсорной панелью. Программное обеспечение написано на языке программирования C++ с применением операционной системы FreeRTOS версии 9.0. Устройство оборудовано USB-портом для подключения к персональному компьютеру и имеет возможность работать как приставка для записи процессов, происходящих в ДВС.

Виброакустический модуль решает задачи определения частоты вращения ГТН двигателя по восстановленным параметрам дискретного спектра виброакустических сигналов двигателя и компрессора ГТН. Модуль работает на базе современного DSP контроллера, который реализует ДПФ на базе 2048 точек и устраняет эффект искажения амплитуды сигнала ДПФ. В результате, кроме частот ГТН на выходе модуля



производится непрерывный контроль амплитуд виброускорений двигателя на цилиндровой частоте и амплитуд виброускорений ГТН на основной частоте вращения. Первые амплитуды характеризуют небаланс цилиндровых мощностей, а вторые отвечают за общую вибрацию ГТН на основной частоте вращения. Контроль уровня вибрации ГТН на частоте вращения это комплексный контроль технического состояния ГТН, его подшипников и проточной части по газовой и воздушной стороне [4].

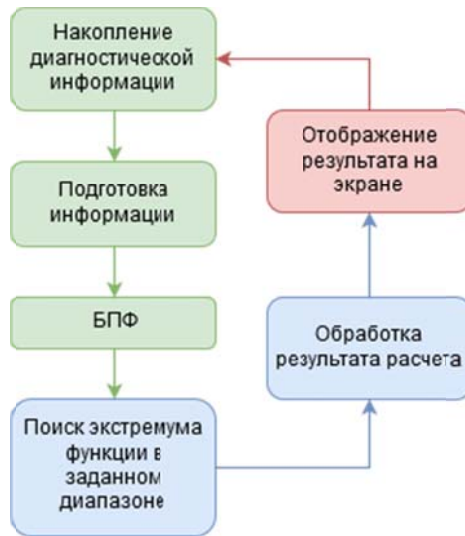


Рисунок 3. Процесс получения диагностической информации

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Henri J. Nussbaumer "Fast Fourier Transform and Convolution Algorithms" - Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1982, 276 p.
2. Anton Deitmar, Siegfried Echterhoff "Principles of Harmonic Analysis" - Springer International Publishing Switzerland 2014, 332p.
3. V. S. Varadarajan "An Introduction to Harmonic Analysis on Semisimple Lie Groups" - Cambridge University Press 1999, 328p.
4. Golovan, A., Rudenko, S., Gritsuk, I., Shakhov, A. et al., "Improving the Process of Vehicle Units Diagnosis by Applying Harmonic Analysis to the Processing of Discrete Signals," SAE Technical Paper 2018-01-1774, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-1774>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ШАТУНА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВС

Дмитриев С.А., Хрулев А.Э.

Национальный авиационный университет (Украина)

**Актуальность темы.** Как известно, в подавляющем большинстве ДВС применяются шатуны, имеющие конструкцию, давно ставшую традиционной и общепринятой – она хорошо отработана десятилетиями во всех аспектах, в том числе, материалах, форме и размерах элементов, технологии производства [1, 2, 3].

Однако следует отметить, что изменение технических требований даже в таких отлаженных и отработанных деталях, как шатун, может стать причиной их весьма серьезной модификации. При этом изменения могут диктоваться не только экономическими, но и другими не менее важными требованиями, включая мощностные и экономические характеристики ДВС, особенно, при модернизации серийной продукции.

В соответствии с этим **цель данной работы** – анализ конструкций шатунов и выявление факторов, оказывающих влияние на основные параметры ДВС.

**Анализ состояния проблемы** применительно к современным ДВС легковых автомобилей. Даже поверхностный анализ технической уровень бензиновых ДВС для легковых автомобилей позволяет сделать вывод о том, что дальнейшее усовершенствование автомобильных ДВС пошло по пути повышения удельной мощности. Если в конце прошлого века литровая мощность 50 л.с. на 1 литр была нормой, а 70 л.с./литр говорили о некоей эксклюзивности или даже специальном применении двигателя, то сейчас уровень 90-100 л.с./литр уже не является пределом для вполне массовых конструкций.

Все эти процессы сопровождаются ростом максимальной частоты вращения. Такие серьезные изменения не могли пройти бесследно для большинства основных деталей ДВС. Однако изменения такого рода коснулись шатунов в наименьшей степени. И это позволяет предположить возможные тенденции дальнейшего развития конструкции шатунов.

**Постановка задачи.** Шатун традиционной конструкции (рис.1) имеет элемент, соединяющий кривошипную и поршневую головки, в виде стержня двутаврового сечения.



Рисунок 1. Типичный пример шатуна традиционной конструкции со стержнем двутаврового сечения (а) и со стержнем Н-образного сечения (б)

За последние несколько десятилетий эта конструктивная схема претерпела минимальные изменения, которые, помимо применения так называемой разрывной кривошипной головки, касались, главным образом, уменьшения размеров и утончения сечений стержня. В результате сегодня шатуны у многих бензиновых двигателей представляют собой довольно ажурные конструкции, которые даже на самый поверхностный взгляд не обладают какими-то выдающимися характеристиками жесткости.

В самом деле, двутавровое сечение (профиль) стержня достаточно хорошо держит нагрузки в продольном (окружном) направлении, чего нельзя сказать о поперечном.

Однако в поперечном направлении явных нагрузок на шатун нет, поэтому для массового производства эта конструкция продолжает оставаться доминирующей.

Вместе с тем, известна и другая конструкция стержня шатуна. Преимущественно в спортивных двигателях находят применение так называемые Н-образные шатуны, у которых стержень по-прежнему представляет собой двутавр, но развернутый на  $90^{\circ}$  вокруг продольной оси стержня (рис.1). Ранее подобные шатуны находили применение и в авиационных поршневых ДВС. Понятно, что стержень у Н-образного шатуна другой, но на первый взгляд не совсем понятно, зачем нужен такой специальный профиль, и что он дает.

**Результаты исследования.** Чтобы определить разницу между конструктивными схемами шатунов, необходимо провести моделирование нагружения стержней этих конструкций. Для этого были выбраны две балки, имитирующие стержень шатуна – традиционная двутавровая и Н-образная (рис.2). Для уравнивания условий площадь поперечного сечения балки была равномерно распределена по конструктивным элементам и в обоих случаях составила одинаковую величину. Скруглений по ребрам для упрощения задачи намеренно не предусмотрено.

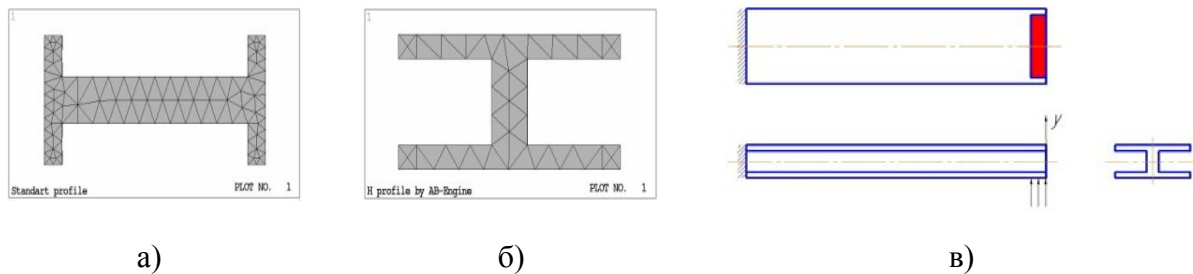


Рисунок 2. Поперечные сечения стержней исследуемого типа - традиционный (а) и Н-образный (б), а также расчетная схема нагружения стержня шатуна поперечной нагрузкой (в)

Расчетная схема для моделирования была задана следующим образом: обе балки на одном краю имели неподвижную заделку, а другой край оставлялся свободным, но к нему прикладывалась одинаковая поперечная сила в 1000 Н (рис.2). Далее с помощью программного комплекса ANSYS [4,5] был проведен вычислительный эксперимент для определения напряженно-деформированного состояния балок, при этом был использован метод конечных элементов (МКЭ).

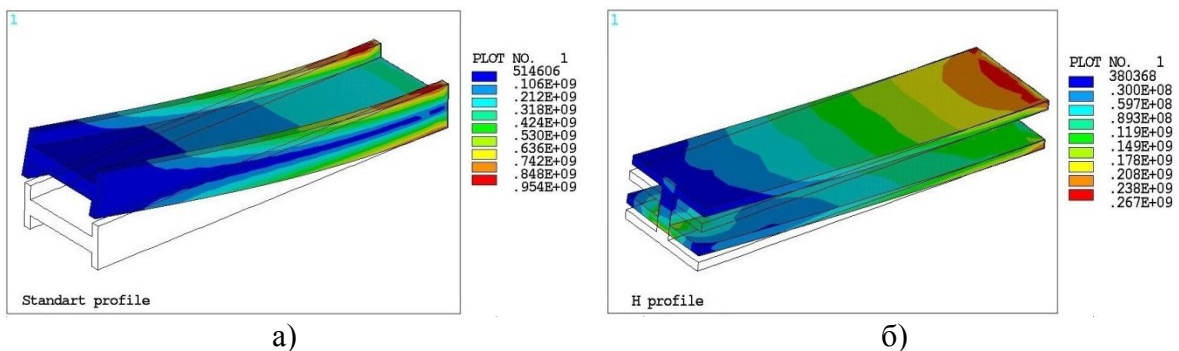


Рисунок 3. Характер поперечной деформации у стержня традиционной конструкции (а) и Н-образного (б) при одинаковой поперечной нагрузке

Полученные данные (рис.3) позволили сделать следующие выводы. При испытании традиционного профиля максимальные поперечные деформации (по оси у) под действием заданной нагрузки составили 2.69 мм, в то время как при испытании Н-образного профиля деформации оказались в 3,5 раза меньше – 0.763 мм. Аналогично при той же одинаковой

нагрузке 1000 Н максимальные напряжения в балке традиционного профиля в 3 раза выше и составляют  $9,46E+08$  Па вместо  $3,16E+08$  Па для H-образной балки (рис.4).

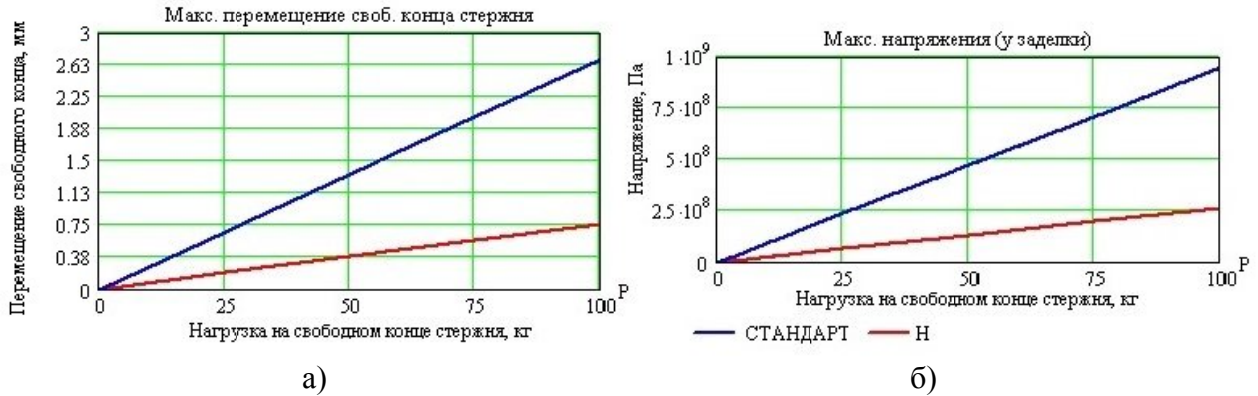


Рисунок 4. Деформации (а) и напряжения (б) в стержне шатунов рассматриваемых конструкций в зависимости от поперечной нагрузки

Таким образом, шатун с H-образным стержнем обеспечивает в 3,5 раза большую поперечную жесткость, чем шатун со стержнем стандартного профиля при одинаковой площади поперечного сечения.



Рисунок 5. H-образный шатун (а) и его математическая модель (б)

Поскольку форма стержня существенно изменена по сравнению с традиционной конструкцией, для практических целей желательно проверить наличие критически опасных сечений. С этой целью была построена 3-мерная модель шатуна, которая затем была использована для создания конечно-элементной модели (рис.5).

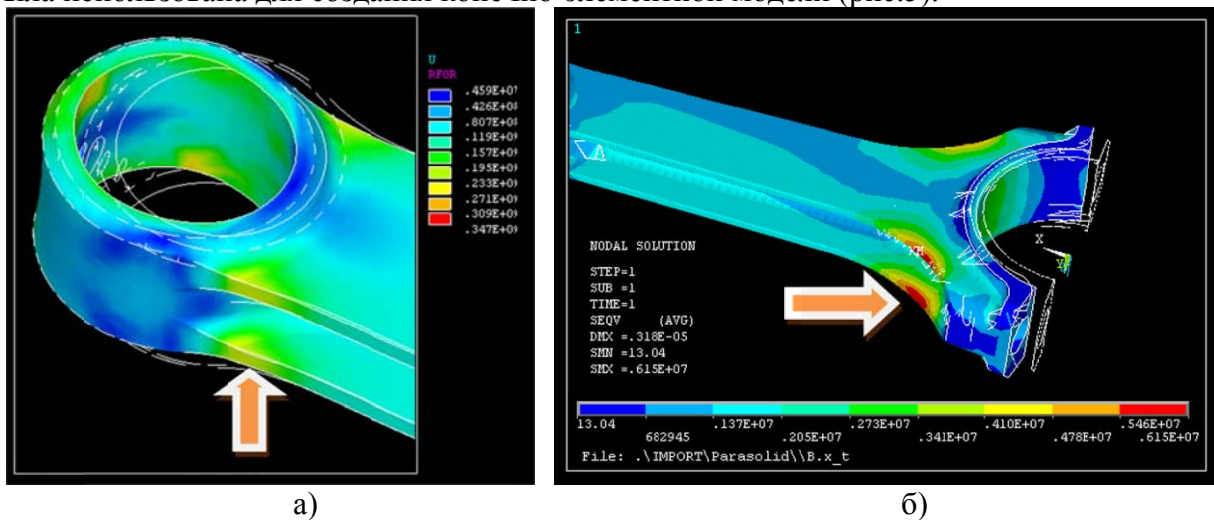


Рисунок 6. Моделирование сжатия шатуна указывает на наличие опасных участков на наружной поверхности ребер вблизи поршневой головки (а) и у кривошипной головки (б)



При моделировании нагружения шатуна растягивающими и сжимающими нагрузками было установлено, что в отличие от традиционной конструкции у шатуна с Н-образным профилем внимание следует уделить ребрам профиля стержня в нижней и верхней их части вблизи перехода на головку. При неизменной толщине ребер профиля стержня в этих местах возникают повышенные напряжения (рис.6), которые могут быть снижены, главным образом, только увеличением толщины ребер.

Несмотря на указанные выше преимущества следует указать и на недостаток Н-образной схемы, связанный с так называемым масштабным фактором – Н-образный шатун при прочих одинаковых условиях получается, как минимум, на 10-15% тяжелее традиционного. В то же время, Н-образный шатун обладает более высокой жесткостью, особенно, в поперечном направлении.

Тем не менее, принято считать, что никакой поперечной нагрузки на шатун нет, а раз так, то никаких дополнительных поперечных сил на стержень шатуна не возникает. При таких условиях никакая дополнительная поперечная жесткость шатуну вроде и не требуется – вполне достаточно и той, которую дает традиционная конструкция.

В самом деле, допущение о том, что на шатун не действует никаких поперечных сил, в целом опровергается имеющимся к настоящему времени опытом. Анализ действующих сил показывает, что любой поперечный перекоп поршня в цилиндре возможен только вместе с поршневой головкой шатуна. Отсюда следует, что поперечный перекоп поршня может быть вызван, главным образом, изгибом шатуна.

Например, в эксплуатации ДВС деформация шатуна в поперечном направлении не редкость – основной ее причиной является гидроудар из-за попадания в цилиндры различных жидкостей [7,8], ударные повреждения поршня (обрыв клапана, попадание посторонних предметов), а также некачественный ремонт двигателя и/или самого шатуна.

При таких повреждениях поршень имеет явно выраженный односторонний перекоп (рис.7), при котором участок контакта с цилиндром на жаровом поясе располагается только с одной стороны (помимо этого, есть еще и другие признаки работы поршня с деформированным шатуном). Но все эти случаи связаны либо с эксплуатационными повреждениями, либо с дефектами ремонтного производства.



Рисунок 7. Односторонняя потертость жарового пояса поршня (а) вызвана перекопом из-за эксплуатационной или ремонтной деформации шатуна, в то время как небольшие 2-сторонние потертости (б) являются признаком качания поршня в цилиндре из-за возможных изгибных колебаний шатуна при работе на высоких частотах вращения

На высокооборотных высокофорсированных спортивных двигателях удалось обнаружить еще один вид нештатной работы поршня (рис.7), при которой потертость жарового пояса наблюдалась с 2-х сторон. Причину удалось объяснить с помощью предположения об изгибных поперечных колебаниях стержня шатуна. Действительно, если систему "шатун-поршень" представить в виде балки, защемленной на стороне кривошипа и с грузом (поршень с пальцем), приложенным в центре поршневой головки,

то согласно [9], низшая частота собственных поперечных колебаний системы может быть приближенно рассчитана по формуле:

$$\omega = \sqrt{3EI_y / [l^3 (M + 0,236 M_0)]},$$

где  $E$  – модуль упругости материала шатуна,  $I_y$  – момент инерции стержня при поперечном изгибе,  $l$  – длина стержня,  $M, M_0$  – масса поршня (с пальцем) и шатуна соответственно.

Расчет показывает, что у шатунов автомобильных двигателей со стандартным профилем стержня частота собственных поперечных колебаний оказывается около 7000-7500 об/мин (что может быть причиной роста механических потерь на частотах вблизи резонанса), в то время как переход на Н-образный стержень сразу повышает частоту собственных колебаний в 1,5-1,6 раза – до 11000-12000 об/мин. При испытании двигателей объемом 1,6 л, на которых были установлены шатуны с Н-образным профилем стержня, выяснилось, что переход на Н-образный профиль шатуна приводил не только к исчезновению потерь на жаровом поясе поршня над пальцем, но и сопровождался одновременным заметным ростом мощностных характеристик, главным образом, за счет возможности заметно повысить максимальную частоту вращения [10]. При этом эффект от применения Н-образных шатунов наблюдался только при работе на больших частотах вращения, выше 6000-6500 об/мин, что в целом согласуется с результатами расчета.

**Выводы.** Традиционная конструкция шатуна со стержнем двутаврового сечения, по прежнему применяемая в подавляющем большинстве бензиновых ДВС, практически исчерпала резервы быстроходности. При частотах вращения свыше 6000-6500 об/мин обнаруживаются признаки изгибных поперечных колебаний шатуна, что приводит к росту механических потерь и ухудшению основных параметров ДВС, особенно, у малолитражных высокооборотных двигателей. Возможным решением проблемы является переход на шатуны с Н-образным профилем стержня, обеспечивающим во много раз большую поперечную жесткость и позволяющим, тем самым, уменьшить механические потери и повысить выходные параметры ДВС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Машиностроение. Энциклопедия. Двигатели внутреннего сгорания. Т.IV–14 / Л.В.Грехов, Н.А.Ивашенко, В.А.Марков и др./ Под общ. ред. А.А.Александрова и Н.А.Ивашенко. – М.: Машиностроение, 2013. – 784 с.
2. Дьяченко В.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник для студентов высших учебных заведений. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. С.Орлина, М.Круглова. – М.: Машиностроение, 1984. – 384с.
4. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общей редакцией Д.Г.Красковского. – М.: Изд-во "Компьютер-Пресс", 2002. – 224 с.
5. ANSYS. Theory Reference. Release 5.6 / Edited by Peter Kohnke, Ph.D. – ANSYS, Inc., Southpointe 275 Technology Drive, Canonsburg, PA 15317, 1999. – 1286 p.
6. Бекман В.В. Гоночные мотоциклы. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 271с.
7. Хрулев А. Гидроудар "замедленного действия" / А.Хрулев, С.Самохин // Автомобиль и сервис. – 2011. – №08. – С.36-39.
8. Greuter E. Engine Failure Analysis / Greuter Greuter E., Zima S. // SAE International, R-320, ISBN 978-0-7680-0885-2. Warrendale, USA, 2012. – 582 p.
9. Хазанов Х.С. Механические колебания систем с распределенными параметрами: Учеб. пособие. – Самар. госуд. аэрокосмич. ун-т, Самара, 2002. – 80 с.
10. Хрулев А. Гоночный автомобиль: на пределе возможностей. Ч. 1 / А.Хрулев // Автомобиль и сервис. – 2000. – №5. – С.16-18.

## РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ ПРИ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ

Ерыганов А.В.

Одесский национальный морской университет (Украина)

Предлагается способ расчёта показателя политропического сжатия  $n$  при проведении алгоритмической синхронизации индикаторных диаграмм двигателей внутреннего сгорания. Ранее было показано, что угол, соответствующий максимальной скорости роста давления сжатия, зависит от геометрических размеров деталей кривошипно-шатунного механизма, объёма камеры сжатия и показателя политропы  $n$ . Для определения величины  $n$  предлагается вначале аппроксимировать участок экспериментальной кривой сжатия полиномом четвёртого порядка. Конец аппроксимируемого участка, соответствующий большему значению угла поворота коленчатого вала, лежит в точке наискорейшего роста давления сжатия, что упрощает полином. Для расчёта его коэффициентов используются известные из эксперимента граничные условия, дополненные уравнением равенства нулю второй производной давления в точке максимальной скорости роста давления сжатия. Значение коэффициента  $n$  отыскивается исходя из того, что работа сжатия на данном участке будет одинаковой вне зависимости от способа выражения давления – полиномом или уравнением политропы. Найденная таким образом величина показала хорошее совпадение с экспериментальными данными. Относительная погрешность в среднем не превышала 1,5%. При необходимости также возможно создавать массив величин  $n$ , что позволяет дополнительно уточнить результат.

## ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ШВИДКОСТІ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ МЕТРОБУСА

Сахно В.П., Поляков В.М., Корпач А.О., Шарай С.М.  
Національний транспортний університет (Україна)

**Вступ.** Сучасні системи громадського транспорту все більше розглядаються як важливий засіб безпечного підвищення мобільності населення, особливо в міських районах, які страждають від зростаючих транспортних заторів. Метробус або нова система автобусного руху "Швидкісний автобусний транспорт" (Bus Rapid Transport, BRT) є результатом розвитку мережі автобусного суспільного транспорту. В порівнянні з метро цей проект має явні переваги: менша вартість створення мережі, менша вартість рухомого складу, мобільність та ін. Ці переваги проявляються, перш за все, при максимальному використанні пасажиромісткості метробусів, тобто при застосуванні триланкових метробусів і при їх русі з максимально можливими швидкостями. Це обумовлює необхідність дослідження стійкості руху метробусів, яка базується на аналізі рішень диференціальних рівнянь руху автотранспортного засобу.

**Актуальність дослідження.** Особливістю проектування функціональних систем, що забезпечують стійкість та керованість автопоїздів і метробусів (у подальшому автотранспортного засобу - АТЗ) є паралельні процеси їх конструювання, оптимізації і моделювання динаміки транспортного засобу в цілому при багатокритеріальності інколи суперечливих задач.

Характеристики стійкості та керованості, як відомо, визначаються комбінацією експлуатаційних, масово-геометричних і конструктивних параметрів модулів АТЗ. У загальному випадку бажані сполучення вказаних параметрів з точки зору стійкості та керованості навіть для одного і того ж транспортного засобу в діапазоні експлуатаційних навантажень і швидкостей руху бувають різними. Як, наслідок, є складність отримання на ранніх стадіях створення АТЗ точних конструктивних параметрів і кількісних показників за критеріями стійкості та керованості руху [1].

**Постановка задачі.** Теоретичні засади аналізу базуються на основі математичних моделей прямолінійного та керованого рухів автомобіля і автопоїзда, що розроблені для автомобілів та дволанкових автопоїздів [2]. На їх основі отримані диференціальні рівняння збуреного руху транспортних засобів, рівняння границь стійкості прямолінійного руху автомобілів та диференціальні рівняння траєкторій характерних точок ланок автопоїзда, рішення яких дозволяє визначити критичну швидкість руху, за допомогою якої можливо прогнозувати поведінку як керованих, так і некерованих транспортних засобів.

Складання диференціальних рівнянь руху для метробуса відносно змінних поздовжньої  $v$ , поперечної  $u$  та кутової швидкості  $\omega$  автомобіля-тягача і кутів складання ланок автопоїзда  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  (першого та другого) виконаємо за таких вихідних даних:

- автопоїзд рухається по рівній горизонтальній поверхні;
- невіднесена маса вважається такою, що не крениться;
- керуючий вплив на параметри руху автопоїзда здійснюється через керовані колеса автомобіля-тягача;
- не враховується наявність зазорів в тягово-зчіпних пристроях;
- відстань між ланками автопоїзда не змінюється через малість кутів складання;
- при русі автопоїзда по дорогах реального мікропрофіля кут скручування рами і її жорсткість на крутіння не враховуються;
- складові елементи автопоїзда є абсолютно твердими тілами;
- пасажирів в метробусі розташовуються так, що центри мас ланок, а також тягово-зчіпні пристрої, що з'єднують їх, розташовані у вертикальній площині симетрії ланки;
- за основну траєкторію метробуса приймається траєкторія центра мас тягача;



- взаємодія коліс з опорною поверхнею виражається через реакцію полотна дороги у поздовжній і поперечній площині, що є функцією коефіцієнта опору кочення і кута відведення, а саме [2]

$$X_i = G_i \times f,$$

$$Y_i = \frac{k_i \delta_i}{\sqrt{1 + k_i (\varphi^2 G_i^2)^{-1} \delta_i^2}},$$

де  $G_i$  – вертикальне навантаження на колесо;

$f$  – коефіцієнт опору кочення;

$\delta_i, Y_i$  – відповідно кути відведення та бічні реакції;

$k_i$  – коефіцієнт опору бічному відведенню;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення між шиною і опорною поверхнею в поперечному напрямку (вважаємо  $\varphi$  сталою величиною для заданих дорожніх умов).

З урахуванням результатів роботи [3] система рівнянь, що описує плоскопаралельний рух триланкового метробуса, записана у вигляді:

$$\begin{aligned} m(\dot{u} + v\omega) &= Y_2 \cos\theta_1 + Y_{21} + YA - YB \cos\gamma_1 + XB \sin\gamma_1; \\ I\dot{\omega} &= aYA - b(Y_2 \cos\theta_1 + X_2 \sin\theta_1) - bbY_{21} + c(YB \cos\gamma_1) + M_1 + M_2; \\ I_1\dot{\omega}_1 &= -YA\lambda \cos\theta + XA\lambda \sin\theta - M_1 = 0; \\ I_2\dot{\omega}_2 &= d_1YB - b_1Y_3 - b_{11}Y_{31} + c_1YC - M_3; \\ I_3\dot{\omega}_3 &= d_2YC - b_{21}Y_{41} - b_{22}(Y_{42} \cos\theta_{32} + X_{42} \sin\theta_{32}) + M_2 - M_3. \end{aligned} \quad (1)$$

У записаних рівняннях прийняті такі позначення:

$v$  – поздовжня складова швидкості центру мас автобуса;

$\lambda$  (*lambda*) – винос керованого колеса автобуса;

$m, J; m_1, J_1; m_2, J_2; m_3, J_3; m_4, J_4$  – маса й центральний момент інерції відповідно автобуса, керуючого колісного модуля автобуса, керуючого колісного модуля першого причепа, першого причепа, маса й центральний момент інерції другого причепа;

$v, u; v_1, u_1; v_2, u_2; v_3, u_3; v_4, u_4$  – відповідно поздовжня й поперечна проекції вектора швидкості центра мас на осі, пов'язані з тягачем; центра мас керуючого колісного модуля автобуса; центра мас керуючого колісного модуля першого причепа; центра мас першого причепа; центра мас другого причепа;

$\omega, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$  – кутова швидкість відповідно автобуса щодо вертикальної осі, керуючого колісного модуля автобуса, керуючого колісного модуля першого причепа, першого причепа, другого причепа;

$X_{1i}, X_{2i}, X_{3i}, X_{4i}$  – поздовжні сили на колесах осей автопоїзда;

$M_1, M_2, M_3$  – моменти опору повороту ланок автопоїзда.

**Результати досліджень.** Отримана система рівнянь дозволяє досліджувати поведінку триланкового метробуса як у стаціонарних, так і нестаціонарних режимах руху.

Після визначення реакцій у точках зчеплення автобуса з першим причепом і першого причепа з другим інтегрування вихідної системи рівнянь здійснено за допомогою програмного забезпечення Maple. У якості основного оціночного показника стійкості руху метробуса обрано критичну швидкість руху. Розрахунки виконані для триланкового метробуса загальною масою 38000 кг (рис.1).

На рис. 2 наведені результати розрахунків критичної швидкості руху метробуса в залежності від маси ланок метробуса і коефіцієнтів опору відведення коліс його осей.

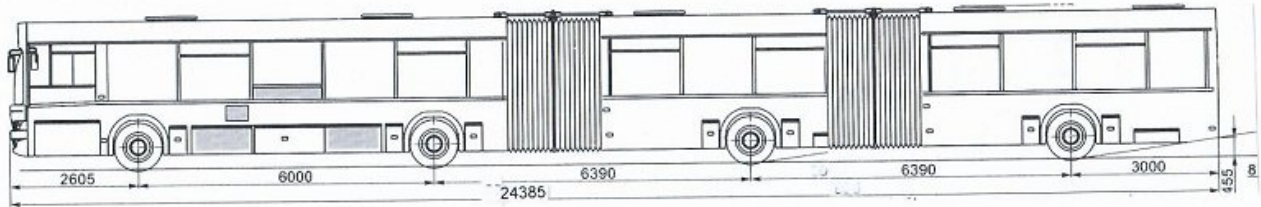
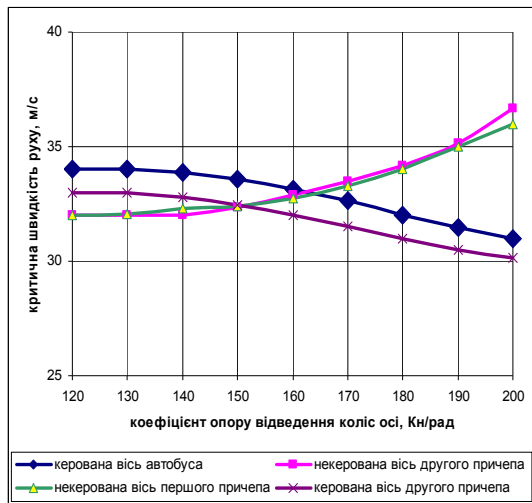
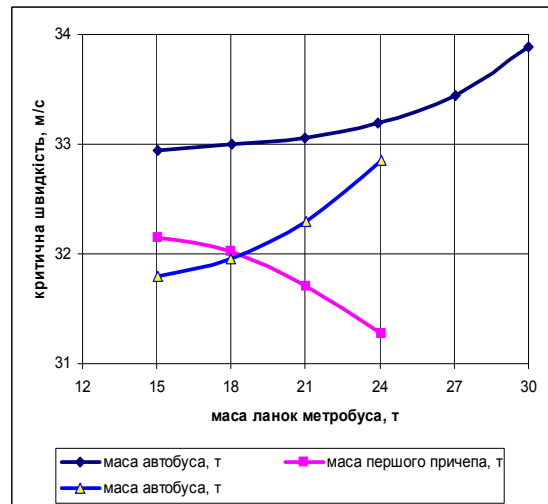


Рисунок 1. Компонувальна схема метробуса

Аналіз наведених залежностей показує, що на підвищення критичної швидкості руху метробуса позитивно позначається зменшення коефіцієнта опору відведенню коліс керованих осей автобуса і другого причепа (наприклад, зменшенням тиску повітря в шинах коліс цих осей). Аналогічно до збільшення критичної швидкості руху призводить і підвищення коефіцієнта опору відведення коліс некерованих осей причепів, зменшення відстані між центром мас автобуса і точкою його зчипки з першим причепом, збільшення маси автобуса і першого причепа (рис. 2,а). Разом з тим, збільшення коефіцієнту опору відведення коліс керованих осей призводить до зменшення критичної швидкості руху метробуса, як і збільшення маси другого причепа (рис. 2,б).



а)



б)

Рисунок 2. Залежність критичної швидкості метробуса від коефіцієнта опору відведення коліс осей метробуса (а) і маси ланок (б)

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження визначена критична швидкість руху тріланкового метробуса та проаналізовані фактори, що впливають на її чисельне значення. Показано, що в процесі експлуатації метробуса необхідно підтримувати такий тиск в шинах, щоб за обраного навантаження на колеса осей автопоїзда коефіцієнт опору бічному відведенню коліс керованих коліс автобуса і причепа був меншим, ніж коліс некерованих осей. Це буде сприяти підвищенню критичної швидкості  $v_{кр}$  автопоїзда.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Трехзвенные автопоезда / Я.Е.Фаробин, А.М.Якобашвили, А.М.Иванов и др. Под общ. ред. Я.Е.Фаробина – Машиностроение, 1993. – 224 с.
2. Автомобили. Устойчивость. Монография / В.Г.Вербицкий, В.П.Сахно, А.П.Кравченко – Луганск. Изд-во «Ноулидж». 2013. – 176 с.
3. Сахно В.П. Рівняння руху моделі чотириланкового причіпного автопоїзда / В.П.Сахно, В.Г.Вербицький, А.Є.Бондаренко, О.А.Енглезі // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ. –2007. Вип.10.– С.117-120.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОМПОЗИТНОГО ПЛАВУЧОГО ДОКУ

Яглицький Ю.К., Кириченко К.В.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування  
імені адмірала Макарова (Україна)

**Вступ.** Постійні потреби світового судноплавства в судноремонті, обстеженні та контролі стану суден, технічному обслуговуванні підводної частини суден обумовлюють підвищений попит на плавучі доки. Проведений аналіз [1] експлуатаційних умов роботи композитних плавучих доків (залізобетонний понтон з металевими вежами) показав, що вони є в значній мірі екстремальними.

**Актуальність досліджень.** Специфіка технології та організації будівництва композитних доків великої підйомної сили потребує рішення ряду технічних завдань, які є актуальними в практиці докобудування. На плавучий док, як і на судно, поширюються всі вимоги класифікаційних і страхових товариств з контролю за його станом і відновленням працездатності.

**Постановка задачі.** Розглянути взаємозв'язок між основними вимогами до конструкції композитного плавучого доку та їх раціоналізацією.

**Результати досліджень.** Останнім часом великим попитом користуються композитні доки, виготовлені частково із залізобетонних, а частково з металевих конструкцій. Як правило, з залізобетону виготовляють понтон, а повністю металевими роблять бокові вежі.

Основним напрямком для досягнення конкурентоспроможної продукції докобудівних підприємств є впровадження наукових досліджень, які спрямовані на модернізацію, вдосконалення підготовки, організації та управління виробництвом, скорочення тривалості будівництва, зниження собівартості та підвищення якості продукції, мінімізація використання всіх видів ресурсів і витрат, використання нових технологій [2].

Погодження різноманітних і суперечливих вимог й отримання раціонального рішення є складним завданням, оскільки досі не існує взаємопов'язаних показників, які відповідають різним вимогам. Особливо це стосується конструювання і технології виготовлення конструкцій. З огляду на те, що в більшості практичних завдань, оцінювання рішень відбувається за кількома якісно різними критеріями, то гіпотетично одне з рішень може бути кращим за всіма критеріями – воно і буде найбільш оптимальним [3].

Основними напрямками розробки раціональних деталей та конструкцій є:

1. Нормалізація, уніфікація, типізація
2. Раціональність типорозмірів і конфігурації
3. Зручність обробки, складання, зварювання та обмірів
4. Врахування особливостей підприємств і врахування їх виробничих можливостей
5. Технологічність розмірів і допусків

Взаємозв'язок між основними вимогами до конструкцій дока та їх раціоналізацією представлений в табл. 1.

**Висновки.** Обґрунтовано, що для створення раціональних конструкцій доку необхідно встановити взаємозв'язок між напрямками раціоналізації конструкції композитного плавучого доку такими як нормалізація; уніфікація; типізація; раціональність типорозмірів і конфігурації; зручність обробки, складання, зварювання та обмірів; врахування особливостей підприємств і врахування їх виробничих можливостей; технологічність розмірів і допусків та основними вимогами, що пред'являються до конструкції доку (табл. 1).

Таблиця 1. Взаємозв'язок між основними вимогами до конструкцій дока та їх оптимізацією

Елементи оптимізації конструкції	Основні вимоги, що пред'являються до конструкції								
	Скорочення номенклатури деталей	Типізація та автоматизація	Зменшення матеріалів і заготовок	Економія матеріалів	Скорочення трудомісткості	Скорочення виробничого циклу	Скорочення витрат на підготовку виробництва	Зменшення робіт, що вимагають високої кваліфікації	Повне використання виробничих потужностей і зменшення транспортувань
Нормалізація, уніфікація, типізація	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Відповідність матеріалу заготовок остаточній формі	-	+	+	+	+	+	-	-	+
Рациональність типорозмірів і конфігурації	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Зручність обробки, складання, зварювання та обмірів	-	+	-	-	+	+	-	+	-
Врахування особливостей підприємств і врахування їх виробничих можливостей	-	+	-	-	+	+	-	-	+
Технологічність розмірів і допусків	-	+	-	-	+	+	+	+	+

## ЛІТЕРАТУРА

1. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков: монография / А. С. Рашковский [и др.] ; науч. ред. А. С. Рашковский. – Николаев.: НУК, 2008. - 614 с.

2. Кириченко К. В. Щедролов А. В. Усовершенствование технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы. Science and Education a New Dimension. – Будапешт, №158, 2018. – с.63–68.

3. Shchedrolosiev O., Yahlytskyi Yu., Kyrychenko K. Major ways to improve the design and technology of composite dock building. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв.: НУК, 2019. – с.116-120.

## **Секція 4**

### **ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ЙОГО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

## NANOMODIFIED EPOXYCOMPOSITE MATERIALS FOR METAL-POLYMERIC TRIBOSYSTEMS OF TRANSPORT VEHICLES

Zinchenko D.O.

Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

**Statement of the problem.** The problems of friction and wear of details and mechanisms of polymer tribosystems are among the most difficult problems and represent a combination of many particular problems of creating the conditions to provide maximum use of their potential capabilities. The constant complication of equipment with the simultaneous expansion of the scale of its application put ever higher demands on the reliability of constructive elements, physico-mechanical and tribotechnical properties of details surfaces of metal-polymer tribosystems, where different processes and types of friction and wear arise and develop simultaneously.

Scientifically grounded search and development of methods for strengthening and modifying of polymer friction surfaces are an important direction in solving these problems. Over the past decades, the modification of polymers has become increasingly important in most branches of modern mechanical engineering. Its innovative character of development encompasses a complex of scientific directions of various sciences and knowledge, combines methods of purposeful changes in physicochemical properties of surface layers of polymeric materials by modification with different methods and their combinations.

**Research materials and technique.** The epoxy diene oligomer ED-20 grade (GOST 10587-84) was selected as the main binder component in CM formation. Polyethylene polyamine hardener (PEPA) (TU 6-05-241-202-78) was used for cross-linking of epoxy compositions. Silver carbonate (SC) with dispersion of 500 nm was used as modifier, as fillers – molybdenum disulfide (MD) and microtalc (MT) with dispersion of 7 ... 10  $\mu\text{m}$ .

CM with dispersed particles were formed with the following composition:

- matrix (ED-20 : PEPA – 100 : 10);
- CM 1 (ED-20 : PEPA : MD : SC – 100 : 10 : 70 : 0,8);
- CM 2 (ED-20 : PEPA : MD : SC – 100 : 10 : 80 : 0,8);
- CM 3 (ED-20 : PEPA : MT : SC – 100 : 10 : 70 : 0,8).

The tribological properties of materials were investigated on testing machine of series production 2070 SFM-1 using scheme "shaft – hub segment" and technique according to GOST 23.224-86. Researches were carried out at sliding velocity  $v = 0,5$  m/s and unit load  $P = 1$  MPa. The mass of the samples was determined by weight method on an analytical balance with an accuracy of  $\pm 0,0001$  g.

The research of CM structure was carried out on a metallographic microscope XJL-17AT model, which is equipped with Levenhuk C310 NG camera (3.2 Mega Pixels). The image zoom range is from  $\times 250$  to  $\times 1600$  times. The software "Levenhuk ToupView" was used for processing of digital images.

**Experimental results and discussion.** It is known that the input of SC into the composition of CM leads to a change in the character of the structuring of the macromolecular grid of the matrix and the formation of a three-dimensional structure with given parameters. Proceeding from this, the input of silver carbonate particles into the binder allows within a wide range predictably regulate physico-mechanical and, correspondingly, tribological characteristics of the materials. Therewith, it should be borne in mind that a decrease in the degree of structure formation of a polymer with the introduction of an excessive amount of particles can lead to an increase in the shrinkage of the matrix during polymerization, and an increase in the intermolecular crosslinking density leads to an increase in the chemical and thermal stability of the epoxy composite. The results of tribological studies are given in Table 1.

It is proved that filling of epoxy binder with MD, MT and SC particles has a significant effect on tribological properties of CM. In particular, it should be noted that friction moment and

friction coefficient of CM 1 compared with matrix, are significantly decreasing from  $M = (1,8...2,0) \text{ N}\times\text{m}$  and  $f = 0,36...0,38$  to  $M = (1,6...1,8) \text{ N}\times\text{m}$  and  $f = 0,34...0,35$  respectively (Table 1). This is accounted for by an increase in the degree of crosslinking with the formation of additional physical bonds between binder and the filler. The increase in the cohesive strength of the material due to physical bonds, the increase in the surface energy of the two-component filler is determined primarily by the topology and activity of its surface.

Table 1. Tribological properties of composite materials

Parameters	Material			
	matrix	CM 1	CM 2	CM 3
Friction moment, $M$ , $\text{N}\times\text{m}$	1,8...2,0	1,6...1,8	1,4...1,5	1,4...1,5
Friction coefficient, $f$	0,36...0,38	0,34...0,35	0,28...0,29	0,29...0,30
Temperature, $T$ , K	335...337	358...360	335...338	338...340
Path of running-in, $l$ , m	2500...3500	2500...3000	2500...3000	2000...2500
Mass intensity of wear, $I_m$ , $\text{mg}/\text{km}$	2,0...2,2	2,6...2,8	3,0...3,4	1,8...2,1

In turn, this leads to an improvement in parameters of tribological properties of CM in the selected range of the study. Additional evidence of this is the fact that the path of running-in under the given conditions is reduced to  $l = 2500...3000 \text{ m}$  relative to the matrix ( $l = 2500...3500 \text{ m}$ ). However, with such filling of the system, the material wear intensity ( $I_m = 2,6...2,8 \text{ mg}/\text{km}$ ) increases compared to the matrix ( $I_m = 2,0...2,2 \text{ mg}/\text{km}$ ). In our opinion, this is due to the formation of pores and cavities in the surface layer of the material, which causes its cohesive failure under frictional interaction of rider and composite. The presence of filler particles on the surface of CM 1 and apparent friction paths along the entire working area of the samples was established (Fig. 1, b), when analyzing images of such materials after friction.

Moreover, a shift of composite layers was observed on the friction surface, which confirms the above assumptions and results of the study.

A similar tendency was observed when testing of material CM 2. The results of the study make it possible to affirm about the improvement of tribological properties of this CM in comparison with CM 1, as evidenced by a decrease in parameters of friction moment from  $M = (1,6...1,8) \text{ N}\times\text{m}$  to  $M = (1,4...1,5) \text{ N}\times\text{m}$  and friction coefficient from  $f = 0,34...0,35$  to  $f = 0,28...0,29$ . This is explained by the predominant influence of deformation-strength and antifriction properties of molybdenum disulphide filler, the amount of which in the material is increased to  $q = 80 \text{ wt } \%$ , on the properties of the composite as a whole. In this case, frictional contact occurs in the presence of a lubricating film, which originates because of increased content of the filler. Therewith, in the volume and in the surface layer of composite a significant number of macroblocks are formed, which contain two layers of sulfur atoms and a layer of molybdenum atoms between them (*S-Mo-S*).

The result of the formation of a lubricating film in the contact area during friction process is shown on Fig. 2. The surface of composite with apparent microroughnesses is shown in the lower part of the image, a lubricating film containing a polymer with MD particles, which was formed during friction process, is observed in the upper part. This film is effective for boundary and mixed friction modes, where the lubricant material contributes to reducing the friction coefficient, preventing scuffing and jamming. It should be taken into account that MD particles during friction process, fill the cavities of the microroughness of CM surface, as a result of which the process of running-in is significantly accelerated.

However, it has been additionally established (Table 1) that when the content of MD filler in CM 2 increases, compared with CM 1, the material wear intensity increases from  $I_m = 2,6...2,8 \text{ mg}/\text{km}$  to  $I_m = 3,0...3,4 \text{ mg}/\text{km}$ . The reason for this is the selective adsorption of one of the binder components on the filler surface and the partial oxidation of MD to an oxide

for which antifriction properties are not characteristic. The decrease of components reactivity occurs, which leads to an increase of material wear intensity.

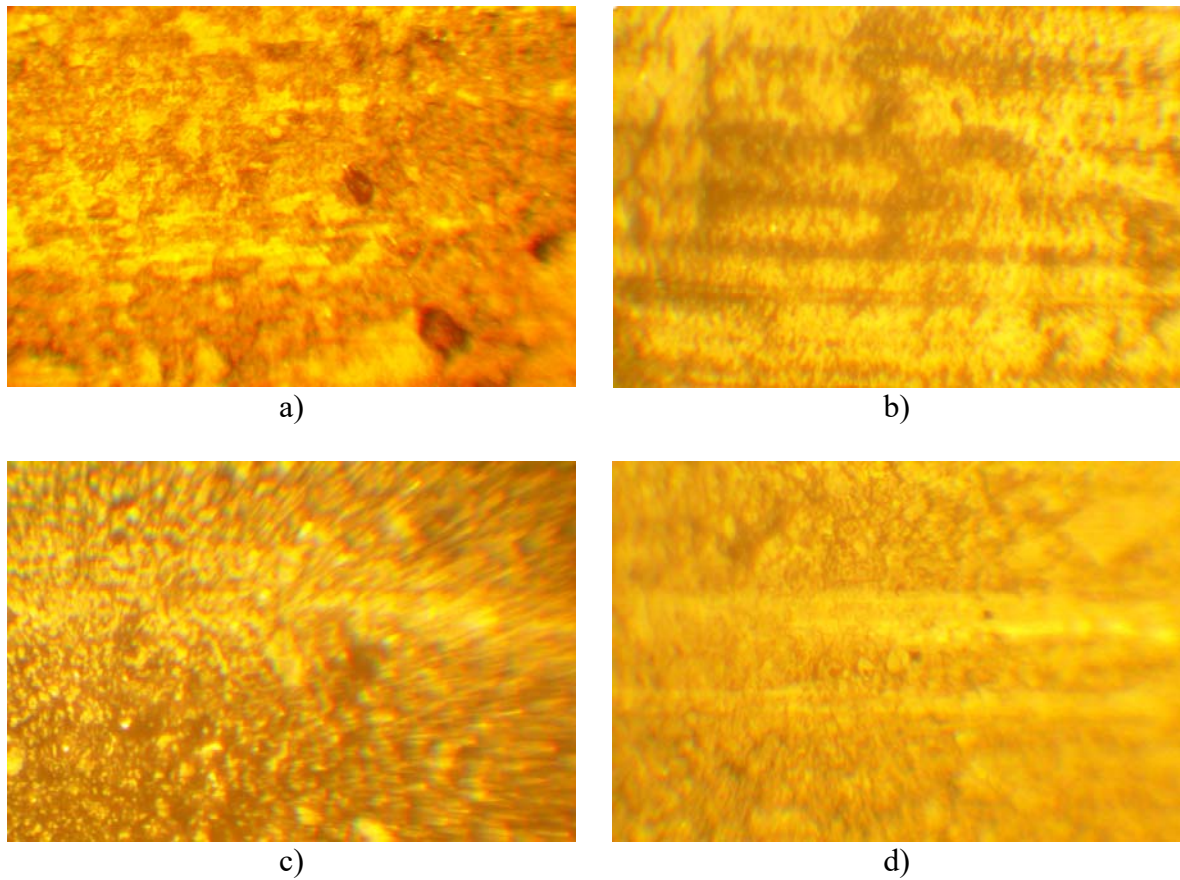


Figure 1. View of surface in the area of contact ( $\times 400$ ) after friction testing of materials: a) matrix; b) CM 1; c) CM 2; d) CM 3.

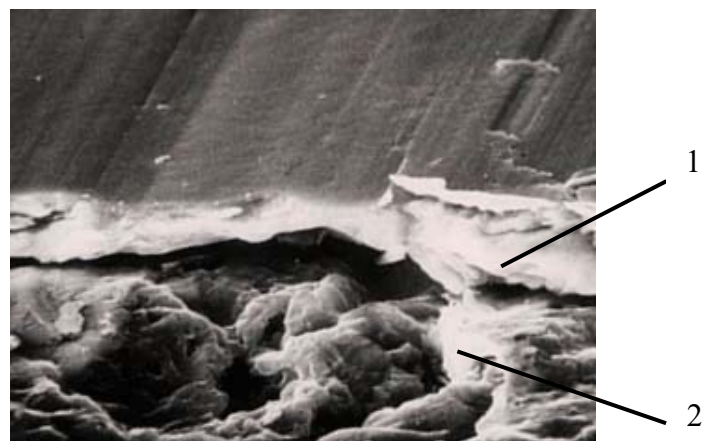


Figure 2. Formation of a lubricating film in the process of friction ( $\times 2000$ ):  
1 – lubricating film; 2 – composite material.

Proceeding from this, on the friction surface we observed the absence of scuffing and areas of particles transport of material during friction (Fig. 1, c). Friction area has a homogeneous structure, which is associated with the formation of a surface antifriction film.

The following tendency was observed regarding CM 3. The friction moment, the friction coefficient, the running-in path and the wear intensity of CM 3 (Table 1), compared with matrix,



significantly decrease from  $M = (1,8...2,0) \text{ N}\times\text{m}$ ,  $f = 0,36...0,38$ ,  $l = 2500...3500 \text{ m}$ ,  $I_m = 2,0...2,2 \text{ mg/km}$  to  $M = (1,4...1,5) \text{ N}\times\text{m}$ ,  $f = 0,29...0,30$ ,  $l = 2000...2500 \text{ m}$ ,  $I_m = 1,8...2,1 \text{ mg/km}$ . This is due to the improved physico-mechanical and thermophysical properties of the composite, and also because of the achievement of the maximum density of the structural mesh of the material due to improved interaction at the phase boundary between system components.

In the process of wear, the structure of contact medium changes as a result of formation of a boundary layer in the friction area, which differs in properties from composite in volume. Iron ions of the rider penetrate into the boundary layer in the process of friction. In addition, ions of iron, silver and magnesium, which are constituent of SC and MT fillers, circulating in the friction system, settle on surfaces of contacting parts. The microcracks and protrusions of objects of friction pair are anodic areas, therefore the metal ions are grouped in the gaps of contacting surfaces (Fig. 3).

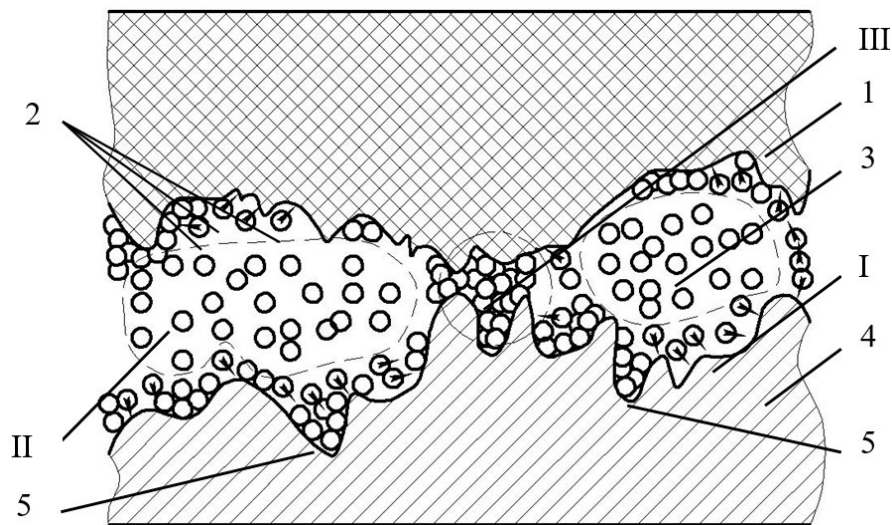


Figure 3. Scheme of interaction of boundary layer (lubricating medium) with microparticles of composite constituents in the working contact of tribocouple: I – area of contact with active fillers particles; II – area of contact with inactive particles (chaotic motion); III – area of contact of microprotrusions; 1,4 – friction surfaces; 2 – microparticles of active fillers; 3 – microparticles of inactive fillers; 5 – microparticles, adsorbed on the friction surface.

It was also believed that the process of additional partial polymerization occurs as a result of interaction in the complex of  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  ions, forming a thin film of polymer and the above metals, which covers the friction surfaces. This metal-polymeric film, which is formed in the process of friction, is called "servovite." Protective film refers to a self-organizing class of systems. It should be noted that when friction is in this mode, the parts contact on a large total area. As a result, contact stresses decrease, almost all deformations are perceived by a thin metal layer, and the material is subjected to only elastic deformations throughout the entire volume.

The above results are confirmed by investigation of the surface of the developed materials after friction test by the method of optical microscopy (Fig. 1, d). The lines formed by microroughnesses in the contact area are almost absent due to deposition on the contact surfaces composing the CM and the rider. In addition, the explicit scratches and scuffs are absent on images.

As a result of the conducted experiments and analysis of study results, it can be stated that nano- and microdispersed particles have a significant effect on improving the tribological properties of composites.

**Conclusions.** The influence of a two-component bidispersed filler on the tribological properties of epoxy composites was experimentally set. It was proved that materials based on epoxy resin ED-20 filled with molybdenum disulphide particles ( $d = 7...10 \mu\text{m}$ ) and silver

carbonate ( $d = 0,5 \mu\text{m}$ ) in the ratio of 100:80:0,7 respectively, or microcalc ( $d = 7...10 \mu\text{m}$ ) and silver carbonate ( $d = 0,5 \mu\text{m}$ ) in a ratio of 100:70:0,8 respectively are marked by improved properties. The developed materials are characterized by the following indicators of tribological properties: friction coefficient  $f = 0,28...0,30$ , temperature  $T = 335...340 \text{ K}$ , mass intensity of wear  $I_m = 3,0...3,4 \text{ mg/km}$  and  $I_m = 1,8...2,1 \text{ mg/km}$  respectively, path of running-in  $l = 2500...3000 \text{ m}$  and  $l = 2000...2500 \text{ m}$  respectively. It is substantiated that the improvement of tribological properties is caused by the formation of an antifriction film and partial adsorption of system components on the surface of the rider in the first case, and also by the formation of a self-organized servovite metal-polymeric film in the contact area in the second case.

#### REFERENCES

1. Sapronov, O.O., Buketov, A.V., Zinchenko, D.O., Yatsyuk, V.M. Features of structural processes in epoxy composites filled with silver carbonate on increase in temperature, *Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal*, vol. 8, Is. 1, pp. 47–65, 2017.
2. Buketov, A.V., Maruschak, P.O., Sapronov, O.O., Zinchenko, D.O., Yatsyuk, V.M., and Panin, S., Enhancing performance characteristics of equipment of sea and river transport by using epoxy composites, *Transport*, vol. 31, no. 3, pp. 333–342, 2016.
3. Zinchenko D.O. Nanomodified epoxycomposite materials for metal-polymeric tribosystems of transport vehicles / D.O. Zinchenko, S.O. Smetankin // *Nanoscience and Technology: An International Journal* – 2018. – 9(1). – P. 9-17.

## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ОБРАБОТКИ ЭДН – ПОКРЫТИЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКИМ ИОННЫМ АЗАТИРОВАНИЕМ

<sup>1</sup>Агеев М.С., <sup>2</sup>Зиньковский А.П., <sup>1</sup>Кавун В.И.

<sup>1</sup>Херсонская государственная морская академия (Украина)

<sup>2</sup>Институт проблем прочности им.Г.С. Писаренко, НАН Украины

**Введение.** Из интегрированных технологий наибольший эффект по несущей способности обеспечивают дуплексные (комбинированные) покрытия, сочетающие ХТО, в частности азотирование, и ГТН [1,2]. Дуплексные (комбинированные) покрытия обеспечивают повышение твердости, износо- и коррозионной стойкости [3]. Использование дуплексных покрытий снижает вероятность пластической деформации детали в условиях контактной нагрузки, обеспечивает повышение несущей способности и границы виносливости системы деталь-покрытие [4,5]. Комбинированные нанокompозитные ЗП, например TiCrN/NiCr(Fe, Si, B) и TiAl/NiCr(Fe, Si, B) или систем Ti-Si-N/WC-Co-Cr и Ti-Si-N/Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-Ni-NiCr созданы на основе комбинации методов ГТН и ХТО [6, 7].

Исследованиями швейцарской фирмы «Sulzor Metro AG» показано, что твердость, износостойкость и коррозионную стойкость стальных поверхностей с ГТН-покрытиями на основе Ni-Cr (Fe, Si, B) можно увеличить в 3-4 раза путем азотирования [8].

**Цель работы.** Заменить цементацию с отменой закалки и финишной механической обработки.

**Теоретические аспекты** Назначение технологии ускоренного ионного азотирования (ИА) - замена классического газового азотирования для снижения энергоемкости, отмене финишной механической обработки, восстановления поверхностной твердости детали после ремонта без деформационных поворотов и коробления.

Сущность метода ИА заключается в следующем. В разреженной вакуумной газовой среде, которая содержит азот и аргон, между катодом (деталь) и анодом (стенки вакуумной камеры) возбуждается тлеющий разряд. При этом положительные ионы газа с высокой энергией бомбардируют поверхность детали, нагревают ее до температуры насыщения и диффундируют в поверхность, формируя в ней твердый раствор азота в металле, а при достижении границы растворимости – нитридные фазы. Температура азотирования стали 470...580<sup>0</sup>С, давление (1,33...13)·10<sup>2</sup>Па, рабочее напряжение колеблется от 400 до 1000 В.

Если судить об ионном азотировании как, об инновационной технологии промышленного масштаба, то в этом случае на первый план выдвигается решение трех принципиальных вопросов, опосредовано имеющих экономическую окраску.

Первый – это поиск пути ускорения процесса ионного азотирования. Второй – гарантирование качества упрочненного модифицированного поверхностного слоя в процессе его формирования, исключение при ускорении рисков перехода тлеющего разряда в дуговой. Третий – методика ускорения процесса массопереноса должна способствовать снижению энергозатрат на технологический процесс.

Эффективное решение этих взаимосвязанных вопросов было найдено на стыке металлофизики, теплофизики и термомеханики. Для синтеза новой технологии использованы разработки НАН Украины:

- эффект аномального массопереноса при импульсном деформировании (ИМФ НАНУ) [9];
- эффект увеличения скорости нагрева при дискретном энергоотводе (ИТТФ НАНУ) [10];
- теория и практика испытаний на термическую усталость (ИПП НАНУ) [11].

На наш взгляд три ключевые новации, условно названные нами «три кита», в совокупности представляют эффективную концепцию и решают технологическую проблему как инновационную.

*Первая новация* – практическая реализация эффекта аномального массопереноса в технологии термоциклического ионного азотирования.

*Вторая новация* – увеличение скорости нагрева за счет дискретного (пульсирующего) энерговода и обеспечение контролируемого (без срывов) термоциклического режима нагрева и охлаждения.

*Третья новация* – создание контролируемого и управляемого термонапряженного состояния в поверхностном слое детали путем циклического зажигания тлеющего разряда.

Таким образом, теория термоусталости обосновывает величину циклических термических напряжений, обеспечивающих эффект аномального массопереноса и при этом величина которых не опасна с позиций термоусталостного разрушения. Управление термонапряженным состоянием реализуется формой и длительностью термического цикла.

Термический цикл происходит между максимальным значением электрического напряжения по условию перехода тлеющего разряда в дуговой, а минимальное значение напряжения – поддержание тлеющего разряда. Управление формой и длительностью термического цикла осуществляется программируемым регулированием рабочего напряжения.

В Украине более 30 лет тому назад был установлен эффект ускоренного массопереноса при воздействии импульсной деформации на металлы (эффект так называемой «аномальной диффузии»). При этом было показано, что факт ускорения диффузии находится в прямой корреляции со скоростью деформирования («импульсной деформацией») объекта насыщения [9, 10].

В термомеханике материалов и изделий накоплен большой опыт применения различного вида термоциклических режимов (в том числе импульсных и дискретных) в экспериментальных исследованиях на термоусталость и термоудар. Одним из решающих факторов, который влияет на термоусталость объектов исследования, является скорость деформирования при термоциклировании.

Эмпирическая зависимость коэффициента массопереноса  $D_M$  при диффузии связывается со скоростью деформирования  $\dot{\epsilon}$  следующим выражением:

$$D_M = D + c |\dot{\epsilon}|^\alpha \exp(\beta T),$$

где:  $D$  - табличное значение коэффициента диффузии,  $c$  - деформационный фактор,  $\alpha$ ,  $\beta$  – константы,  $T$  – температура протекания процесса диффузии.

Например, при температуре 300°C и скорости деформирования  $\dot{\epsilon} = 5 \text{ с}^{-1}$  коэффициент диффузии  $D_M = 10 D$ , тогда как при  $\dot{\epsilon} = 50 \text{ с}^{-1}$  коэффициент  $D_M$  возрастает на 4 порядка, т.е.  $D_M = 10^4 D$  [2].

Фактор скорости деформирования  $\dot{\epsilon}$ , ускоряющий массоперенос азота в поверхностный слой материала, определяется величиной размаха термических напряжений в цикле теплосмены режима термоциклирования, который реализуется в технологии. Режим термоциклирования управляется по длительности одного цикла теплосмены «нагрев-охлаждение». При длительности цикла 5-30 с риск превращения тлеющего разряда в дуговой исключается, что гарантирует качество процесса азотирования.

В работе предлагается повысить твердость и износостойкость ЭДН-покрытий термоциклическим ионным азотированием (ТЦ ИА). При разработке технологии ТЦ ИА использован опыт Украины по ионному азотированию в безводородных средах [12], что позволило исключить негативное влияние водорода на сердцевину детали и улучшить

экологические условия. Технология ТЦ ИА при сокращении длительности и энергоемкости обработки может быть более эффективной заменой цементации с закалкой, поэтому отпадает необходимость в жидких закалочных средах. Эта технология может заменить электролитическое хромирование, при этом улучшить экологические условия производства. Являясь финишной операцией, технология ТЦ ИА обеспечивает стабильность формы и размеров упрочняемой детали и поэтому отпадает необходимость финишной механической обработки. Возможно совмещение в одной технологической операции ТЦ ИА поверхностного слоя с термоциклической объемной обработкой детали в целом.

Приведенный вариант технологии ИА в режиме термоциклирования имеет преимущества перед классическим изотермическим вариантом:

- сокращает длительность термоциклического процесса за счет ускоренного массопереноса азота, увеличивает глубину и качество азотированного поверхностного слоя;

- снижает потребляемую мощность в 2 раза за счет циклической подачи энергии. Заметим, наиболее энергоемкими являются технологии ТО, ХТО и поверхностной обработки.

Термоциклический режим увеличивает глубину обработки более, чем в 3 раза и на 22% повышает твердость поверхности. Применение дискретного энерговода позволяет увеличить скорость нагрева и, соответственно, уровень термических напряжений в поверхностном слое. Для этой цели было разработано и использовано технологическое оборудование, общая схема которого представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Общий вид двухкамерной установки для ТЦ ИА

**Выводы:** Таким образом, технология ТЦ ИА синтезирована на основе теории термоусталости, эффекте аномального массопереноса при действии импульсных деформаций и дискретно-импульсном вводе энергии. Процесс ТЦ ИА осуществляется в 2.6 раза быстрее по сравнению с классической технологией ХТО, работающей на изотермическом режиме. Эффект аномального массопереноса обеспечивается термическими напряжениями, возникающими в результате циклических изменений температуры в процессе ТЦ ИА. Теория термической усталости определяет условия получения величин термических напряжений, достаточных для ускорения диффузии азота в металл, но безопасных для азотируемой детали. Дискретно-импульсный ввод энергии обеспечивает увеличение скорости нагрева в 2.5 раза, что позволяет увеличить термические напряжения и, соответственно, скорость диффузии азота. Циклический

характер процесса нагрева при ТЦ ИА позволяет сократить в 2.5 раза мощность источников электрического питания и отнести эту технологию к категории энергосберегающих. В отличие от классических технологий ХТО технология ТЦ ИА не создает сплошного нагрева детали, а обеспечивает нагрев только поверхностного слоя на глубину, необходимую для ее упрочнения. Технология ТЦ МА не изменяет форму и размеры детали, а также шероховатость ее поверхности, поэтому она используется в качестве финишной обработки, без заключительной механической обработки. Это значительно упрощает ТП производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лазерное и электроэрозионное упрочнение / В.С. Коваленко, Н.Д. Верхотуров, И.А. Подчерняева, Л.Ф. Головки. – М.:Наука,1986. – 420 с.
2. Паненко И.Н., Беспалова Ж.И. Формирование защитных оксидно-керамических покрытий на поверхности алюминиевых сплавов методом микродугового оксидирования. Сборник тезисов и статей Научной школы для молодежи, 2011. Новочеркасск. 2011. - С. 111-116.
3. Takadoum J. Wear–corrosion behaviour of some metals / J. Takadoum // JOM: J. Miner., Metals and Mater. – 2000 – 52, № 11. – P. 131.
4. Зундан М. С., Зенин Б. С. Формирование многослойных покрытий с применением нанопорошков. 3-я международная научная конференция "Наноструктурные материалы - 2012: Россия - Украина - Беларусь", Санкт-Петербург, тезисы докладов. СПб. 2012, 268 с.
5. Газотермическое напыление: процессы, подготовка поверхностей, покрытия и применение. Thermal spraying: processes, preparation, coatings and applications / Howes С.Р. // Well. J. 1994. – 73, № 4. – P. 47-51.
6. Семенова Н.Е., Игнатов М.Н. Методика нанесения композиционных электрохимических покрытий для лазерного модифицирования поверхности // Вестн. ПГТУ. Мех. технол. матер. и конструкций. 2003. -№ 6. – С. 28-30.
7. 258. Бровер Г.И. Повышение качества никель-фосфорных покрытий лазерной обработкой / Бровер Г.И., Крейнин С.В. // МИТОМ – 2009, № 7. – С. 33-36.
8. Петров С.В. Сверхзвуковое газотермическое напыление повышает качество ремонта. Ремонт, восстанов., модернизация. 2005, № 2. - С. 14-20.
9. Бочкарев В.Н., Яхъяев Н.Я. Технологическая наследственность в управлении качеством судовых машин и механизмов. Монография. Дагестанский филиал АН СССР. Махачкала, 1990. - 200 с.
10. Камкин С. В., Возницкий И. В., Большаков В. Ф. и др. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. М. Транспорт, 1996.- 342 с.
11. Захаров Г.В. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок. Учебник. М.: Транс Лит, 2009. - 256 с.
12. Кузьмин А.А. Судостроение и судоремонт: Сборник научных трудов. С.-Петербург. Гос. ун-т вод. коммуникаций. СПб: Изд-во СПбГУВК 2000. - 189 с.

## НЕОБХІДНІ КРИТЕРІЇ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТС

Власов І.В.

Дукайський інститут національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

Розвиток транспорту і збільшення виконуваного їм вантажообігу вимагає неухильного підвищення техніко-економічних і експлуатаційних показників енергетичних агрегатів на базі дизелів і СТС. Зазначені показники, як відомо, істотно залежать від технічного стану двигуна, яке в процесі експлуатації змінюється і тому безперервно або періодично має перебувати під контролем. Для вдосконалення систем діагностики необхідний аналіз сучасних засобів оцінки технічного стану.

Підвищені вимоги надійності, економічної та ефективної експлуатації вимагають впровадження раціональних засобів моніторингу та контролю управління енергетичними установками для досягнення високих показників їх надійності та безпеки в судовому пропульсивному комплексі. В цьому плані значна роль відводиться створенню нових систем технічної експлуатації на базі розвитку систем контролю параметрів, діагностики та прогнозування їх стану, а також систем управління за технічним станом.

Необхідно виконати аналіз найбільш загальних тенденцій розвитку сучасних методів і засобів технічного діагностування дизелів, а також провести систематизацію і уточнити класифікацію цих методів і засобів.

В даний час існує безліч засобів, методів і систем отримання інформації про технічний стан шляхом контролю і діагностики. Суднові системи моніторингу призначені для визначення робочих параметрів систем оповіщення та захисту при виникненні несправностей під час експлуатації. Аналіз робочих параметрів дозволяє здійснювати оцінку роботи обладнання і вчасно запобігати несправності.

Найчастіше для здійснення процесу моніторингу і діагностики використовуються одні й ті ж моделі, методи і технології. Але їх реалізація виражається в абсолютно різних апаратних засобах. Об'єднання апаратної середовища дозволить зробити ще один крок вперед у сфері оптимізації та вдосконалення експлуатації.

Беручи до уваги посилення екологічних норм, проблеми економії паливно-енергетичних ресурсів, а також проблеми безпеки транспорту, пов'язані з відмовою стійкості інформаційного управління цим об'єктом з урахуванням діагностики його стану є актуальною.

Системи технічного діагностування призначаються для вирішення наступних завдань:

- 1) перевірки справності;
- 2) перевірки працездатності;
- 3) перевірки правильного функціонування;
- 4) пошуку дефекту.

Вид системи діагностування повинен вибиратися на підставі техніко-економічних розрахунків і технічних вимог, що відбивають специфіку процесу діагностування в процесі виробництва, експлуатації та ремонту. Системи технічного діагностування можуть бути класифіковані по ряду ознак, що визначають їх призначення, завдання, структуру і склад технічних засобів.

1. За ступенем охоплення об'єкта діагностування системи технічного діагностування можуть бути локальними і загальними. За допомогою локальних систем вирішується одна або кілька завдань. Загальні системи технічного діагностування вирішують всі поставлені завдання.

2. За характером взаємодії засобів діагностування з об'єктом діагностування системи технічного діагностування поділяються на системи робочого діагностування, в яких інформація про технічний стан об'єкта надходить в процесі його нормального

функціонування, і системи тестового діагностування, коли інформація про технічний стан об'єкта надходить в процесі подачі на об'єкт спеціальних тестових сигналів.

3. За використовуваних засобів системи технічного діагностування можна розділити: а) на системи з універсальними засобами діагностування і контролю об'єктів різних типів; б) системи зі спеціалізованими засобами, розташованими на постах діагностування, що здійснюють зв'язок з об'єктом діагностування через стикові вузли; в) системи з вбудованими засобами діагностування, складовими єдине ціле з об'єктом діагностування і розташовуються безпосередньо на цьому об'єкті.

4. За ступенем автоматизації системи технічного діагностування можна розділити на автоматичні, в яких обробка та отримання інформації здійснюються без участі людини за заздалегідь розробленою програмою; автоматизовані, в яких отримання і обробка інформації здійснюється із застосуванням засобів автоматизації та участю людини, і ручні (неавтоматизовані), в яких отримання і обробка інформації здійснюється людиною - оператором.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Основные направления развития систем комплексной автоматизации на флоте [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.znate.ru/docs/252/index-13542-1.html>
2. Кошкин К.В. Организация компьютерных интегрированных производств в судостроении: Монография. – Николаев: УГМТУ, 1999. – 220 с.
2. Станиславский Л.В. Техническое диагностирование дизелей. – Киев, Донецк, Высшая школа.
4. Румб В. К., Медведев В. В., Семионичев С. Р. Основы надежности и диагностики судовых ДВС. Учебное пособие. СПб.: СПбГМТУ, 2005.



## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТА МЕХАНІЗМІВ ПРИ СУДНОРЕМОНТІ

Врублевський Р.Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Магнітно-імпульсна обробка (МІО) є простим і оперативним способом зміцнення виробів. Сутність магнітно-імпульсної обробки полягає у вибірковій концентрації матеріалом виробу електромагнітної енергії зовнішнього магнітного потоку. Результати зміцнення контролюються щодо зміни інтегральних магнітних характеристик виробу – магнітної проникності, магнітного опору тощо. Управління процесом магнітно-імпульсної обробки здійснюється, регулюючи напруженість поля, амплітуду, спектр і тривалість імпульсів магнітного потоку. За рахунок магнітно-імпульсної обробки деталей усувається більша частина надлишкової енергії, як за обсягом виробів, так і локально в місцях концентрації внутрішніх, поверхневих і монтажних напруг та підвищується надійність і ресурс роботи механізмів.

**Мета.** Головною метою досліджень, що пропонуються є: визначення оптимальних режимів магнітно-імпульсної обробки для виробів різної конфігурації, які дозволяють отримати найкращі показники підвищення їх зносостійкості.

**Основна частина.** Зазначена мета може бути досягнута шляхом створення інтелектуальної системи управління режимами обробки складнопрофільних виробів. Принцип роботи системи полягає в застосуванні систем керування магнітно-імпульсною обробкою зі зворотнім зв'язком, що дозволяє здійснювати аналіз змін властивостей виробу під впливом різних режимів магнітно-імпульсної обробки. Керування режимами магнітно-імпульсної обробки може здійснюватися із зміною:

- енергії імпульсу;
- тривалості імпульсу;
- вибору місця впливу імпульсу на виріб;
- скважності та періоду повторювання імпульсів (якщо обробка здійснюється серіями імпульсів);
- кількості імпульсів у серії.

Вибір комбінацій означених параметрів, що дозволяє досягнути найкращих результатів магнітозміцнення, доволі складний і залежить від матеріалу виробу та його конфігурації, тому здійснюється окремо для кожного конкретного типу виробів. Пошук оптимальних режимів обробки є задачею багатокритеріальної оптимізації, вирішувати яку доцільно із застосуванням сучасних інформаційних технологій та обчислювальних методів. Порівняння та аналіз існуючих методів вирішення багатокритеріальної оптимізаційної задачі показали, що для її вирішення доцільно застосувати методи еволюційного програмування. Прогнозування можливих змін властивостей виробу після магнітно-імпульсної обробки може бути здійснено на підставі нейронних мереж. Поєднання двох зазначених методів дозволяє скоротити час на вибір оптимальних режимів обробки для довільного типу виробу, що обробляється.

**Висновки.** Інтелектуальна система управління магнітно-імпульсною обробкою складнопрофільних виробів дозволяє визначити оптимальні режими МІО, та спрогнозувати можливі зміни властивостей виробу після магнітно-імпульсної обробки. Це сприятиме досягненню найкращих показників зміцнення виробів за найкоротший час, що дозволить зменшити матеріальні та енергетичні витрати на магнітно-імпульсну обробку складнопрофільних виробів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

Гутаревич Ю.Ф., Сирота О.В.

Національний транспортний університет (Україна)

**Вступ.** Великий вплив на паливну економічність та викиди ШР з ВГ мають режими руху автомобілів. Відомо, що основними режимами роботи автомобільних двигунів при експлуатації у великих населених пунктах є часткові навантажувальні та швидкісні режими. В цих режимах для бензинових двигунів характерним є зниження паливної економічності та підвищення викидів шкідливих речовин, що частково обумовлено способом регулювання потужності – дроселюванням паливоповітряної суміші.

Одним з шляхів поліпшення паливної економічності бензинових двигунів в режимах малих навантажень є перехід від регулювання потужності двигуна дроселюванням до комбінованого методу регулювання потужності (КМРП) – відключенням групи циліндрів і значно меншим дроселюванням працюючих циліндрів [1].

**Актуальність досліджень.** Метод регулювання потужності відключенням групи циліндрів широко застосовують на сучасних бензинових двигунах з системами впорскування [2,3]. Високу ефективність цього методу отримують при відключенні циліндрів зі зміною газообміну відключених циліндрів, але реалізація методу таким способом можлива лише в процесі створення нових конструкцій двигунів. Разом з тим, як показують дослідження проведені в НТУ, паливну економічність сучасних бензинових двигунів можливо покращити відключенням групи циліндрів тільки припиненням подачі палива [4]. Цей спосіб може бути реалізовано на серійних двигунах.

**Постановка задачі.** Часткові навантажувальні та швидкісні режими роботи двигунів складають значну частку в режимах руху при випробуванні автомобілів за їздовими циклами. До того ж, більшість цих режимів є неусталеними. Тому саме на ці експлуатаційні режими треба звертати увагу при дослідженнях КМРП.

**Результати досліджень.** Дослідження проводили на шестициліндровому двигуні 6Ч 9,5/6,98 з груповою системою впорскування бензину і зворотним зв'язком. Двигун обладнано експериментальною системою живлення для можливості відключення групи з трьох циліндрів як в примусовому, так і в автоматичному режимі [5]. Паливну економічність і екологічні показники оцінювали за навантажувальними характеристиками визначеними в різних швидкісних режимах [6].

Встановили, що в усьому діапазоні навантажень від режимів холостого ходу і до початку роботи збагачуючого пристрою підтримується стехіометричний склад паливоповітряної суміші незалежно від кількості працюючих циліндрів. Це забезпечує високі показники роботи каталітичного нейтралізатора. При відключенні трьох циліндрів, в швидкісному режимі  $2600 \text{ хв}^{-1}$ , крутний момент двигуна зменшується з 191 Нм до 84 Нм. При навантаженнях до 65 Нм за роботи двигуна на трьох циліндрах спостерігається покращення паливної економічності в порівнянні з роботою на всіх циліндрах. При цьому зі зменшенням навантаження економія палива зростає. В режимах холостого ходу за роботи двигуна на трьох циліндрах економія палива складає 20,3 %.

Аналіз екологічних показників двигуна свідчить про значне зростання концентрацій  $NO_x$  при роботі двигуна на трьох циліндрах в порівнянні з роботою двигуна на шести циліндрах в однакових умовах, але при застосуванні трикомпонентного каталітичного нейтралізатора концентрації  $NO_x$  для обох випадків роботи значно зменшуються. При цьому за роботи на трьох циліндрах ефективність нейтралізації зростає за рахунок чого вміст  $NO_x$

стає однаковим як і при роботі на всіх циліндрах, а в деяких режимах незначно зменщується. Концентрації оксиду вуглецю  $CO$  та вуглеводнів  $C_mH_n$  за роботи двигуна з нейтралізатором при різній кількості працюючих циліндрів також, приблизно однакові.

При застосуванні нейтралізатора за роботи двигуна на трьох циліндрах сумарні масові викиди ШР, в діапазоні навантажень до включення збагачуючого пристрою також залишаються практично однаковими з показниками за роботи двигуна на всіх циліндрах.

Для визначення тривалості перехідного процесу при відключенні і включенні циліндрів проведено індицирування робочого процесу в циліндрі, який відключався [7].

З фрагментів осцилограм (рис. 1), записаних при  $M_k=50$  Нм та  $n_d=2000$  хв<sup>-1</sup> видно, що як при включенні, так і при відключенні циліндра процес переходу відбувався за один робочий цикл і практично без поступового зростання чи зменшення індикаторного тиску.

При включенні циліндрів повноцінний робочий цикл відновлювався, приблизно, за 0,15 с. При цьому максимальний тиск згоряння, починаючи з другого циклу, залишався незмінним протягом всіх наступних циклів роботи циліндра в межах величини нерівномірності роботи. Після припинення роботи паливної форсунки перший робочий цикл проходив без порушення параметрів робочого процесу, а наступний вже відбувався без процесу згоряння. Тривалість перехідного процесу при відключенні тривала приблизно 0,1 с.

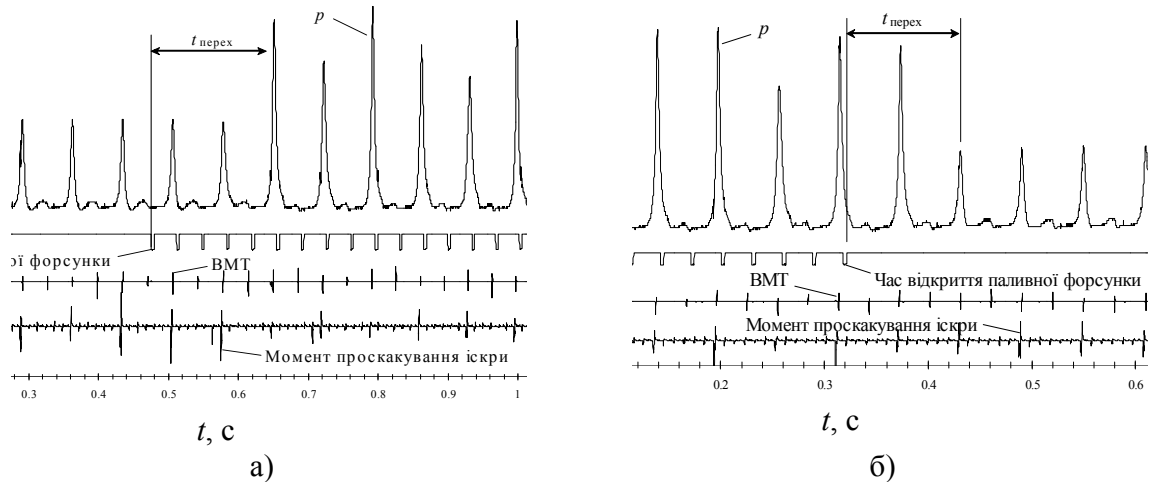


Рисунок 1. Фрагменти осцилограм перехідного процесу двигуна 6Ч 9,5/6,98  
при: а - включенні живлення циліндра,  
б - відключенні живлення циліндра

Величина крутного моменту, при котрій доцільно змінювати кількість працюючих циліндрів незначно змінюється в залежності від швидкісного режиму роботи двигуна. В інтервалі зміни частоти обертання з 1600 хв<sup>-1</sup> до 3600 хв<sup>-1</sup> момент переходу по крутному моменту зростає на 15 Нм. Так як при незначному відхиленні значень крутного моменту від точки рівності витрат палива зниження витрати бензину при роботі двигуна на трьох циліндрах є незначною, доцільно момент зміни кількості працюючих циліндрів зробити залежним тільки від навантаження без урахування швидкісного режиму роботи двигуна.

Проведені дослідження для визначення порівнювальних показників роботи двигуна в неусталених режимах роботи, які є основними в умовах експлуатації, при різних способах регулювання потужності - дроселюванням та при КМРП.

Для отримання величини витрати палива в неусталених режимах при різних методах регулювання потужності двигуна 6Ч 9,5/6,98, в лабораторних умовах були проведені випробування при його розгоні під навантаженням, яке створював гальмівний стенд СГЕУ – 100 [8]. Дослідження проводились в діапазоні частот обертання колінчастого вала від

1500 хв<sup>-1</sup> до 3000 хв<sup>-1</sup>. Замір витрати палива здійснювали при русі двигуна в циклах розгін-уповільнення шляхом переміщення важеля керування дросельною заслінкою від мінімального положення до максимального та навпаки.

При цьому вимірювали витрату палива за 10 циклів при регулюванні потужності двигуна дроселюванням та при КМРП при автоматичній зміні кількості працюючих циліндрів.

Встановили, що в широкому діапазоні навантажувальних режимів та в різних за швидкістю відкриття і закриття дросельної заслінки циклах розгін-уповільнення спостерігається стабільне поліпшення паливної економічності двигуна при переході до КМРП в середньому на 8,05 %.

Отримане зменшення витрати палива при переході до КМРП підтверджує те, що перехідні процеси при зміні кількості працюючих циліндрів відбуваються швидко та не мають суттєвого впливу на паливну економічність і керованість двигуна.

**Висновки.** Використання комбінованого методу регулювання потужності поліпшує паливну економічність двигуна з іскровим запалюванням в усталених і перехідних режимах порівняно з дроселюванням. При цьому, при застосуванні трикомпонентного каталітичного нейтралізатора, за рахунок зростання його ефективності, викиди ШР залишаються приблизно однаковими. Перехідний процес відключення і включення циліндрів триває 1-2 робочих цикли. Визначена закономірність зміни положення дросельної заслінки в цьому процесі забезпечує практично незмінну величину крутного моменту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Чудаков Е.А. Пути повышения экономичности автомобиля. - М.–Л.: Издательство АН СССР, 1948. – 167 с. 2.
2. Двигатель 5.7-LNemіV8 с отключаемыми цилиндрами /Автостроение за рубежом. – 2004. – №9. – С. 16-17.
3. SchaltbareVentiltriebs-komponenten / [Eggerath Gunther, Geiger Uwe, Haas Michael, SchimonskyLothar(INA Schaeffler KG, Herzogenaurach)] //MTZ:Motortech. Z.–2005. – 66, N2 7-8.– С. 558-565.
4. Гутаревич Ю.Ф. Забезпечення безударного відключення і включення групи циліндрів при регулюванні потужності двигуна з іскровим запалюванням комбінованим методом / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру ТАСУ. – К.: 2009. – Вип. 12. – С. 145-148.
5. Патент на корисну модель № 28208 МПК (2006) F02M 13/00 «Система живлення багатоциліндрового двигуна внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням і впорскуванням палива з відключенням групи циліндрів» /Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Сирота О.В., Дядченко В.Л. // номер заявки: u 2007 09391; дата подання заявки 17.08.2007; дата публікації 26.11.2007. Бюл. №19. 4. с.
6. Сирота О.В. Експериментальні дослідження двигуна з впорскуванням бензину і зворотним зв'язком при застосуванні комбінованого методу регулювання потужності / О.В. Сирота // Вісник НТУ. – К.: НТУ, 2008. – № 17. – С. 95–101.
7. Гутаревич Ю.Ф. Дослідження перехідних процесів включення і відключення групи циліндрів двигунів з системою впорскування бензину і зворотним зв'язком / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 1. – К.: НТУ, 2009. – Вип. 19. – С. 135 138.
8. Сирота О.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників багатоциліндрового бензинового двигуна застосуванням комбінованого методу регулювання потужності: Дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / Нац. транс. ун-т. – К., 2011. – 286 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ СУДОРЕМОНТА В УСЛОВИЯХ ПОРТА И ОТКРЫТОГО МОРЯ

<sup>1</sup>Ивченко Т.И., <sup>2</sup>Николайчук В.Я., <sup>2</sup>Хрипко Т.Е.

<sup>1</sup>Херсонская государственная морская академия (Украина)

<sup>2</sup>Винницкий национальный аграрный университет (Украина)

В работе представлены основные процессы склеивания и формования клеевого соединения в жидкой среде, герметизации и нанесения покрытий при ремонте объектов на воздухе и под водой.

Специфическая особенность ремонта судов в условиях порта и открытого моря заключается в наличии на ремонтируемых поверхностях воды, нефтепродуктов и других загрязнений, препятствующих качественному выполнению работ огневыми и механическими методами. Кроме того, некоторые судовые конструкции являются труднодоступными для традиционных методов.

В этих условиях случайный отказ конструкции в открытом море может привести к снижению производительности, загрязнению судовых помещений и даже к докованию судна. Поэтому разработка новых оперативных методов судоремонта является важной научно-технической проблемой.

Одной из попыток решения проблемы оперативного ремонта судов в условиях порта и открытого моря является применение клеевых композиций и стеклопластиков на их основе, которые способны полимеризоваться и образовывать прочные адгезионные соединения с поверхностями, покрытыми водой, нефтепродуктами, рыхлой ржавчиной.

Современная техника все шире использует клеи, так как они имеют ряд неоспоримых преимуществ перед традиционными способами соединения материалов и позволяют соединять материалы, которые не могут быть созданы другими способами. Кроме того увеличивают скорость получения неразъемных соединений.

Однако жесткие требования к технологии склеивания, включающие тщательную подготовку склеиваемых поверхностей, использование повышенных температур и давлений при склеивании, не позволяют пользоваться современные клеи вне производственных корпусов.

Важнейшим фактором, характеризующим свойством клея, является адгезия. В процессе образования адгезионного соединения можно условно выделить четыре стадии:

- смачивание клеем твердой поверхности;
- образование различного типа связей между клеем и твердой поверхностью;
- когезионное упрочнение клея;
- протекание различного типа процессов в отвержденном клее (релаксация внутренних напряжений, диффузионные процессы и т. д.).

Процесс смачивания клеем субстрата является первым и одним из основных условий образования прочного адгезионного соединения. Действительно, без формирования плотного контакта между молекулами клея и твердой поверхности образование прочного адгезионного соединения невозможно.

При нанесении клея на твердое тело в жидкости процесс смачивания клеем поверхности твердого тела, т. е. вытеснение с него посторонней жидкости имеет первостепенное значение. Так, при отсутствии или неполном смачивании клеем поверхности твердого тела при склеивании на воздухе клеевое соединение все же образуется. Если на поверхность твердого тела нанести две несмешивающиеся жидкости, то их одновременное присутствие на поверхности будет только в случае очень узкого предела краевых углов смачивания жидкостями твердого тела. В остальных случаях поверхность твердого тела будет смачиваться только одной жидкостью. Таким образом, если клей не смачивает избирательно поверхность твердого тела, то между ними образуется слой жидкости. Прочность склеивания в этом случае будет близка к нулю.

При склеивании в жидкости термодинамическая работа адгезии возрастает с увеличением свободной поверхностной энергии на границе твердое тело – жидкость и клей – жидкость и с уменьшением свободной поверхностной энергии твердое тело – клей. Свободную поверхностную энергию можно регулировать введением в состав жидкости поверхностно-активных веществ (ПАВ).

При введении в состав клея ПАВ свободная энергия металлов в сотни раз превышает свободную энергию органических жидкостей или воды. Поверхностное натяжение жидких полимеров, обычно используемых в качестве клеев, лежит в пределах 30 – 70 эрг/см<sup>2</sup>.

На практике вопрос усложняется тем, что прежде чем смочить твердое тело, клей должен прийти с ним в контакт хотя бы на малом участке поверхности, т. е. проникнуть через поверхностную пленку жидкости. Свойства этой пленки, в связи с влиянием на нее поверхности твердого тела, отличается от свойств жидкости в объеме.

Предсказать влияние ПАВ на поведение капли клея на поверхности, покрытой жидкостью, не представляется возможным. На практике, однако, введение в состав клея правильно подобранного ПАВ приводит к уменьшению толщины пленки и вытеснению жидкости из-под капли клея. Это, очевидно, происходит за счет влияния силового поля твердого тела, которое может распространяться на весьма значительное расстояние.

При рассмотрении процессов смачивания твердой поверхности клеем мы исходили из предположения, что клей представляет собой маловязкую ньютоновскую жидкость. Процесс смачивания твердой поверхности реальным клеем существенно отличается от смачивания ее низкомолекулярной жидкостью, так как в жидких полимерах релаксационные процессы протекают сравнительно медленно.

При введении в клей ПАВ скорости диффузии молекул ПАВ к поверхности раздела фаз и, следовательно, скорость изменения свободной поверхностной энергии будет зависеть от вязкости клея и скорости его отверждения. Следует отметить, что в процессе отверждения клей изменяется размер макромолекул полимеров, входящих в его состав, их разветвленность и структура, что также отражается на величине свободной поверхностной энергии клея.

Смачивание клеем твердой поверхности представляет собой весьма сложный процесс, который разбивается на несколько отдельных процессов и зависит от поверхностного натяжения клея, скорости диффузии молекул к поверхности, свойств поверхности и т. д.

Выводы. Таким образом, на основании современных представлений о характере взаимодействия в системе полимер-твердое тело на границе раздела фаз, прочное адгезионное соединение в жидкой среде возможно при условии избирательного смачивания полимером склеиваемых поверхностей. Это достигается путем введения в полимерную клеевую основу поверхностно-активных веществ, изменяющих свободную поверхностную энергию на границе раздела фаз. Существенным в достижении прочностного адгезионного контакта является регулирование вязкости и скорости отверждения клея, а также подвод механической работы на границе клей – подложка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Защитные и упрочняющие покрытия в судостроении и судоремонте / М. С. Волков Ю. В. Чиграй С. Л. Агеев // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. - 2015. - № 2. - С. 112-126.
2. Дудан А.В., Ворона Т.В., Агеев М.С., Ляшенко Б.А. Применение гибридных технологий для реновации и повышения ресурса деталей судовых машин и механизмов. Вестник Брестского государственного технического университета. №4. 2015, С. 18-22.
3. Полимерные композиционные металлы: структура, свойства, технология: (учебное пособие)/ М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин; Под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – С. 560.

## МОБІЛЬНИЙ РЕЄСТРАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ЯК ОСНОВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІСНИХ МАШИН

Клец Д.М., Дубінін Є.О., Холодов А.П., Слинченко І.В.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

**Вступ.** Сучасний транспорт у всіх галузях має стійку тенденцію до підвищення швидкостей руху, продуктивності, вантажопідйомності і інших експлуатаційних характеристик. При цьому безпека використання таких машин найчастіше прямо залежить від кваліфікації водія, дорожніх і кліматичних умов, про що свідчить статистика дорожньо-транспортних пригод. Домогтися істотного зниження аварійності можливо, в тому числі, впровадженням сучасних електронних систем, що контролюють параметри руху машини в режимі реального часу.

**Актуальність досліджень.** Для підвищення безпеки експлуатації колісної машини необхідно розширювати контроль її різних систем і механізмів, забезпечити якісно вищий рівень випробувань і впроваджувати нові пристрої з широкими функціональними можливостями [1]. Використання акселерометрів грає в цьому значну роль [2, 3]. Проведення випробувань для оцінювання та підвищення експлуатаційних властивостей колісних машин потребує застосування мобільних комплексів, які дозволяють без втручання в конструкцію машини здійснювати визначення її основних параметрів [1, 3]. Існуючі аналоги (наприклад, CORRSYS DATRON) мають високу вартість, вітчизняні ж не дозволяють проводити ряд необхідних випробувань в дорожніх умовах: визначити аеродинамічні параметри, показники потужності колісних машин і ККД [4]. Тому дослідження, спрямовані на розробку та вдосконалення мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення експлуатаційних властивостей колісних машин, є актуальними.

**Постановка задачі.** Метою роботи є створення сучасного мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу (МРВК) як основи інтелектуальної платформи. Для досягнення поставленої мети необхідно розробити вимоги до мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів, а також розробити перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту.

**Результати досліджень.** Запропоновано структурну схему забезпечення надійності експлуатації колісної машини, засновану на зниженні впливу кваліфікації водія як елемента системи "водій-машина-дорожні умови" на її стійкість положення з урахуванням результатів моніторингу технічного стану (рис. 1). Для її реалізації був використаний МРВК [5]. В даний час розвиток електроніки і мікропроцесорної техніки дозволяє отримати якісно новий вимірювальний комплекс з широкими можливостями щодо його розвитку і модернізації. Відповідно до проведених досліджень сучасних засобів і методів побудови вимірювальних систем реєстраційно-вимірювальний комплекс, що розробляється, повинен відповідати наступним вимогам: ґрунтуватися на сучасній елементній базі з урахуванням подальшого розвитку мікропроцесорної техніки; мати низьку вартість виготовлення; модульний принцип побудови; високий ступінь мобільності, малі габаритно-вагові характеристики, незалежне від мережі колісної машини джерело живлення; мати можливість підключення додаткових датчиків (акселерометри, кутоміри і т.і.) і пристроїв фото-відеофіксації; мати можливість забезпечення бездротового зв'язку з базою даних на сервері при наявності стійкого сигналу мобільної мережі; мати відкриту операційну систему для подальшого вдосконалення принципів і алгоритмів роботи на основі сучасної високорівневої мови програмування.



Рисунок 1. Структурна схема забезпечення надійності експлуатації колісної машини

В якості платформи мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу служить одноплатний комп'ютер Raspberry Pi версії 3B+ (рис. 2). Архітектура МРВК – модульна, підтримується установка додаткових інерційних датчиків, пристроїв фото-відеофіксації, GPS, а також пристроїв, сумісних з USB. Операційна система – Raspbian на основі дистрибутива Debian (GNU/Linux). Чутливим елементом МРВК служить акселерометр ADXL345. Результат вимірювання віддається у вигляді 16-розрядних чисел через цифрові інтерфейси SPI / I2C. Живлення системи здійснюється від акумулятора (PowerBank) ємністю не нижче 6000 мАг, можливо також живлення від стаціонарної мережі або автомобільного інвертора. Для відображення результатів використовується сенсорний екран з високою роздільною здатністю. Передбачені можливості фільтрації отриманого сигналу, записи даних на карту пам'яті, бездротової передачі даних на транспортний портал ХНАДУ. Авторське програмне забезпечення дозволяє змінювати налаштування МРВК в процесі його роботи (інтерфейс системи, частоту обробки даних до 2000 разів/сек, ступінь фільтрації і т.і.).

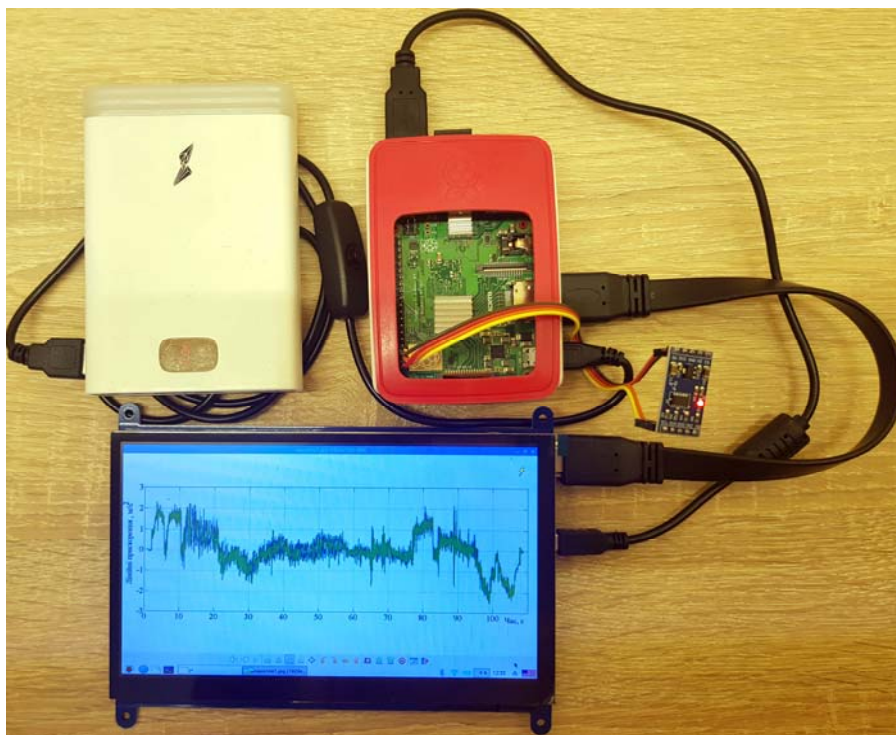


Рисунок 2. Робота платформи в мобільному режимі

Для подальшої автоматизації процесу управління колісною машиною було розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з



елементами штучного інтелекту (рис. 3), який дозволяє без участі водія проводити необхідні дії з її управління і забезпечення, в тому числі, безпеки експлуатації.



Рисунок 3. Схема функціонування реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту

Подальший розвиток системи можливий у варіанті системи проактивного управління, як системи динамічної стабілізації транспортних засобів.

#### Висновки

1. Розроблено вимоги до мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів.

2. Створено сучасний мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс як основу інтелектуальної платформи. Розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Клец Д. Применение акселерометров в системах пассивной безопасности автомобилей / Д. Клец, А. Коробко, Я. Ревтов, Д. Безъязычный // Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. – 2009. – Вып. 24 – С.41-44.

2. Аш Ж. Датчики измерительных систем: В 2 кн. / Ж. Аш. – М.: Мир, 1992. – 480 с.

3. Klets D. Accelerometers application in the automobile dynamic testing // Active Processes in Higher Technical Education to Train Specialists for Transportation and Highway Engineering and Automobile Industry: collection of scientific works International Conference / D. Klets, A. Korobko, M. Podrigalo, E. Voronova. – Kharkiv, 2009. – P.51-54.

4. Подригало М.А. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин / М.А. Подригало, А.І. Коробко, Д.М. Клец, В.І. Гацько // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві. – 2009. – Вип. 89. – С.87-99.

5. Подригало М.А. Регистрационно-измерительный комплекс для проведения динамических испытаний мобильных машин / М.А. Подригало, А.С. Полянский, Е.А. Дубинин, Д.М. Клец, В.В. Задорожня // Транспорт, экология – устойчивое развитие: XX научно-техническая конференция с международным участием, Технический университет - Варна, 15-17 мая 2014 г. – Варна, 2014. – С. 358-366.

## ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГОЛОВКИ ЦИЛІНДРІВ СЕРЕДНЬООБЕРТОВОГО ДИЗЕЛЯ

Кравченко С.А., Ліньков О.Ю., Пильов В.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Україна)

**Вступ.** Модернізація рухомого складу залізничного транспорту є дуже актуальним питанням сьогодення. Особливу увагу при цьому слід приділяти силовій установці тепловозів. Значна частка магістральних та маневрових тепловозів обладнана двигунами типу Д49 (ЧН26/26), які почали випускати ще з 1975 року. Саме модернізація силової установки дозволить без значних матеріальних затрат та витрат часу підтримувати рухомий склад на відповідному рівні як з терміну експлуатації, так і з техніко-економічних та екологічних показників.

**Актуальність досліджень.** Під час експлуатації двигунів Д49 було виявлено ряд проблем які частково на сьогодні вирішені. Але частина проблем так і залишилась. Однією з основних проблем є поява тріщин на вогневому донці головки циліндра і, як слід, невідповідність терміну їх експлуатації заданому ресурсу. При цьому напрацювання головок до втрати їх фізичної надійності в рази менше терміну служби дизеля.

**Постановка задачі.** Аналізуючи проблему малого ресурсу головки циліндра нами в [1] було виявлено нерівномірність нагароутворення на вогневому донці головки, що значною мірою відбивається на температурному стані деталі і зменшенні її ресурсу. Було запропоновано зміни конструкції головки [2], які дозволять зменшити рівень термічних напружень та, як наслідок, підвищити її ресурс (рис. 1).

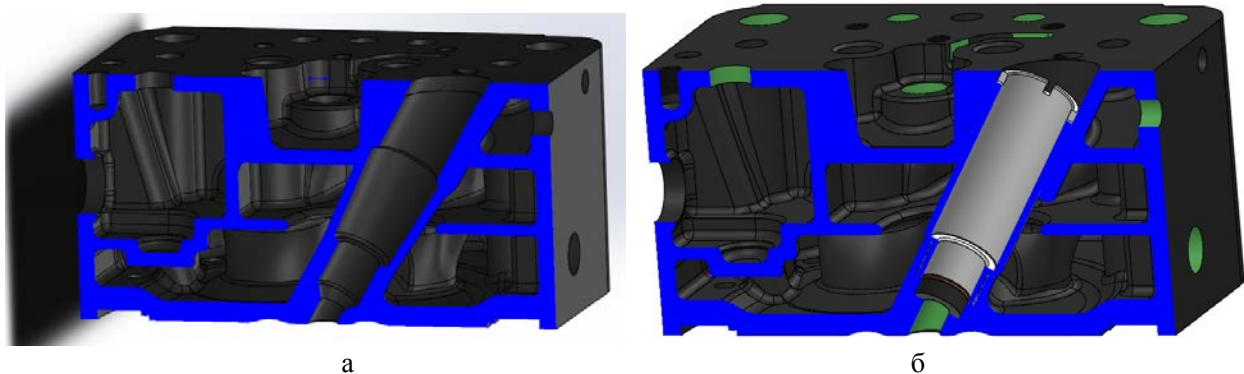


Рисунок 1. Тривимірні моделі головки циліндра: базовий варіант (а) та модернізований варіант (б)

Зміни у конструкції потребують проведення дослідження температурного стану головки циліндра та дослідження напружень у деталі.

**Результати досліджень.** Розрахункове дослідження температурного та термонапруженого стану було виконано в стаціонарній постановці при номінальному режимі роботи дизеля (потужність – 1470 кВт при частоті обертання колінчастого валу  $1000 \text{ хв}^{-1}$ ) (див. рис.2).

Граничні умови (ГУ) третього роду задачі теплопровідності встановлювались за даними розрахунку робочого процесу відповідно до методики, що прийнята на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ». Середні за цикл та поверхнею головки циліндрів ГУ задавались з урахуванням рекомендацій [3].

Для випадку без нагару ГУ з боку вогневого донця приймалися:  $\alpha=204 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ,  $T=863\text{К}$ . З урахуванням підходів [1] при товщині нагару 0,25 мм  $\alpha=200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ , в зоні вільній від нагару –  $\alpha=206 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . Температура робочого тіла –  $T=892\text{К}$ .

За поверхнями охолодження ГУ приймалися відповідно до роботи [4]. З боку охолодження донця для базового варіанту головки коефіцієнт тепловіддачі приймався незмінним і дорівнював  $\alpha=1700$ . Для модернізованого варіанту з метою моделювання організованих потоків охолоджуючої рідини він варіювався в межах  $1700 \dots 1100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . Температура охолоджуючої рідини  $T=363\text{К}$ .

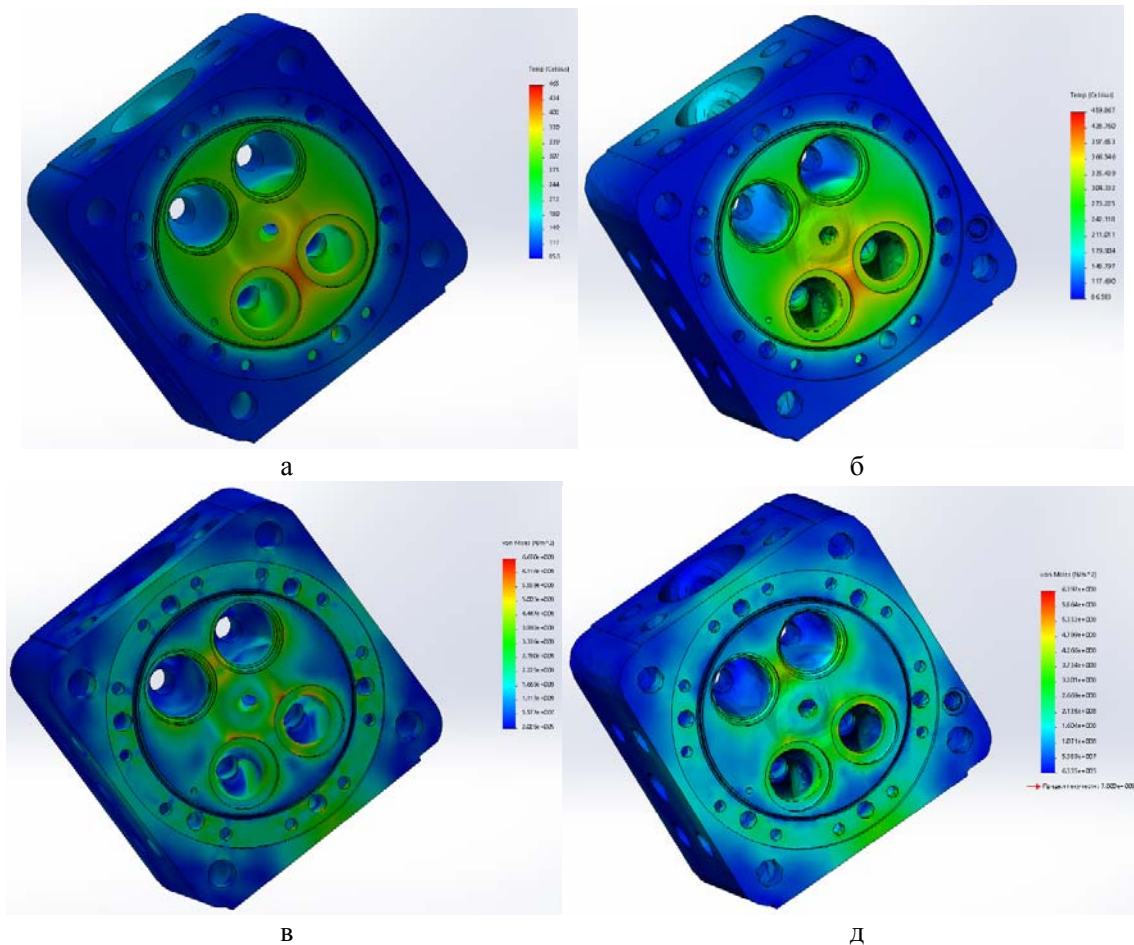


Рисунок 2. Результати розрахунків: температури – базовий варіант (а) та модернізований варіант (б), та напружень – базовий варіант (в) та модернізований варіант (д)

Теплофізичні властивості спеціального чавуну приймалися як температурозалежні.

За результатами зміни конструкції деталі максимальні напруження у перемичці між клапанами зменшено з  $\sigma_{\max} = 6,67 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  до  $\sigma_{\max} = 6,40 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ .

**Висновки.** Проведені дослідження показали зменшення напружень в критичній зоні при зміні конструкції головки циліндра, що дозволяє очікувати збільшення ресурсу деталі. Подальші дослідження планується проводити у напрямку комплексного урахування впливу охолодження поверхонь, розташування і ступеня нагароутворення на огневому донці головки циліндра.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ліньков О.Ю. Оценка влияния нагара на температурное состояние днища головки цилиндров среднеоборотного дизеля / О.Ю. Ліньков, В.В. Пылёв, С.А. Кравченко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – №1. – С. 29-33.
2. Ліньков О.Ю. Покращення теплонапруженого стану днища головки циліндрів среднеоборотного дизеля / О.Ю. Ліньков, В.В. Пылёв, С.А. Кравченко, Д.В. Беднін // Двигатели внутреннего сгорания. – 2017. – №2. – С. 44-47.
3. Дьяченко Н.Х., Костин А.К., Бурин М.М. К определению граничных условий при моделировании температурных полей в поршнях ДВС // Энергомашиностроение. – 1968. – №4. – С. 18-21.
4. Шеховцов А.Ф. Разработка конечноэлементной модели теплонапряженного и деформированного состояния головки цилиндров быстроходного дизеля / Шеховцов А.Ф., Тринев А.В., Авраменко А.Н. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – № 1. – С. 20-30.

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОСТРОСТА НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ ПИН GAAS

Лебедь Н.И, Лебедь О.Н.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Известно, что ТО часто является необходимым технологическим этапом при изготовлении полупроводниковых приборов [1]. При этом процессы ТО способны изменить физические свойства монокристаллов полупроводников, в частности и ПИН GaAs. Эффективность термообработок зависит от структурных параметров монокристалла: степени отклонения состава полупроводникового соединения от стехиометрии, структуры и плотности дислокаций.

Целью настоящей работы является определение скорости послеотжигового охлаждения монокристаллов арсенида галлия максимально сохраняющего исходные параметры полупроводника, в зависимости от структуры монокристалла.

Термообработка монокристаллов проводилась при 850 °С в течение 30 минут в запаянных кварцевых ампулах рабочим объёмом ~ 4-6 см<sup>3</sup>, предварительно обезжиренных в толуоле и протравленных в "царской водке", что позволяет снизить загрязнение образцов медью из кварца ампул. Давление остаточных паров в ампуле, после откачки устанавливалось до уровня не выше 10<sup>-3</sup> мм. рт. ст. В откачанных ампулах осуществляли ТО в вакууме.

Определение зависимости измеряемых параметров от расстояния до поверхности образцов производилось путем измерений при послойном травлении образцов в полирующем травителе состава H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O (3:1:1) до стабилизации значений измеряемых параметров.

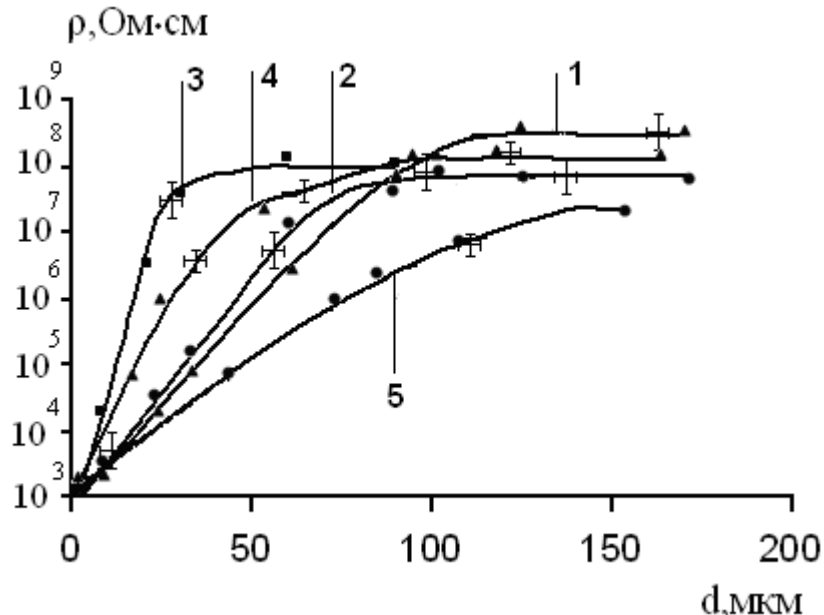


Рисунок 1. Зависимость удельного сопротивления от расстояния до поверхности образцов, при различных скоростях охлаждения в результате ТО,  $N_d = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ,  $z = 12,3$  :  
кр.1 –  $(2,5-3) \cdot 10^3$  °С/мин., кр.2 –  $(2-2,5) \cdot 10^2$  С/мин., кр.3 – 40 °С/мин., кр.4 – 2 °С/мин.,  
кр.5 – 0,1 °С/мин.

Независимо от скорости охлаждения в приповерхностной области монокристаллов наблюдалась термоконверсия – изменение n-типа проводимости на p – тип.

Изменение удельного сопротивления по глубине монокристаллов зависело от

скорости охлаждения и продемонстрировано на рис 1.

Также удельное сопротивление зависело от стехиометрии и плотности дислокаций. Общая зависимость для скорости охлаждения 40 °C/мин показана на рис.2 и 3. Не зависимо от скорости охлаждения данные зависимости качественно не отличаются.

Как видно из рисунков, при увеличении плотности дислокаций и критерия нестехиометрии, восстановление удельного сопротивления происходит на большей глубине.

Под критерием нестехиометрии будем принимать отношение концентрации вакансий мышьяка к концентрации вакансий галлия.

$$z=(NV_{As}/NV_{Ga}) \quad (1)$$

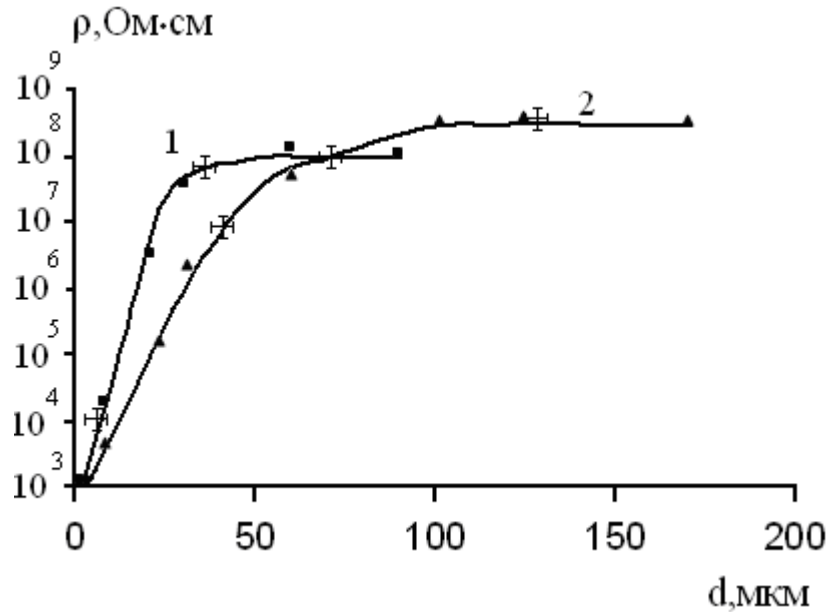


Рисунок 2. Зависимость удельного сопротивления от расстояния до поверхности образцов при скорости охлаждения 40 °C/мин., кр.1 –  $N_d = 2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ , кр.2 –  $N_d = 9 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ .

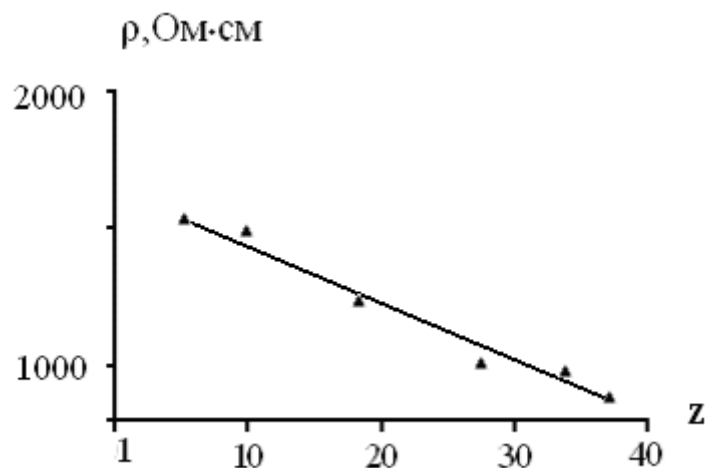


Рисунок 3. Зависимость удельного сопротивления в поверхностных слоях образцов от вакансионного состава при скорости охлаждения 40 °C/мин,  $N_d = 9 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$

На основании анализа зависимостей приведенных на рисунках можно заключить, что не зависимо от скорости охлаждения монокристаллов, при увеличении плотности

дислокацій уменьшение величины удельного сопротивления происходит на большем расстоянии от поверхности образцов, что можно связать с различной концентрацией акцепторных центров  $NSi_{As}$  и  $NC_{As}$ .

Возможной причиной такого влияния дислокаций является движение атомов мышьяка к поверхности кристаллов вдоль дислокационных линий и генерация вакансий мышьяка, что и приводит к увеличению концентрации акцепторных центров.

Зависимость удельного сопротивления в поверхностных слоях от вакансионного состава после ТО (рис.3) также объясняется зависимостью концентрации акцепторов от вакансионного состава. Присутствие дефектов вычитания в одной из подрешеток исходных монокристаллов сопровождается появлением дефектов внедрения в другой. Следовательно, в исходных образцах с избытком мышьяка должна существовать повышенная концентрация междоузельных атомов мышьяка, которые при термообработке будут испаряться в первую очередь. В результате при равном количестве испаряющихся с поверхности кристалла атомов As, число образовавшихся  $V_{As}$  (и, следовательно,  $NSi_{As}$  и  $NC_{As}$ ) будет выше в образцах с исходным избытком галлия. Т.е. более высокие значения  $z$  в исходных кристаллах сопровождаются более высокой приповерхностной концентрацией  $NC_{As}$  и  $NSi_{As}$  после ТО [2]. Неодинаковое снижение удельного сопротивления в приповерхностных слоях (рис.1), в зависимости от скорости охлаждения кристаллов, можно объяснить разной стоковой активностью неравновесных СТД. При уменьшении скорости охлаждения происходит сток неравновесных СТД на дислокации. Как следствие, снижение удельного сопротивления после ТО, при уменьшении скорости охлаждения до значения 40 °С/мин, наблюдается на меньшем расстоянии от поверхности кристалла, чем при больших скоростях.

Однако при дальнейшем уменьшении скорости охлаждения (рис.1, кр.4, кр.5), восстановление удельного сопротивления сдвигается в сторону больших толщин приповерхностных слоев материала. Мы полагаем, что такое изменение приповерхностных свойств происходит в результате дополнительной генерации СТД, вследствие увеличения времени ТО.

То есть, существует оптимальный диапазон значений скорости послеотжигового охлаждения приводящий к лучшей стабилизации структурных и электрофизических свойств монокристаллов арсенида галлия при кратковременной ТО. По нашим оценкам его значения лежат в диапазоне (40 – 10) °С/мин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бублик В.Т. Изучение влияния различных режимов термического отжига на образование микродефектов в монокристаллах нелегированного GaAs, выращенного по методу Чохральского. / Бублик В.Т., Воронова М.И., Марков А.В., Щербачёв К.Д. // Кристаллография. – 2000. – Т. 45, №5. – С.893.
2. М.Б.Литвинова. Роль режима охлаждения при термообработке монокристаллов полуизолирующего GaAs. / М.Б.Литвинова, С.В.Шутов, О.Н.Лебедь. // Физика и химия обработки материалов. – 2002. №2. – С.73 – 77.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ СПЕКТР ПРИМЕСЕЙ ЭС GaAs, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРОВ-РАСПЛАВОВ

Лебедь Н.И., Лебедь О.Н.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**Введение.** Развитие интегральной и силовой электроники на основе арсенида галлия предъявляет все возрастающие требования к совершенству структуры полупроводникового материала, свойства которого в основном определяется наличием и распределением примесных и собственных точечных дефектов (СТД). Одним из методов влияния на распределение СТД в монокристаллах GaAs, является эпитаксия из жидкой фазы. ЖФЭ осуществляется при существенно более низких температурах, поэтому процессы роста легче контролируются, а управление ими позволяет получать более воспроизводимые результаты [1].

В ранних работах ЖФЭ GaAs осуществлялась из раствора в расплаве галлия, в результате чего количество галлия в растворе-расплаве намного превышало количество мышьяка. При этом управлять распределением СТД было возможным практически лишь при изменении температурных режимов эпитаксии, вследствие изменения растворимости мышьяка. Использование же изовалентных металлов-растворителей позволяет осуществлять ЖФЭ как из растворов-расплавов со стехиометрическим соотношением Ga и As, так и из обогащенных одним из кристаллизующихся компонентов, и таким образом, оказывать влияние на вакансионный состав и распределение примесей в эпитаксиальном слое, что позволяет получать эпитаксиальный материал с новыми электрофизическими свойствами [2].

В настоящей работе проведены исследования влияния типа растворителя, ориентации подложек и их расположения в процессе выращивания, а также стехиометрического соотношения компонентов кристаллизующего вещества, на электронный спектр примесей эпитаксиальных слоев арсенида галлия, полученных жидкофазной эпитаксией.

Эпитаксиальные слои выращивали путем принудительного охлаждения из ограниченного объема насыщенного раствора GaAs в расплавах галлия, висмута и свинца в вертикальном реакторе в атмосфере очищенного диффузией через палладиевый фильтр водорода. Температуры начала и окончания эпитаксии во всех экспериментах составляли 850 °C и 650 °C соответственно, скорость охлаждения – 0.8 °C/мин, толщина раствора-расплава 1.2 - 1.4 мкм.

В таблице 1 приведены экспериментальные результаты исследования спектральной зависимости от соотношения висмута и галлия в растворе-расплаве. Для исследования использовались ЭС арсенида галлия, выращенные на подложках с ориентацией  $\langle 111 \rangle$  А. Как следует из анализа уровня, связанные с вакансиями Ga уменьшаются по интенсивности и при содержании  $\sim 20\%$  Ga в растворе-расплаве исчезают.

Богатый энергетический спектр в ЭС арсенида галлия, выращенных из расплавов висмута и свинца свидетельствует о том, что существенное влияние на образование точечных дефектов и захват неконтролируемых примесей растущими слоями оказывает соотношение компонентов на фронте кристаллизации, причем это соотношение сильно зависит от типа растворителя. Фоновые примеси в ЭС GaAs в галлиевом растворителе замещают  $V_{As}$  тогда как в растворах висмута или свинца существенную роль начинают играть примеси замещения  $V_{Ga}$ . Таким образом, выращивание ЭС из расплавов висмута или свинца в процессе жидкофазной эпитаксии приводит к значительному изменению вакансий в катионной и анионной подрешетках по сравнению со слоями, полученными из расплава галлия, а также к увеличению комплексов на их основе.



Таблица 1. Энергетическое расположение примесных уровней в запрещенной зоне эпитаксиальных слоев GaAs, получаемых методом жидкофазной эпитаксии

Раствор-расплав	Ориентация	Расположение подложки	Уровни в эВ
100% Ga	<100>	верх	$h\nu_m = 1,02$ (порог $h\nu_i = 0,74$ ) $h\nu_m = 1,37$
100%Bi	<100>	верх	$h\nu_m = 0,66$ (порог $h\nu_i = 0,6$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,75$ ) $h\nu_m = 1,22$ (порог $h\nu_i = 1,0$ ); $h\nu = 1,37$
100%Pb	<100>	верх	$h\nu_m = 0,75$ (порог $h\nu_i = 0,68$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,8$ ) $h\nu = 1,37$
100%Bi	<100>	низ	$h\nu_m = 0,66$ (порог $h\nu_i = 0,58$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,78$ ) $h\nu = 1,37$
100%Bi	<111>A	низ	$h\nu_m = 0,65$ (порог $h\nu_i = 0,56$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,75$ ) $h\nu = 1,26$ , $h\nu = 1,37$ , $h\nu = 1,49$
100%Bi	<111>B	низ	$h\nu_m = 0,65$ (порог $h\nu_i = 0,58$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,76$ ) $h\nu = 1,26$ , $h\nu = 1,37$
100%Bi	<111>A	низ	$h\nu_m = 0,65$ (порог $h\nu_i = 0,58$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,75$ ) $h\nu = 1,26$ , $h\nu = 1,37$ , $h\nu = 1,49$
90%Bi+ 10%Ga	<111>A	низ	$h\nu_m = 0,65$ (порог $h\nu_i = 0,58$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,78$ ) $h\nu = 1,26$ , $h\nu = 1,37$
80%Bi+ 20%Ga	<111>A	низ	$h\nu_m = 0,75$ (порог $h\nu_i = 0,68$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,8$ ) $h\nu = 1,37$
100%Bi	<100>	низ	$h\nu_m = 0,65$ (порог $h\nu_i = 0,58$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,75$ ) $h\nu = 1,41$
100%Bi	<100>	верх	$h\nu_m = 0,65$ (порог $h\nu_i = 0,58$ ); $h\nu_m = 0,87$ (порог $h\nu_i = 0,72$ ) $h\nu = 1,22$ (порог $h\nu_i = 1,0$ ); $h\nu = 1,37$

Уменьшение вакансий галлия при увеличении доли галлия в висмутовом расплаве (табл.1) объясняется следующим образом. При жидкофазной эпитаксии GaAs из его раствора в расплаве галлия в кристаллизующихся слоях концентрация вакансий  $V_{As}$  значительно больше вакансий  $V_{Ga}$  а при жидкофазной эпитаксии из расплавов висмута, когда в жидкой фазе существует стехиометрическое соотношение компонентов соединения, в кристаллизующихся ЭС концентрация вакансий галлия и мышьяка примерно равны. Обогащая галлием раствор-расплав висмута, можно изменять соотношение  $V_{Ga}$  и  $V_{As}$ , увеличивая  $V_{As}$  и уменьшая  $V_{Ga}$ , что сказывается на электрофизических параметрах ЭС и их энергетическом спектре.

Наличие уровня с  $h\nu_m = 1,22$  эВ, связанного с вакансиями Ga в спектре на верхней подложке и отсутствие его в спектре ЭС, выращенных на нижней подложке, свидетельствует о расслоении раствора-расплава между подложками, т.е. раствор-расплав вблизи верхней подложки меньше обогащен Ga, чем вблизи нижней подложки.

Таким образом, можно заключить, что на формирование энергетического спектра примесей в запрещенной зоне ЭС арсенида галлия оказывают влияние: тип растворителя, ориентация подложек, расположение подложек при выращивании слоев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кукушкин С.А., Осипов А.В. Процессы конденсации тонких пленок. // УФН. – 1998. – Т. 168(10). – С. 1083 – 1116.
2. С.В.Шутов. Влияние изовалентным легированием висмутом на свойства эпитаксиального арсенида галлия.// Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 1999, № 5-6, с.48-50.



## ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ФРОНТУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ GaAs ПРИ ВИРОЩУВАННІ З РІДКОЇ ФАЗИ

Лебедь Н.І, Лебедь О.М.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Підвищення надійності, економічності і масовості виробництва, дискретних і інтегральних напівпровідникових приладів, особливо щільність інтеграції твердотілих мікросхем, не може бути здійснено лише вдосконаленням технології виробництва приладів і пристроїв, оскільки у всіх випадках відсоток виходу і граничні параметри обмежуються мікронеоднорідністю фізичних і фізико-хімічних властивостей використовуваних напівпровідникових матеріалів. Однією з причин мікронеоднорідності монокристалічних матеріалів, що зумовлюють не лише локальні зміни фізичних властивостей вихідних матеріалів, але і відтворюваність результатів багатьох технологічних процесів, є одновимірні і двовимірні порушення кристалічної решітки, а саме дислокації, дислокаційні ряди, межзернові границі.

Дислокації часто є причинами підвищених струмів витоку, погіршення електричних характеристик і розвитку процесів деградації в різних напівпровідникових приладах.

Один із шляхів зниження щільності дислокацій в арсеніді галію є використання ряду ізотермічних витримок під час охолодження розчину-розплаву, що проводиться з постійною швидкістю. Введення в об'єм ЕШ пружної напруги також дає можливість знижувати щільність дислокацій. Вони можуть згинати лінію успадкованої дислокації паралельно металургійній границі і вивести її на бічну поверхню ЕШ.

Використання ізовалентних металів-розчинників дає можливість в деякій мірі керувати структурними параметрами вирощуваного шару. Вони можуть виступати в якості легуючої домішки, а також змінювати стехіометрію основних компонентів сполуки в рідкій фазі. Одним із таких розчинників є вісмут, який крім вказаних вище властивостей суттєво не змінює енергетичний спектр монокристалів арсеніду галію при рідкофазній епітаксії (РФЕ) [1].

Ми пропонуємо вирощувати епітаксійні шари арсеніду галію при використанні періодичної стабілізації фронту кристалізації за рахунок ізотермічних витримок.

Епітаксійні шари вирощували шляхом примусового охолодження розчину-розплаву у вертикальному реакторі, в атмосфері очищеного дифузією через паладієвий фільтр водню. Температура початку епітаксії складала 850 °С, швидкість охолодження порядку  $10^{-3}$  °С/с, відстань між підкладками –  $1,2 \cdot 10^{-3}$  м. Як підкладки використовувалися монокристалічні пластини АГЧО (100) з концентрацією носіїв заряду  $1 \cdot 10^{23}$  м<sup>-3</sup>. Насичення розплаву Ві проводилося розчиненням полікристалічного GaAs ( $n = 6 \cdot 10^{21}$  м<sup>-3</sup>).

Необхідно відзначити, що при стандартному режимі охолодження (примусове охолодження), реальне зниження щільності дислокацій починало спостерігатися при товщині шару близько  $15 \cdot 10^{-6}$  м і при подальшому збільшенні товщини ЕШ розподіл дислокацій ставав більш рівномірним. Розподіл щільності дислокацій (Nd) по радіусу (R) ЕШ, усереднене по декількох зразках, а також типовий розподіл щільності дислокації по радіусу підкладки приведені на рис. 1.

Первинний розподіл дислокацій в підкладці на рис. 1. представляє крива 1. Радіальний розподіл щільності дислокації має V образну форму, змінюючись від  $0,5 \cdot 10^8$  м<sup>-2</sup> в центральній частині підкладки до  $6 \cdot 10^8$  м<sup>-2</sup> в периферійній частині. У ЕШ – відбувається різке зменшення щільності дислокації на периферії, деяке зменшення Nd в центральній частині, досягаючи значення  $10^7$  м<sup>-2</sup>.

При використанні методу ступінчастого режиму охолодження, заснованого на ізотермічних витримках – реальне зниження дислокацій починало відбуватися при товщині ЕШ близько  $10^{-5}$  м, а при товщині  $2 \cdot 10^{-5}$  м щільність дислокацій досягала

значення  $5 \cdot 10^6 \text{ м}^{-2}$ .

Зниження щільності дислокацій при ступінчастому режимі охолодження ми пов'язуємо з характером зміни швидкості системи. Швидкість охолодження, поряд з температурою епітаксії, визначає міру пересичення розчину-розплаву і її зміну в процесі росту.

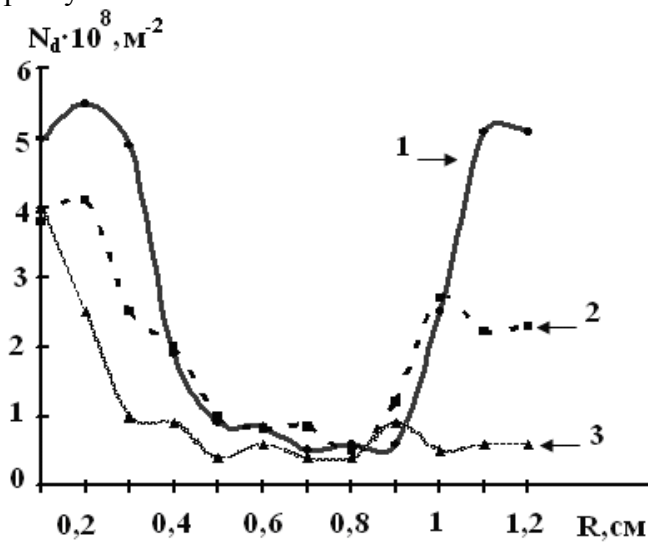


Рисунок 1. Зміна радіального розподілу щільності дислокацій в зразках по товщині зразка: кр.1 – підкладки, кр.2 – ЕШ товщиною  $15 \cdot 10^{-6}$  м, кр.3 – ЕШ товщиною  $20 \cdot 10^{-6}$  м

При незмінній швидкості примусового охолодження системи степінь пересичення розчину-розплаву змінюється в процесі росту шара. Це недобре впливає на рівномірність його властивостей по товщині, приводячи наприклад до появи скупчення дислокацій. Подібний ефект може бути пояснений наступним чином. На лінії ліквідусу фазової діаграми існує точка, по одну сторону від якої поверхня розділу двох фаз шершава, а по іншу гладка. При малих пересиченнях зміна структури поверхні розділу призводить до зміни механізму росту від нормального до тангенціального. Це може призвести до створення дефектів структури кристалів, а також збільшити ймовірність прояву ефекту замурування метала-розчинника та

домішок. Подібні причини й пояснюють причини скупчення дислокацій.

Вживання ступінчастого режиму охолодження системи дозволяє за час відпалу привести фронт кристалізації в стан близький до рівноважного. Це створює достатні умови для згладжування наслідків зміни механізму зростання шару, що виявляється в переорієнтації і анігіляції дислокацій. Результатом цього є поліпшення структури монокристалічного шару. Відповідно – це приводить до більш рівномірного розподілу дислокацій в ЕШ і зниженні їх щільності.

Також треба відмітити сприятливіші умови для зростання арсенід галію з рідкої фази, при заміні галію на вісмут за рахунок збільшення стабільності фронту кристалізації (за рівних інших умов). Найважливішою умовою здобуття структурно і морфологічно досконалих ЕШ – є забезпечення морфологічної стабільності фронту кристалізації, порушення якої обумовлене виникненням концентраційного переохолодження розчину-розплаву поблизу підкладки. Оскільки питома теплопровідність рідкого вісмуту при температурі епітаксії в 6 разів нижче за питому теплопровідність розплавленого галію, то використання вісмуту в якості розчинника дозволяє збільшити температурний градієнт у розчині-розпаві поблизу підкладки в 6 разів [2], в порівнянні з галієвим розчинником. Таким чином, при вирощуванні з розчинів в розпаві вісмуту, забезпечується вище значення стабільності фронту кристалізації, що значно збільшує морфологічну і структурну досконалість ЕШ арсеніду галію.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Н.В. Ганина. Физико-химические особенности изовалентного легирования полупроводников. / Н.В. Ганина. // Фізика і хімія твердого тіла, 2002, т.4, 3, с.565–572.
2. Марончук И.Е. / Марончук И.Е., Кулюткина Т.Ф., Полещук В.С., Шутов СВ. // Кристаллизация и свойства кристаллов. Новочеркасск. НПИ. 1989. С64.

## ФАЗИРОВАННЫЙ ВПРЫСК ТОПЛИВНОГО ГАЗА В ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Литвин С.Н.  
ООО «Мотортех» (Украина)

Израсходовав, значительную часть ископаемых углеводородных запасов, Украина, как и все человечество, столкнулось с проблемой дефицита энергоресурсов, необходимостью их экономного расходования и расширения спектра используемых топлив. В числе таких топлив и относительно дешевые газообразные топлива. Относительно газообразных топлив подтверждается принцип: новое, это хорошо забытое старое - первые поршневые двигатели были газовыми. Длительное время экономному расходованию газообразных топлив, в силу большой разницы в цене по сравнению с жидкими топливами, не уделялось должного внимания. Так, например, розничная цена природного газа, в ценах 1995 года, составляла 5% от цены дизельного топлива, что обеспечивало окупаемость конвертации дизельных двигателей на природный газ менее одного месяца, независимо от расхода топлива. Последние два года цена природного газа колеблется в пределах 25% а сжиженного в пределах 40 ... 50 % от цены дизельного топлива и имеет тенденцию роста в связи с чем, окупаемость конвертации на газ начала исчисляться в годах. В связи с этим начали использоваться другие виды топливных газов таких как свалочного, биогаза, синтез газа и других.

Изложенное выше определило актуальность вопроса снижения удельного расхода природного газа, как моторного топлива.

Одним из путей решения названного вопроса является оптимизация рабочего процесса газовых двигателей путем совершенствования процесса смесеобразования за счет замены внешнего смесеобразования фазированным впрыском топливного газа.

Получившее ранее широкое распространения внешнее смесеобразование с использованием смесителей, несмотря на простоту реализации, имеет ряд существенных недостатков:

- потеря определенного количества газообразного топлива в процессе продувки или значительный рост теплонапряженности двигателя при сокращении ее длительности;
- высокая гомогенность газозооной смеси существенно сокращающая пределы ее воспламеняемости;
- сложность осуществления коррекции коэффициента избытка воздуха, в зависимости от нагрузки и режима работы двигателя;
- высокое содержание окислов азота в отработавших газах из-за высокой тепло напряженности рабочего процесса и ряд других не менее значимых недостатков.

Стремительное развитие науки и техники наблюдаемое в последние годы позволяет реализовать процесс смесеобразования на новом, более высоком уровне путем обеспечения фазированного впрыска топливного газа при помощи газовых форсунок.

Реализация данного способа смесеобразования в газовом двигателе позволила:

- обеспечить послойное смесеобразование;
- реализовать коррекцию коэффициента избытка воздуха в зависимости от нагрузки и режима работы двигателя;
- повысить экономичность двигателя за счет оптимизации рабочего процесса двигателя в целом;
- сократить время и повысить качество переходных процессов двигателя;
- снизить тепло напряженность газового двигателя за счет увеличения длительности продувки и повышения коэффициента использования теплоты;
- улучшить ресурсные показатели двигателя;
- повысить экологические показатели двигателя за счет снижения максимальной температуры стенок камеры сгорания, а, также, реализовать ряд других преимуществ.

Существенным недостатком использования фазированного впрыска топливного газа является отсутствие возможности использования топливных газов низкого давления, из-за значительных затрат энергии на их компримирование, что значительно снижает экономическую эффективность их применения.

Реализация фазированного впрыска топливного газа при помощи газовых форсунок на двигателе 6ГЧН25/34 обеспечивает, в зависимости от фаз газораспределения и топливоподачи, давления топливного газа, типа используемых газовых форсунок, степени сжатия, угла опережения зажигания и других конструктивных особенностей снижение удельного расхода топливного газа на 8 ... 12% и обеспечивает повышение ресурсных показателей не менее чем на 20 ... 25%, в том числе и за счет увеличения ресурса пары седло - клапан.

#### **Выводы:**

1. Фазированный впрыск топливного газа при помощи газовых форсунок на двигателе 6ГЧН25/34 обеспечивает, в зависимости от конструктивных особенностей двигателя и его регулировок, снижение удельного расхода топливного газа, по сравнению с внешним смесеобразованием, на 8 ... 12%.

2. Снижение тепло напряжённости за счет фазированного впрыска топливного газа обеспечивает повышение ресурсных показателей газового двигателя не менее чем на 20 ... 25%.

3. Применение фазированного впрыска для топливного газа низкого давления и с высоким содержанием балластных газов неэффективно, из-за значительным затрат на их компримирование.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ГЛАВНОЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ КРАНОВОГО СУДНА БОЛЬШОЙ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ

<sup>1</sup>Несин Д.Ю., <sup>2</sup>Терлыч С.В.

<sup>1</sup>Центральное конструкторское бюро «Коралл» (Украина)

<sup>2</sup>Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

**Введение.** Наиболее распространённым типом энергетической установки современных крановых судов (КС) является дизель-электрическая, которая позволяет организовать единую систему энергообеспечения (при этом отсутствует валогенератор), но она экономически целесообразна при соотношении потребляемых мощностей привода крановых механизмов и движения более 0,17 или при наличии системы динамического позиционирования [1]. КС, для которых доля ходового времени в общем балансе рейса не так уж значительна, применяется единая система энергообеспечения. Кроме того, для ускорения операций, как правило, предусматривается возможность одновременного поведения двух операций: поворота крана и подъёма груза, или поворота крана и изменения вылета и т. п.

**Постановка задачи.** При единой системе энергообеспечения (при движении КС не выполняет грузовых операций) мощность энергетической установки принимается большая из двух величин:  $(N_{E1} + k_{L1}N_{E2})$  – при движении судна;  $(N_{E2} + N_{UC})$  – при работе верхнего строения (ВС) [1, 2]. Главной целью проектирования является – обеспечение выполнения основных функций судна при: наименьших энергетических затратах; наименьших массогабаритных характеристиках; приемлемой надежности. Для этого каждый из элементов КС должен работать в оптимальных условиях и иметь наибольшую эффективность. В случае, если система энергообеспечения разделена на пропульсивную и общесудовую, – суммарная мощность энергетической установки принимается:  $N_{ES} = N_{E1} + N_{E2} - N_{E3} + N_{UC}$  [1, 2]. Соотношение энергетических затрат при эксплуатации КС выглядит следующим образом:  $N_{E1} = (0,25 \dots 0,37)N_{ES}$ ;  $N_{E2} = (0,38 \dots 0,62)N_{ES}$ ;  $N_{UC} = (0,11 \dots 0,25)N_{ES}$ .

**Основной текст.** На начальных стадиях разработки проекта, в процессе выбора главных размерений, возможно выполнить только грубую оценку мощностей. Для определения  $N_{E1}$  в первом приближении обычно используются адмиралтейские формулы вида:

$$N_{E1} = \frac{\Delta \cdot v^m}{C_A}. \quad (1)$$

Значения коэффициента  $C_A$  для КС, несмотря на достаточно ограниченный диапазон эксплуатационных скоростей (от 10 до 14 узлов) имеет широкий разброс от 100 до 350. Объясняется это в первую очередь тем, что для более крупных судов снижается число Фруда при том, что отношение  $B_S/d_S$  тоже уменьшается, или, другими словами, при увеличении абсолютного значения водоизмещения  $D_S$ , соответственно, растет  $L_S$  и  $d_S$ . Поэтому даже на самых ранних стадиях, дабы избежать погрешности 100% и более, следует учитывать как скоростной режим, так и влияние изменения соотношения размерений:  $N_{E1} = f(Fr, L/B, B/d)$ .

Анализ отчетов по буксировочным испытаниям отечественных КС, а также ряда судов зарубежной постройки показывают, что для оценки  $N_{E1}$  может быть использована откорректированная по статистическим данным формула А.Б. Карпова [3].

$$N_{E1} = 12,5 \nabla_S^{0,771} \left( 0,074 \frac{L_S}{D_S} + 5,1 \right) \left( \frac{v}{26 - 8,64vL_S^{-0,5}} \right)^3. \quad (2)$$

В формуле (2)  $\nabla_s$  – объемное водоизмещение судна на переходе морем, м<sup>3</sup>;  $L_s$  – длина судна по осадку  $d_s$ , м;  $d_s$  – осадка судна на переходе морем, соответствующая  $\nabla_s$ , м;  $v$  – эксплуатационная скорость хода, мс<sup>-1</sup>.

Формула (2) применима и дает погрешность не более  $\pm 12\%$  при:  $0,157 < Fr < 0,253$ ;  $9,29 < v < 15,85$  узлов;  $3000 < D_s < 40000$  тон;  $0,62 < C_B < 0,86$ ;  $3,84 < B_s/d_s < 6,95$ .

Мощность  $N_{E2}$  складывается из мощности необходимой для работы специальных и общесудовых систем обеспечивающих жизненный цикл судна, кроме того КС большой грузоподъемности, как правило, имеют развитую якорную систему позиционирования и подруливающие устройства, множество специальных палубных механизмов. У некоторых судов, например типа «Олег Страшнов», –  $N_{E2} \approx N_{E1}$ , в отдельных случаях  $N_{E2} = 2N_{E1}$  и более. При этом для транспортных судов этот показатель составляет  $(0,2 \dots 0,4) N_{E1}$ . Точность оценки  $N_{E2}$  во многом определит точность определения  $N_{E3}$ . Мощность  $N_{E2}$  можно представить как:

$$N_{E2} = N_{E21} + N_{E22} + N_{E23}, \quad (3)$$

где  $N_{E21}$  – суммарная мощность необходимая для работы общесудовых систем и освещения внутри плавучего основания КС, кВт;  $N_{E22}$  – суммарная мощность необходимая для работы подруливающих устройств и системы динамического позиционирования (если она присутствует), кВт;  $N_{E23}$  – суммарная мощность потребляемая жилым модулем КС, кВт.

Значения  $N_{E21}$ ,  $N_{E22}$ ,  $N_{E23}$  (кВт) можно представить следующими статистическими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} & \text{- при } n_{ACC} \leq 50 \text{ чел. и } Q \leq 500 \text{ тонн } N_{E21} + N_{E23} = 4,44(LBD)^{0,475}; \\ & \text{- при } n_{ACC} > 50 \text{ чел. или } Q > 500 \text{ тонн } N_{E21} = 3,70(LBD)^{0,470}; N_{E23} = 4,17n_{ACC} + 815; \\ & \text{- во всех случаях } N_{E22} = 1764Ln(LBD) - 12680. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

В формулах (4)  $n_{ACC}$  – количество мест в каютах. Численность экипажа (судовой команды) на КС сравнительно невелика и зависимости от уровня автоматизации и района плавания составляет от 20 до 30 человек. Однако, на КС большой грузоподъемности, выполняющих транспортно-монтажные, строительные, глубоководные, водолазные и прочие специальные операции присутствует спец-персонал (строители, монтажники, сварщики, водолазы и т.п.). На зарубежных КС он изменяется в широких пределах. Причем, на судах выполняющих строительно-монтажные работы и/или несущих технологическое оборудование он может достигать 400 человек

Мощность генерируемая валогенератором при движении судна составляет [3]:

- для установок с МОД  $N_{E3} = (0,036 \dots 0,097)N_{E1}$ ,

- для установок с СОД  $N_{E3} = (0,072 \dots 0,346)N_{E1}$ .

Коэффициент  $k_{L1}$  фактически показывает различие в нагрузке  $N_{E2}$  на режимах при переходе морем и при работе ВС. Анализ данных по режимам эксплуатации КС показывает, что он может быть выражен как:

$$k_{L1} \cong \frac{0,835(N_{E21} + N_{E23})}{N_{E21} + N_{E22} + N_{E23}}. \quad (5)$$

Если на КС принята главная энергетическая установка СОД с валогенератором, на переходах морем можно считать, что потребности общесудовых систем и жилого модуля по энергии полностью удовлетворяет валогенератор, т.е. в зависимости (5) можно принять  $N_{E3} = k_{L1}N_{E2}$ . Аналогично для не ходовых режимов кроме работы ВС составлено уравнение (6):

$$k_{L2} \cong \frac{0,463(N_{E21} + N_{E23})}{N_{E21} + N_{E22} + N_{E23}} \approx 0,554k_{L1}. \quad (6)$$

Мощность механизмов верхнего строения  $N_{UC}$  зависит от грузоподъемности крана, скоростей подъема груза, вращения, изменения вылета. Скорость подъема грузов у построенных кранов колеблется в значительных пределах. У кранов большой грузоподъемности при определении скоростей очень часто исходят из стремления получить одинаковую мощность всех крановых электродвигателей, а вместе с тем и равномерную нагрузку на главные генераторы. Согласно [1] может быть рекомендована эмпирическая формула для определения скорости подъема груза (7):

$$v_{LFT} = (0,43 \dots 1,30)Q^{-0,4}, \text{ мс}^{-1}. \quad (7)$$

Мощность механизмов, осуществляющих подъем груза, определяется как [2,3]:

$$N_{LM} = \frac{v_{LFT} Q}{\eta_{LM}}, \text{ кВт}. \quad (8)$$

где  $\eta_{LM}$  – КПД механизмов подъема.

Анализируя скорости подъема грузов кранов различной грузоподъемности, можно рекомендовать формулу для определения в первом приближении мощности механизмов крана в зависимости от его грузоподъемности:

$$N_{UC} = (4,56 \ln(Q) + 5,82)Q^{0,6}, \text{ кВт}. \quad (9)$$

В формулах (7...9)  $Q$  – максимальная грузоподъемность ВС, (т). Сравнение мощностей полученных по формуле (2.3.14) и мощностей, приводимых в каталогах ведущих фирм производителей кранов (BOS, Liebherr, Huisman) [3] показано на рисунке 1.

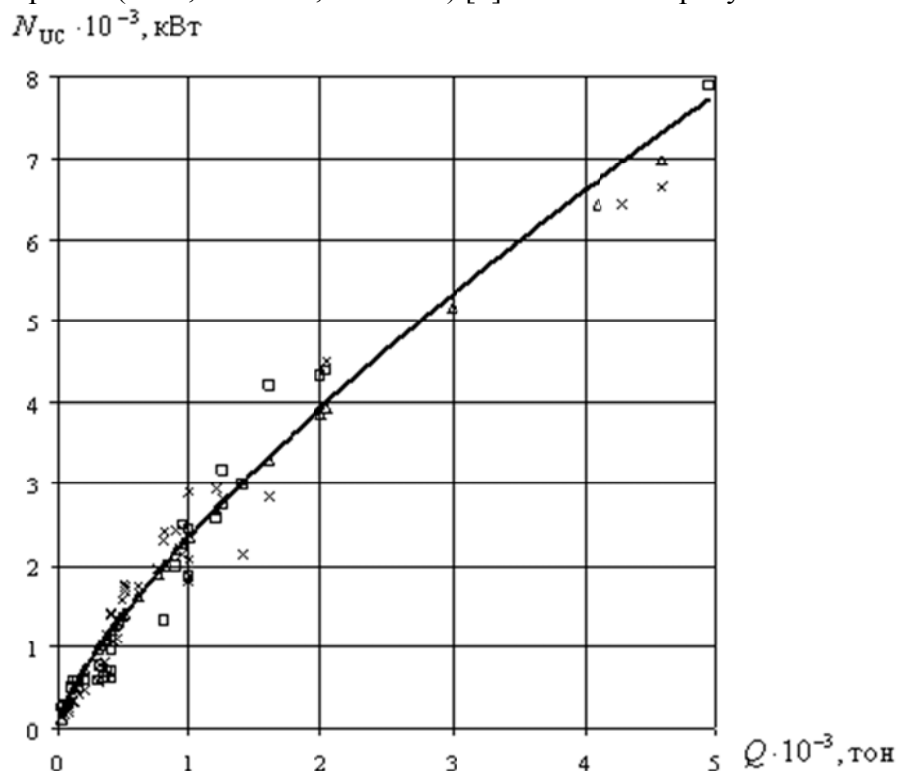


Рисунок 1. Зависимость  $N_{UC} = f(Q)$ .

Согласно Правилам [4] на каждом судне должна быть предусмотрена система для подогрева топлива, масла и воды в цистернах. Подогрев топлива производится для понижения его вязкости с целью интенсификации процесса топливоподготовки, а также для улучшения условий перекачки и отстоя. Исходя из применяемых сортов топлива и его размещения на судне, обычно подогревают топливо в следующих цистернах: расходных и отстойных; основного запаса; переливных; грязного топлива; для сбора шлама от

сепараторов. В цистернах основного запаса, из которых предусматривается выдача топлива на ходу, следует увеличивать поверхность нагрева змеевиков для более интенсивного его нагрева. В необходимых случаях, для предотвращения образования сгустков, производится обогревание трубопроводов, транспортирующих вязкое топливо. Подогрев масла в циркуляционных цистернах производится для понижения вязкости масла при запуске двигателей, а также для улучшения условий его перекачки и отстоя. Подогревается масло в следующих цистернах: циркуляционных; основного запаса масла; стенки которых соприкасаются с наружной обшивкой (с забортной водой или наружным воздухом) или с помещениями, в которых возможна температура ниже  $0^{\circ}\text{C}$ ; сбора шлама от сепараторов; отработавшего масла. Питание систем подогрева паром предусматривается от главных, вспомогательных и утилизационных котлов, испарителей грязных конденсатов и от магистралей отработавшего пара. Питание систем подогрева электроэнергией – от судовой электростанции. Питание горячей водой систем подогрева предусматривается от водогрейных и утилизационных котлов. Поверхность нагрева паровых и водяных змеевиков и мощность электронагревателей, системы общего подогрева должны определяться тепловым расчетом из условия нагревания до заданной температуры в установленное время по методике, изложенной в [3].

Для приближенной оценки паропроводительности котельной установки утилизационных котлов в настоящей работе использованы зависимости рекомендованные в [1, 2]:

$$N_{E3} = 23920 + 2,15N_{E1}, \text{ кг} \cdot \text{сутки}^{-1}, \quad N_{E4} = 0,353N_{E1}, \text{ кг} \cdot \text{сутки}^{-1}.$$

Коэффициенты уменьшения расходов топлива для расчетов на ранних стадиях проектирования можно принять:  $k_{L3} \approx 1$ ;  $k_{L4} \approx 0,2$ .

**Выводы.** В статье представлены математические зависимости определения мощности главных и вспомогательных силовых установок кранового судна большой грузоподъемности с полноповоротным верхним строением, которые, как показала верификация, позволяют с хорошей степенью точности определить значения основных элементов, при наличии данных по прототипам, а так же в случае, когда нужно определить эксплуатационные характеристики энергетических установок отличающихся от прототипа проектными характеристиками, например, грузоподъемностью ВС. Для использования предложенных зависимостей при системной оптимизации КС необходимо введение дополнительных ограничительных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводин, Н. Ф. Основы проектирования универсальных плавучих кранов [Текст] / Н. Ф. Воеводин // М.: Издательство Министерства речного флота СССР, 1950. – 362 с.
2. Toisa Proteus: offshore support vessel with heavy-lift capability/ M. J. Staunton-Lambert//The Royal Institution of Naval Architects. — 2002 — P. 123-124.
3. Новиков, А. И. Режимы работы и годовая производительность плавучих кранов [Текст] / А. И. Новиков // Севастополь: Издательство СевНТУ, 2003. – 228 с.
4. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови суден. Том 2. – Київ.: Регістр судноплавства Україн, 2011. – 394 с.



## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Савчук В.П.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Підвищення ефективності експлуатації сучасних суднових двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ) пов'язано із зниженням експлуатаційних витрат на технічне обслуговування і ремонт (ТО і Р) а також на паливо-мастильні матеріали (ПММ). Не можна враховувати аспекти, що пов'язані із урахуванням екологічних показників СДВЗ, а саме скорочення викидів CO<sub>2</sub>. Морський вантажний транспорт є важливим чинником світової торгівлі, оскільки близько 80 % вантажів за обсягом здійснюються морськими перевезеннями і здійснюються портами по всьому світу. Зростання емісії парникових газів, забруднення повітря шкідливими речовинами та поширення інвазивних водних видів через судна зумовлені зростанням морської торгівлі. Багато з цих впливів можна зменшити за рахунок вдосконалення конструкції суден та безпосередньо складових енергетичної установки. Очікується, що суднобудівна галузь та виробники морського обладнання будуть зосереджувати свою науково-дослідну та виробничу діяльність на поліпшенні екологічних показників суден та дотримуючись національних та міжнародних норм.

Одним із напрямків підвищення ефективності СДВЗ є розробка та впровадження технологій зменшення механічних втрат. Відсоток механічних втрат в сучасних СДВЗ складає від 3 до 15 % від підведеної енергії, відносний розподіл яких за видами представлено на рис. 1.

Механічні втрати в двигуні є причиною значних втрат енергії. Окрім економії палива, скорочення кількості відпрацьованих газів допомагає виконувати вимоги екологічних норм.

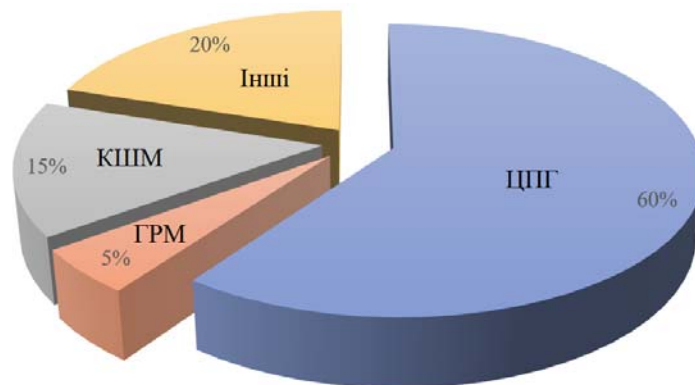


Рисунок 1. Відносні механічні втрати в ДВЗ за видами

Для реалізації сучасних вимог на водному транспорті необхідно вирішувати питання забезпечення надійності складових СЕУ та зниження енергетичних витрат шляхом:

- розробки нових стратегій ТО і Р;
- впровадження нових методів підвищення ефективності експлуатації СЕУ;
- використання нових змащувальних матеріалів, що мають властивості енергозбереження;
- впровадження оптимальних режимів роботи СЕУ та вивчення їх впливу на працездатність технічних об'єктів та їх складових;
- впровадження методів підвищення зносостійкості вузлів та агрегатів.

Одним із перспективних інструментів проектування та дослідження ДВЗ є програмний GT-SUITE, що є розробкою Gamma Technologies – північноамериканської

компанії, яка розробляє імітаційне програмне забезпечення для моделювання теплових, механічних, електричних та інших форм фізики.

Для аналізу умов роботи кривошипно-шатунного механізму використовується модуль GT-SUITE Cranktrain, спрямованих на моделювання динаміки колінчастого валу ДВЗ та коливань блоку двигуна. Користувач визначає тип двигуна, конфігурацію циліндрів, кількість циліндрів, порядок роботи та кути, через які здійснюється запалювання в циліндрах, в якості даних в об'єкті «CrankAnalysis», і створює частину, похідну від цього об'єкта [рис. 2]. Ця інформація точно визначає кути заклинки кривошипа, та інші похідні значення геометрії колінчастого валу. Тип двигуна вводиться у папку «Config» шаблону вхідних даних об'єкта «CrankAnalysis», тоді як порядок роботи циліндрів, кут заклинки кривошипа та дані кута осі циліндра вводяться у папку «Cylinders» шаблону вхідних даних для об'єкта «CrankAnalysis».

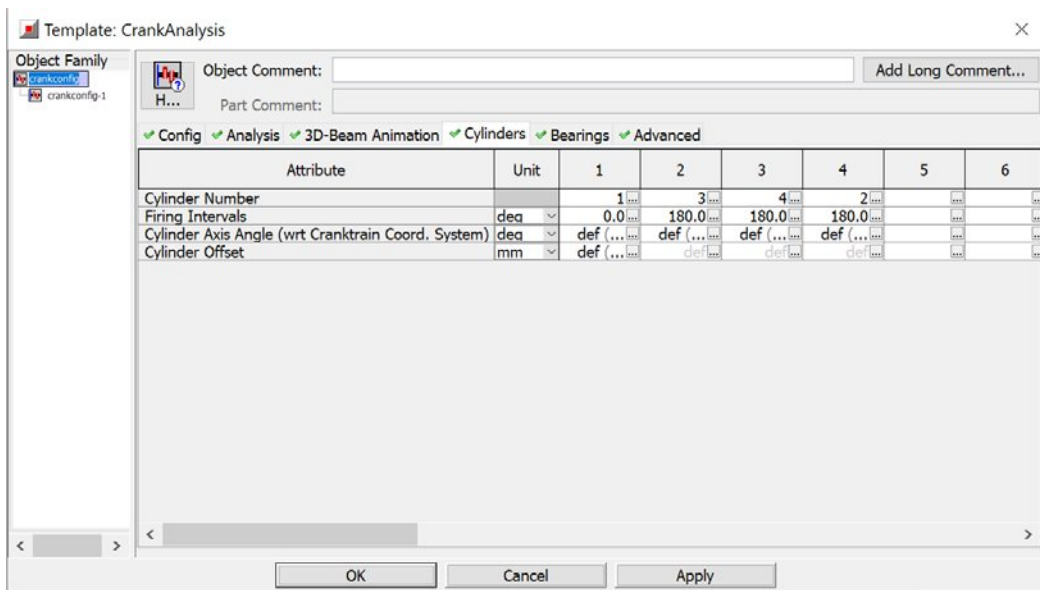


Рисунок 2. Вікно шаблону «CrankAnalysis»

Для дослідження експлуатаційних характеристик підшипників ковзання ДВЗ компанією розроблено додаток «JournalBearingFlow» (рис. 3). Цей шаблон призначений для використання в моделях системи змащування, оскільки він підключений безпосередньо до контуру потоку, але він також використовує ту саму модель, що і механічний шаблон «JournalBearing» для обчислення експлуатаційних показників підшипників (рух осі підшипника, піковий тиск масляної плівки тощо).

Моделювання експлуатаційних навантажень в підшипниках здійснюється декількома способами за допомогою шаблону «JournalBearingFlow»:

- 1) Автоматичний розрахунок несучого навантаження за допомогою шаблону «EngineCrankTrain».
- 2) Автоматичний розрахунок підшипникового навантаження за допомогою детальної моделі кривошипу.
- 3) Автоматичне отримання навантаження на підшипник з рухомих частин КШМ.
- 4) Визначене користувачем навантаження.
- 5) Шляхом підключення шаблону «JournalBearingFlow» безпосередньо до механічної системи, щоб передавати навантаження на підшипники.

Метод автоматичного розрахунку застосовується до рамових, шатунних та головних підшипників (рис. 4). Інші типи підшипників, такі як кулачкові, підшипники зубчастих коліс та балансира можуть використовувати шаблон «JournalBearingFlow» як механічну передачу у цих механічних системах або визначати для цих деталей для швидкості та навантаження.

Також користувач також може написати власну програму для визначення навантажень на підшипники або моделі підшипників, написану у Fortran або додаток для Simulink.

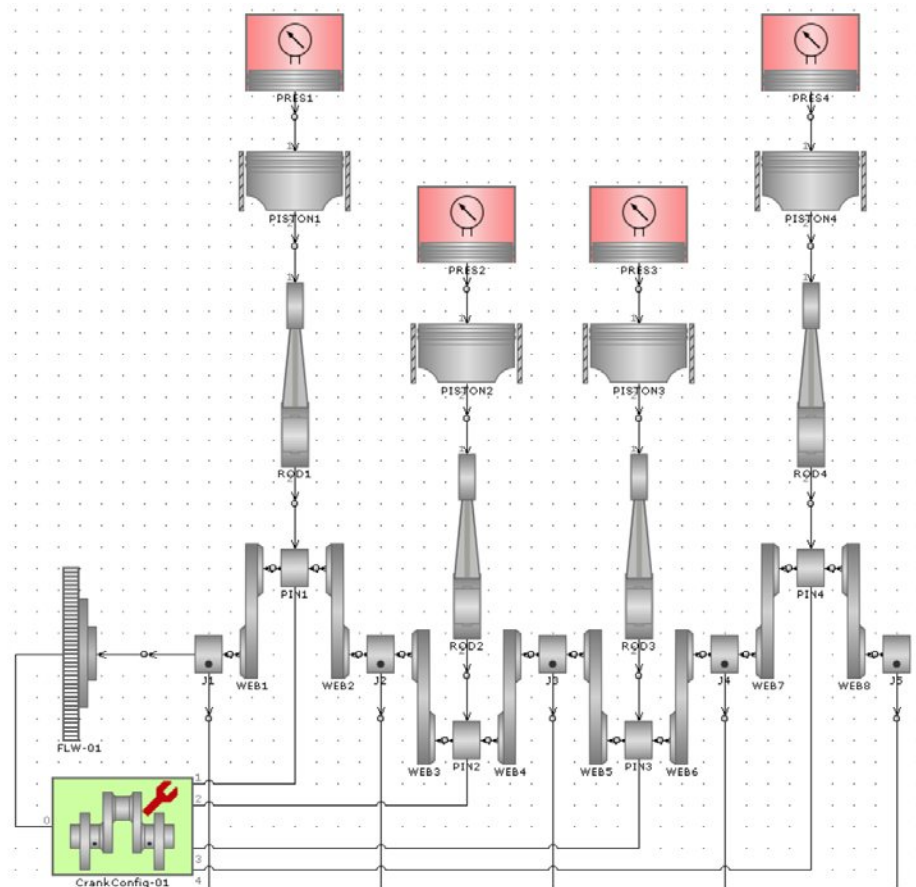


Рисунок 3. Модель КШМ чотирьохтактного 4-циліндрового ДВЗ

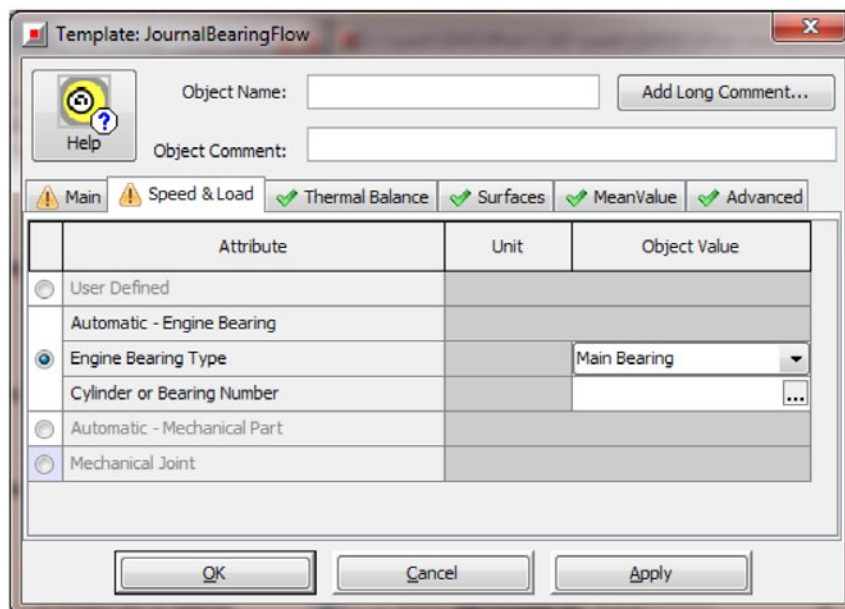


Рисунок 4. Вікно шаблону «JournalBearingFlow»

У GT-SUITE модель системи змащування може бути побудована досить швидко, імпортуючи дані САПР мережі потоку масляної системи в попередній процесор GEM3D, а потім дискретизуючи мережу потоку в труби і розділювачі потоку (рис. 5). Доступ до

GEM3D можна отримати з меню «Tools» в GT-ISE. GEM3D може імпортувати декілька форматів CAD файлів, включаючи ACIS (.sab), .stl та .igs, але більшість інших форматів можна перетворити в них за допомогою GT-Spaceclaim.

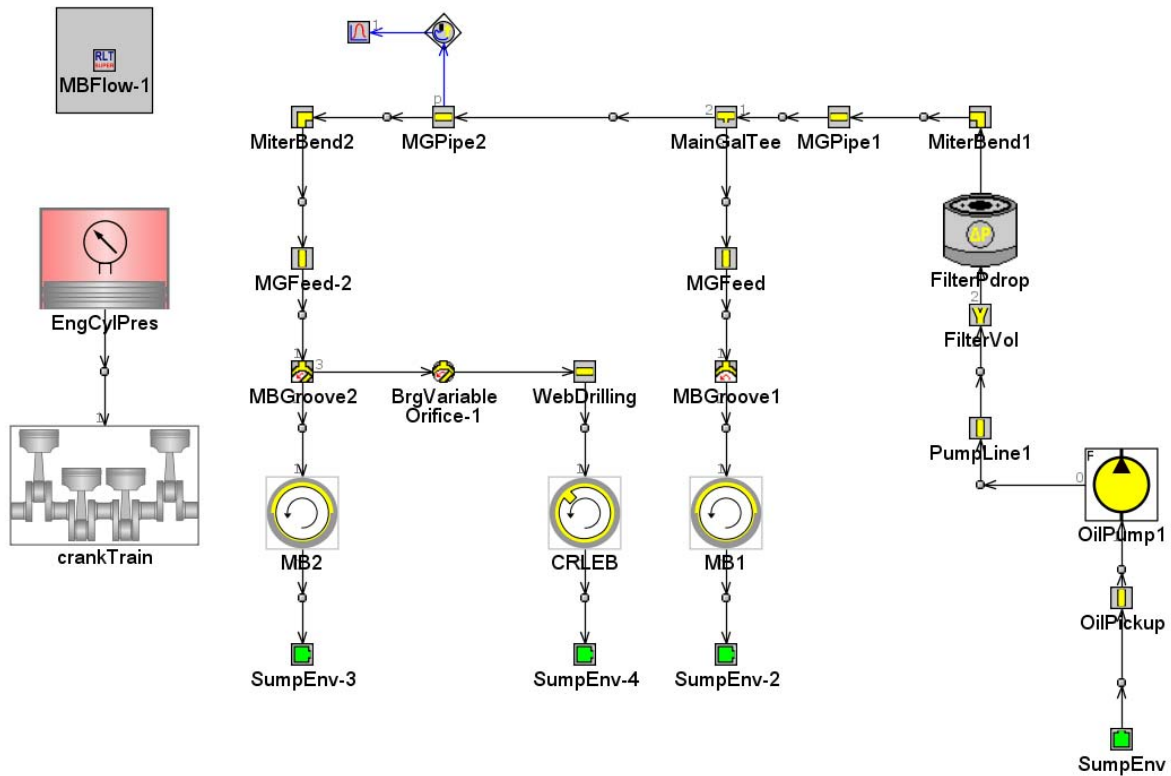


Рисунок 5. Розрахункова схема системи мащення

Програмний комплекс надає можливості здійснювати дослідження впливу радіального зазору (в тому числі і його овальності), розташування та форми масляних отворів та канавок, моделювання впливу масляних фільтрів та теплообмінників, масляних розпилювачів охолодження поршнів, моделювання незначних втрат тиску в системі мащення, а також моделювання масляних насосів, гідравлічних клапанів, властивостей моторних масел (в тому числі масло-повітряних сумішів). Використовуючи даний інструментарій також можливо вирішувати завдання оптимізації будови системи мащення.

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУВНИХ КЛАПАНІВ ІЗ ЗАДАНИМ ТИСКОМ ВІДКРИТТЯ В ЦИЛІНДРІ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА

Самарін О. Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Для здійснення дійсного циклу в дизельному двигуні необхідно видалити з циліндра продукти згоряння, що утворилися в попередньому циклі, і наповнити його повітрям для забезпечення згоряння палива в черговому циклі. Чим більше надійде в циліндр повітря, тим більшу кількість палива зможе згоріти в ньому і тим більшу потужність може розвинути дизель при інших рівних умовах [1].

Якість очищення циліндра від продуктів згоряння і наповнення його повітрям робить істотний вплив на потужність і економічність дизеля.

**Актуальність досліджень.** У двотактних дизелів досягнення хорошої якості газообміну є значно складнішим завданням, ніж у чотиритактних. Циліндр чотиритактного дизеля очищається шляхом витіснення продуктів згоряння поршнем. Під час перекриття клапанів у дизелів з наддувом відбуваються продування циліндра. При наповненні повітря надходить в об'єм циліндра, що звільняється поршнем. Ці процеси протікають послідовно один за іншим. Їх загальна тривалість становить приблизно 400 ... 450 ° ПКВ. Все це сприяє забезпеченню високої якості газообміну [1].

У двотактному дизелі процеси очищення і наповнення циліндра протікають всього за 120 ... 150 ° ПКВ, займаючи частину робочого ходу і частина ходу стиснення. Значна частина процесу випуску газів відбувається одночасно з процесом наповнення циліндра повітрям. При цьому неминучі зіткнення і перемішування деякої частини продуктів згоряння з повітрям.

В даний час в судових дизелях застосовуються прямоочні схеми газообміну. Потік повітря рухається уздовж осі циліндра з чистим витісненням продуктів згоряння - без значного перемішування їх з повітрям. Завдяки хорошій організації газообміну судові двотактні двигуни з прямоструминними схемами мають найбільш низькими значеннями коефіцієнта залишкових газів ( $\gamma_r = 0,0 \dots 0,09$ ). В залежності от конструкції органів, що управляють випуском, прямоочні схеми газообміну поділяють на прямоочно-клапанну і прямоочно-щілинну [2].

Продувні вікна у всіх випадках розташовані в нижній частині втулки циліндра рівномірно по всьому колу. Завдяки цьому забезпечується достатня прохідний перетин при відносно невеликій висоті продувних вікон, а також рівномірний розподіл повітря по перетину циліндра. Всі вікна виконані одіановою форми і висоти. Це призводить до втрати частини робочого об'єму і зниження потужності двигуна. У судових дизелів з прямоочно-клапанної схемою газообміну частка втраченого ходу  $\psi_a = 0,08 \dots 0,13$ .

Завдяки ефекту чистого витіснення газів задовільне очищення циліндра від продуктів згоряння досягається при невеликому надлишку продувного повітря. Масовий коефіцієнт надлишку продувочного повітря  $\phi_a = 1,45 \dots 1,55$ .

З метою скорочення втрати заряду у деяких дизелів застосовані несиметричні щодо НМТ фази відкриття і закриття клапанів: кут відкриття більше кута закриття. В сучасних МОД завдяки їх економічності і високій ефективності систем наддуву з'явилася можливість перейти до симетричних фаз. Це дозволило знизити теплонапруженість випускних клапанів і виключити необхідність реверсування механізму приводу випускних клапанів.

Застосування випускних клапанів дозволяє при створенні дизелів підбирати найвигідніші фази газорозподілу.

**Мета та задачі проведення досліджень.** Створити таку систему газообміну двотактного дизеля, у якій відсутні продувні вікна у нижній частині втулки і робочий

об'єму циліндра використовується повністю для отримання максимальної потужності двигуна.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції існуючих систем газообміну двотактних дизелів.

**Рішення поставленої задачі.** Поставлена задача вирішується тим, що на поршні концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух обмежується пружиною, а обертальний рух забезпечується крилатками, закріпленими на клапані.

Встановлення на поршні концентрично до його осі не менше двох продувних клапанів з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух обмежується пружиною, а обертальний рух забезпечується крилатками, закріпленими на клапані, дозволяє забезпечити продування циліндра через продувні клапани без нарізання продувних вікон на втулці циліндра, що збільшує її робочий об'єм і потужність дизельного двигуна. При цьому крилатки провертають клапан навколо своєї осі, що забезпечує постійне притирання клапана та герметичність його посадки. Крім того, крилатки забезпечують центрування клапана на поршні і разом з пружиною дозволяють клапану осьове переміщення на задану відстань.

На рис. 1 показано загальний вигляд системи газообміну двотактного дизеля; на рис. 2 показано поршень із закритими і відкритими клапанами.

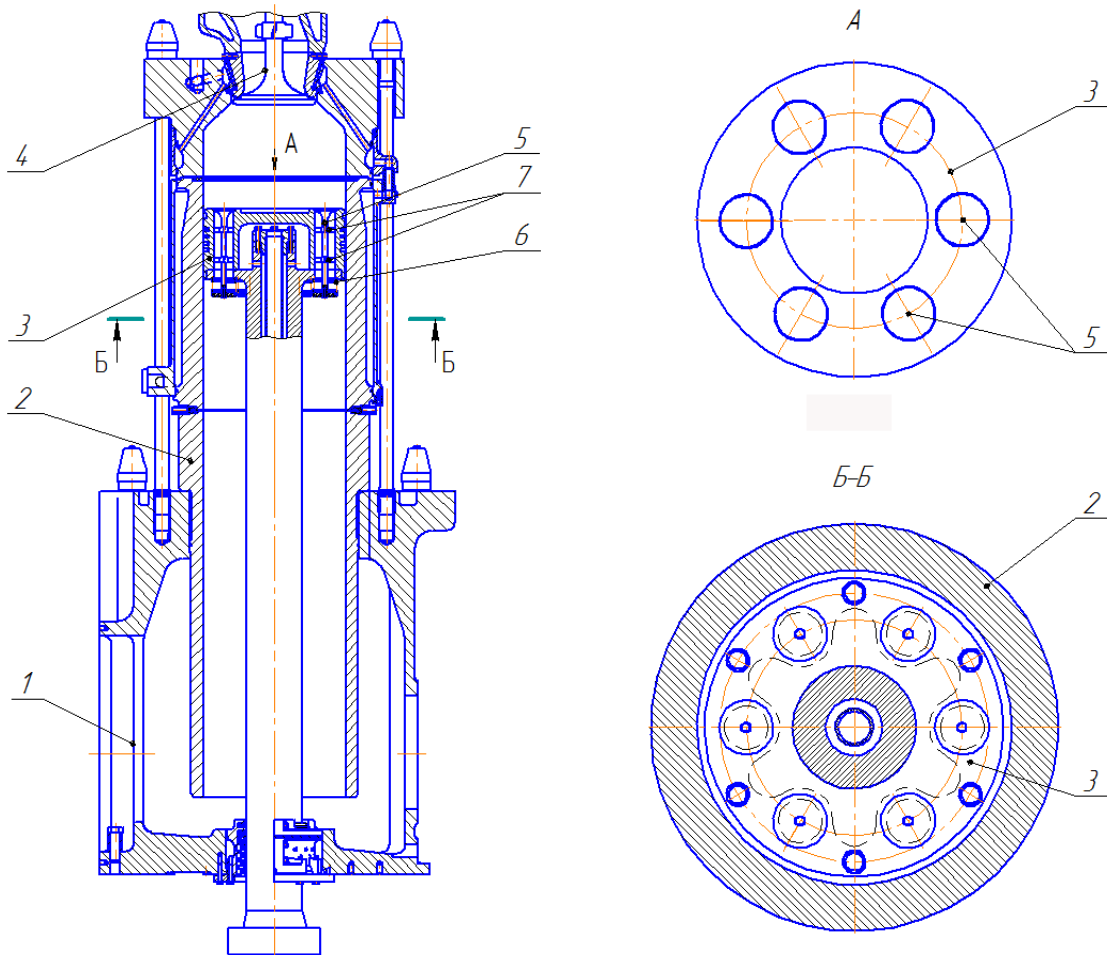


Рисунок 1. Загальний вигляд прямоточно-клапанної системи газообміну двотактного дизеля: 1 - ресивер продувного повітря; 2 - циліндрова втулка; 3 – поршень; 4 - випускний клапан; 5 - продувні клапани; 6 – пружина; 7 - крилатки



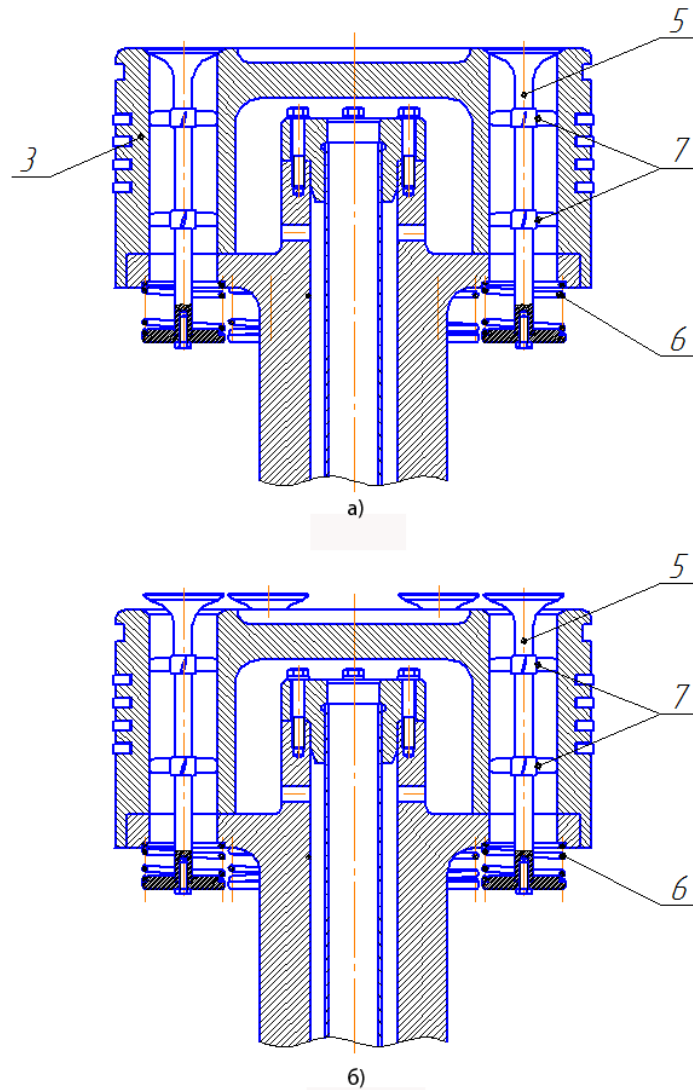


Рисунок 2. Поршень із закритими і відкритими клапанами: а - поршень із закритими клапанами; б - поршень з відкритими клапанами

Система газообміну двотактного дизеля складається з ресивера продувного повітря 1, циліндрової втулки 2, поршня 3 і випускного клапана 4. На поршні 3 концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів 5 з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух обмежується пружиною 6, а обертальний рух забезпечується двома крилатками 7, закріпленими на клапані.

Система газообміну двотактного дизеля працює наступним чином.

Перший такт - продування і стиснення. При русі поршня 3 до нижньої мертвої точки (НМТ) відкривається випускний клапан 4 і відпрацьовані гази виходять з циліндрової втулки 2. При цьому тиск відпрацьованих газів падає. Під дією тиску продувного повітря продувні клапани 5 піднімаються, долаючи зусилля пружин 6. При цьому продувне повітря діє на крилатки 7 і провертає продувні клапани 5 навколо своєї осі. Через відкриті продувні клапани 5 повітря з ресивера продувного повітря 1 надходить в циліндрову втулку 2.

Такт починається рухом поршня від НМТ до верхньої мертвої точки (ВМТ). На початку цього ходу поршня 3 триває продування через продувні клапани 5 і випуск продуктів згоряння через випускний клапани 4. Кінець продування і зарядки циліндра повітрям визначається моментом закриття продувних клапанів 5 під дією зростаючого тиску свіжого повітря у циліндрі і сили пружин 6 та закриття випускного клапану 4. Після

закриття органів газообміну починається процес стиснення, який закінчується з приходом поршня у ВМТ. В кінці стиснення в циліндрі зростають тиск і температура.

Другий такт - згоряння, розширення, випуск і продування - відповідає ходу поршня від ВМТ до НМТ. До приходу поршня 3 у ВМТ відбувається вприскування палива в циліндр, яке самозаймається і згорає. Здійснюється процес розширення газів і під дією тиску газів поршень 3 рухається до НМТ (робочий хід). У момент відкриття випускного клапана 4 починається випуск продуктів згоряння з циліндра. При цьому тиск в циліндрі різко падає.

Продувні клапани 5 відкриваються, коли тиск в циліндровій втулці 2 стає менше тиску повітря, що надходить з ресивера продувального повітря 1, а сила продувального повітря, що діє на продувні клапани 5, подолає силу стискання пружин 6. З відкриттям продувних клапанів 5 починається продування і наповнення циліндрової втулки 2 свіжим зарядом повітря. Продування триває аж до закриття продувних клапанів 5 при русі поршня 3 до ВМТ.

**Висновки та рекомендації.** Застосування продувних клапанів, що концентрично розташовуються у поршні зменшить теплове навантаження на поршень, забезпечить його рівномірне і інтенсивне охолодження.

Продування циліндрової втулки через клапани, розташовані у поршні, дозволить відмовитись від продувних вікон у нижній частині втулки, що збільшить робочий об'єм циліндра і потужність двигуна.

Запропонована система заснована на саморегулюванні роботи клапанів, що не вимагає встановлення додаткових привідних механізмів і зменшує його складність. Застосування пружин для закриття продувних клапанів забезпечує необхідне регулювання сили притискання клапанів до поршня. З метою підвищення надійності механізму, можлива заміна пружин стискання на пластинчасті пружини.

Запропонована система продування циліндрів може бути адаптована до вже існуючих двотактних двигунів. Для її впровадження необхідно замінити циліндрові втулки і поршні.

Застосування запропонованого рішення дозволяє збільшити робочий об'єм циліндра і за рахунок цього підвищити потужність дизельного двигуна, не збільшуючи його розміри і масу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Самсонов В.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. Учебник для высш. учеб. заведений. - 2-е изд., перераб. и доп./ Самсонов В.И., Худов Н.И. М.: Транспорт, 1990. – 368 с.
2. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том.1/ Возницкий И.В.: М. Моркнига, 2008. – 282 с.
3. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том 2/ И.В. Возницкий, А.С. Пунда. – М.: Моркнига, 2008. – 470с.



## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУВНИХ КЛАПАНІВ З МЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ В ЦИЛІНДРІ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА

Самарін О.Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Схеми газообміну двотактних дизелів в залежності від напрямку руху потоків повітря всередині циліндра поділяють на два основних типи - контурні і прямоточні. В даний час випускаються виключно двигуни з прямоточними схемами газообміну. В цьому зіграли вирішальну роль такі недоліки контурних схем [1]:

- гірша якість очищення циліндра, особливо його верхньої частині, зі збільшенням висоти циліндра при збільшенні відносини  $S / D$ ;
- більший витрата повітря на продувку, збільшується з ростом наддуву і пов'язаної з цим щільності продувального повітря;
- несиметричний розподіл температур у втулки циліндра і поршня, а звідси і нерівномірна їх деформація, так як в зоні випускних вікон температура вище, ніж в зоні продувних вікон; з ростом наддуву і необхідністю більш раннього відбору газів на ГТН нерівномірність температурного поля посилюється, що призводить до задирам ЦПГ, появи тріщин [2].

**Актуальність досліджень.** Особливості здійснення процесів очищення і наповнення циліндрів двотактних двигунів зводяться до наступного [2, 3]:

- процеси газообміну відбуваються лише в кінці робочого ходу поршня і на початку ходу стиснення, займаючи всього  $140 \dots 150^\circ$  п.к.в. ;
- неможливість використання в двотактному дизелі всмоктуючої і виштовхуючої дії поршня вимагає для здійснення газообміну попереднього стиснення повітря в продувному або наддувному агрегаті до тиску, що, принаймні, перевищує опір випуску.

При цьому продувні вікна розташовані в нижній частині циліндра, фази і закон їх відкриття і закриття визначаються поршнем. Фази відкриття і закриття випускного клапана, висота його опускання задаються профілем кулака розподільного вала. Це призводить до зменшення робочого об'єму двигуна і до зниження його потужності.

Характерним для прямоочної схеми газообміну є наявність прямого току повітря уздовж осі циліндра, переважно з пошаровим витісненням продуктів згоряння. В результаті задовільної організації газообміну судові двигуни з прямоочною схемою продувки мають найбільш низькі значення коефіцієнта залишкових газів ( $\gamma_r = 0,05 \dots 0,09$ ).

У прямоочно-клапанної схеми газообміну продувні вікна розташовані в нижній частині втулки рівномірно по всьому колу циліндра, що забезпечує великі прохідні перетини і малий опір вікон, а також рівномірний розподіл повітря по перетину циліндра. Тангенціальне розташування вікон в плані сприяє закручуванню потоків повітря, що надходить в циліндр. Вихровий рух повітря в циліндрі зберігається до кінця такту стиснення і при уприскуванні палива його частинки захоплюються вихорами і розносяться по простору камери згоряння, що істотно поліпшує сумішоутворення.

Випуск газів з циліндра відбувається через клапан, розташований в кришці циліндра (привід клапанів здійснюється від розподільного вала за допомогою механічної або гідравлічної передачі). Профілюванням кулака клапана можна легко підбирати і встановлювати необхідні фази газорозподілу: перш за все, відкривати його з великим випередженням ( $91 \dots 70^\circ$  п.к.в. до НМТ), що дає можливість відбирати газ з циліндра при підвищеному тиску ( $0,7 \dots 1,0$  МПа) і тим самим збільшувати потужність газової турбіни. Клапан починає закриватися після перекриття поршнем продувних вікон ( $80 \dots 56^\circ$  п.к.в. за НМТ). Закінчення газообміну і початок процесу стиснення можна вважати співпадаючими з моментом закриття поршнем продувних вікон, і відносна величина втраченої частини ходу поршня в цьому випадку визначається висотою продувних вікон.

**Мета та задачі проведення досліджень.** Створити таку систему газообміну двотактного дизеля, у якій відсутні продувні вікна у нижній частині втулки і робочий об'єму циліндра використовується повністю для отримання максимальної потужності двигуна.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції існуючих систем газообміну двотактних дизелів.

**Рішення поставленої задачі.** Поставлена задача вирішується тим, що на поршні концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух виконується упорами, встановленими під клапанами, і обмежується пружинами, а обертальний рух забезпечується двома крилатками, закріпленими на клапані.

Встановлення на поршні концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух виконується упорами, встановленими під клапанами, і обмежується пружинами, а обертальний рух забезпечується двома крилатками, закріпленими на клапані, дозволяє забезпечити продування циліндра через продувні клапани без нарізання продувних вікон на втулці циліндра, що зменшує напруження у нижній частині втулки та збільшує строк служби циліндрової втулки і компресійних кілець. При цьому крилатки повертають клапан навколо своєї осі, що забезпечує постійне притирання клапана та герметичність його посадки. Крім того, крилатки забезпечують центрування клапана на поршні і разом з пружиною і упором дозволяють клапану осьове переміщення на задану відстань.

На рис. 1 показано загальний вигляд системи газообміну двотактного дизеля; на рис. 2 показано поршень із закритими і відкритими клапанами.

Система газообміну двотактного двигуна, що складається з ресивера продувного повітря 1, циліндрової втулки 2, поршня 3 і випускного клапана 4. На поршні 3 концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів 5 з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух виконується упорами 6, встановленими під клапанами, і обмежується пружинами 7, а обертальний рух забезпечується двома крилатками 8, закріпленими на клапані 5.

Система газообміну двотактного двигуна працює наступним чином.

Перший такт - продування і стиснення. При русі поршня 3 до нижньої мертвої точки (НМТ) відкривається випускний клапан 4 і відпрацьовані гази виходять з циліндрової втулки 2. При цьому тиск відпрацьованих газів падає. Під дією упорів 6 продувні клапани 5 піднімаються, долаючи зусилля пружин 7. При цьому продувне повітря діє на крилатки 8 і повертає продувні клапани 5 навколо своєї осі. Через відкриті продувні клапани 5 повітря з ресивера продувного повітря 1 надходить в циліндрову втулку 2.

Такт починається рухом поршня від НМТ до верхньої мертвої точки (ВМТ). На початку цього ходу поршня 3 триває продування через продувні клапани 5 і випуск продуктів згоряння через випускний клапани 4. Кінець продування і зарядки циліндра повітрям визначається моментом закриття продувних клапанів 5 під дією сили пружин 7, коли продувні клапани 5 виходять з контакту з упорами 6, та закриття випускного клапану 4. Після закриття органів газообміну починається процес стиснення, який закінчується з приходом поршня у ВМТ. В кінці стиснення в циліндрі зростають тиск і температура.

Другий такт - згоряння, розширення, випуск і продування - відповідає ходу поршня від ВМТ до НМТ. До приходу поршня 3 у ВМТ відбувається вприскування палива в циліндр, яке самозаймається і згорає. Здійснюється процес розширення газів і під дією тиску газів поршень 3 рухається до НМТ (робочий хід). У момент відкриття випускного клапана 4 починається випуск продуктів згоряння з циліндра. При цьому тиск в циліндрі різко падає.

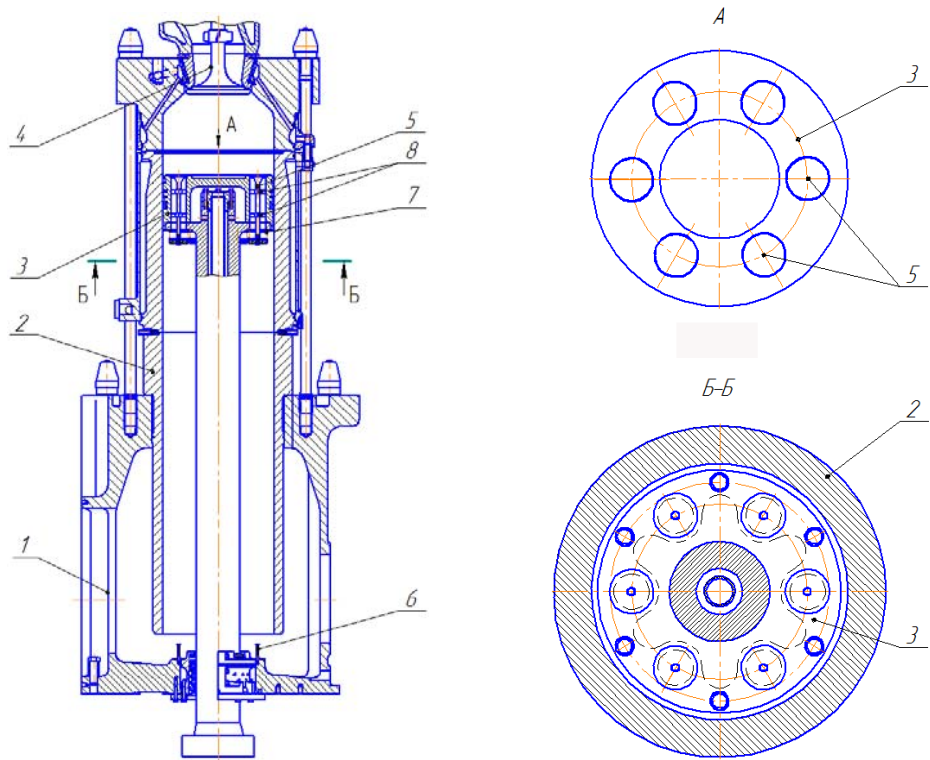


Рисунок 1. Загальний вигляд прямоточно-клапанної системи газообміну двотактного дизеля: 1 - ресивер продувного повітря; 2 - циліндрова втулка; 3 – поршень; 4 - випускний клапан; 5 - продувні клапани; 6 – упори; 7 - пружини; 8 - крилатки

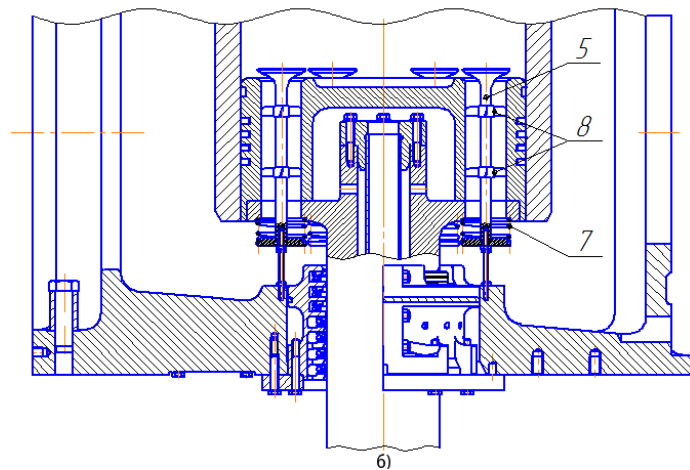
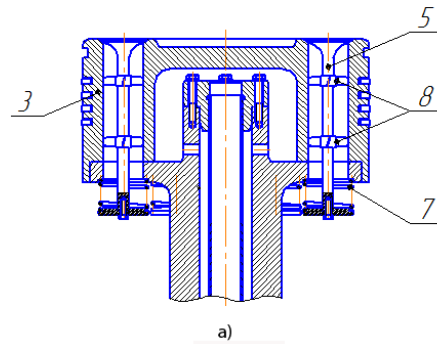


Рисунок 2. Поршень із закритими і відкритими клапанами: а - поршень із закритими клапанами; б - поршень з відкритими клапанами

Продувні клапани 5 відкриваються, коли тиск в циліндровій втулці 2 стає менше тиску повітря, що надходить з ресивера продувного повітря 1, а продувні клапани 5 впираються в упори 6, які долають силу стискання пружин 7. З відкриттям продувних клапанів 5 починається продування і наповнення циліндрової втулки 2 свіжим зарядом повітря. Продування триває аж до закриття продувних клапанів 5 при русі поршня 3 до ВМТ і виходу продувних клапанів 5 з контакту з упорами 6.

**Висновки та рекомендації.** Продування циліндрової втулки через клапани, розташовані у поршні, дозволить відмовитись від продувних вікон у нижній частині втулки, що збільшить робочий об'єм циліндра і потужність двигуна.

Застосування продувних клапанів, що концентрично розташовуються у поршні зменшить теплове навантаження на поршень, забезпечить його рівномірне і інтенсивне охолодження.

Система заснована на механічному приводі впускних клапанів, що вимагає встановлення додаткових упорів.

Запропонована система продування циліндрів може бути адаптована до вже існуючих двотактних двигунів. Для її впровадження, крім встановлення упорів, необхідно замінити циліндрові втулки і поршні.

Застосування запропонованого рішення дозволяє збільшити робочий об'єм циліндра і за рахунок цього підвищити потужність дизельного двигуна, не збільшуючи його розміри і масу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Самсонов В.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. Учебник для высш. учеб. заведений. - 2-е изд., перераб. и доп./ Самсонов В.И., Худов Н.И. М.: Транспорт, 1990. – 368 с.
2. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том.1/ Возницкий И.В.: М. Моркнига, 2008.-282 с.
3. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том 2/ И.В. Возницкий, А.С. Пунда. – М.: Моркнига, 2008. – 470с.

## ЗАСТОСУВАННЯ САМОРЕГУЛЬОВАНИХ ПРОДУВНИХ КЛАПАНІВ В ЦИЛІНДРІ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА

Самарін О. Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** При порівнянні робочих циклів чотири- і двотактних дизелів з однаковими діаметрами циліндрів, ходами поршня, числом циліндрів і частотою обертання видно, що потужність двотактного дизеля значно вище: теоретично, враховуючи збільшення числа робочих циклів, вона повинна бути в 2 рази більше потужності чотиритактного дизеля, в дійсності збільшується приблизно в 1,75...1,85 рази внаслідок втрати частини робочого об'єму циліндра і погіршення очищення циліндра від продуктів згоряння і його наповнення свіжим зарядом повітря [1].

Існуюча система не забезпечує використання всього робочого об'єму внаслідок наявності продувних вікон в нижній частині циліндрової втулки і відсутності насосного ходу, як у чотиритактного двигуна.

**Актуальність досліджень.** Відомо контурну систему газообміну двотактного дизеля, що складається з ресивера продувного повітря, циліндрової втулки з продувними та випускними вікнами і поршня [1]. Недоліком вказаної системи газообміну є те, що потік продувного повітря, який надходить через продувні вікна, і випускні гази, які ним витісняються, у своєму русі описують контур циліндра, що призводить до їх підвищеного перемішування і погіршення очищення циліндра. Особливо якість очищення циліндра погіршується у його верхній частині зі збільшенням висоти циліндра і ходом поршня.

Перемішуванню особливо сприяє інтенсивне надходження повітря в циліндр на початку продувки через створюваний в цей момент великий перепад тисків, необхідний для виключення закидання газів в ресивер на початку продувки.

Істотним недоліком контурної системи газообміну є наявність закидання газів з циліндра в ресивер на початку продувки, коли продувні вікна тільки починають відкриватись. Нерідко це стає причиною пожежі в ресивері.

Оскільки при висхідному русі поршня спочатку закриваються продувні вікна і протягом деякого часу залишаються відкритими випускні, можлива втрата частини свіжого повітря, що заповнило циліндр. При цьому спостерігається більша витрата повітря на продувку, особливо з ростом наддуву і пов'язаної з цим щільності продувного повітря [2].

Також спостерігається несиметричний розподіл температур у втулці циліндра і поршні, а звідси і нерівномірна їх деформація, так як в зоні випускних вікон температура вище, ніж в зоні продувних вікон. З ростом наддуву і необхідністю більш раннього відбору газів на газотурбокомпресор нерівномірність температурного поля посилюється, що призводить до задирів і появи тріщин.

Відомо також прямоточно-клапанну систему газообміну двотактного дизеля, що складається з ресивера продувного повітря, циліндрової втулки з продувними вікнами та випускним клапаном і поршня [3]. Недоліком вказаної системи газообміну є те, що у нижній частині циліндрової втулки розташовано продувні вікна, унаслідок чого втрачається частина робочого об'єму циліндра і потужність двигуна.

Враховуючи масове використання на судах двотактних дизельних двигунів з, проблема підвищення їх потужності без збільшення габаритних розмірів і маси є актуальною.

**Мета та задачі проведення досліджень.** Створити таку прямоточно-клапанну систему газообміну двотактного дизеля, у якій відсутні продувні вікна у нижній частині втулки і робочий об'єму циліндра використовується повністю для отримання максимальної потужності двигуна.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції існуючих систем газообміну двотактних дизелів.

**Рішення поставленої задачі.** Поставлена задача вирішується тим, що на поршні концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух обмежується стопором, а обертальний рух забезпечується крилатками, закріпленими на клапані.

Встановлення на поршні концентрично до його осі не менше двох продувних клапанів з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух обмежується стопором, а обертальний рух забезпечується крилатками, закріпленими на клапані, дозволяє забезпечити продування циліндра через продувні клапани без нарізання продувних вікон на втулці циліндра, що збільшує її робочий об'єм і потужність дизельного двигуна. При цьому крилатки провертають клапан навколо своєї осі, що забезпечує постійне притирання клапана та герметичність його посадки. Крім того, крилатки забезпечують центрування клапана на поршні і разом з упором дозволяють клапану осьове переміщення на задану відстань.

На рис. 1 показано загальний вигляд прямоточно-клапанної системи газообміну двотактного дизеля; на рис. 2 показано поршень із закритими і відкритими клапанами.

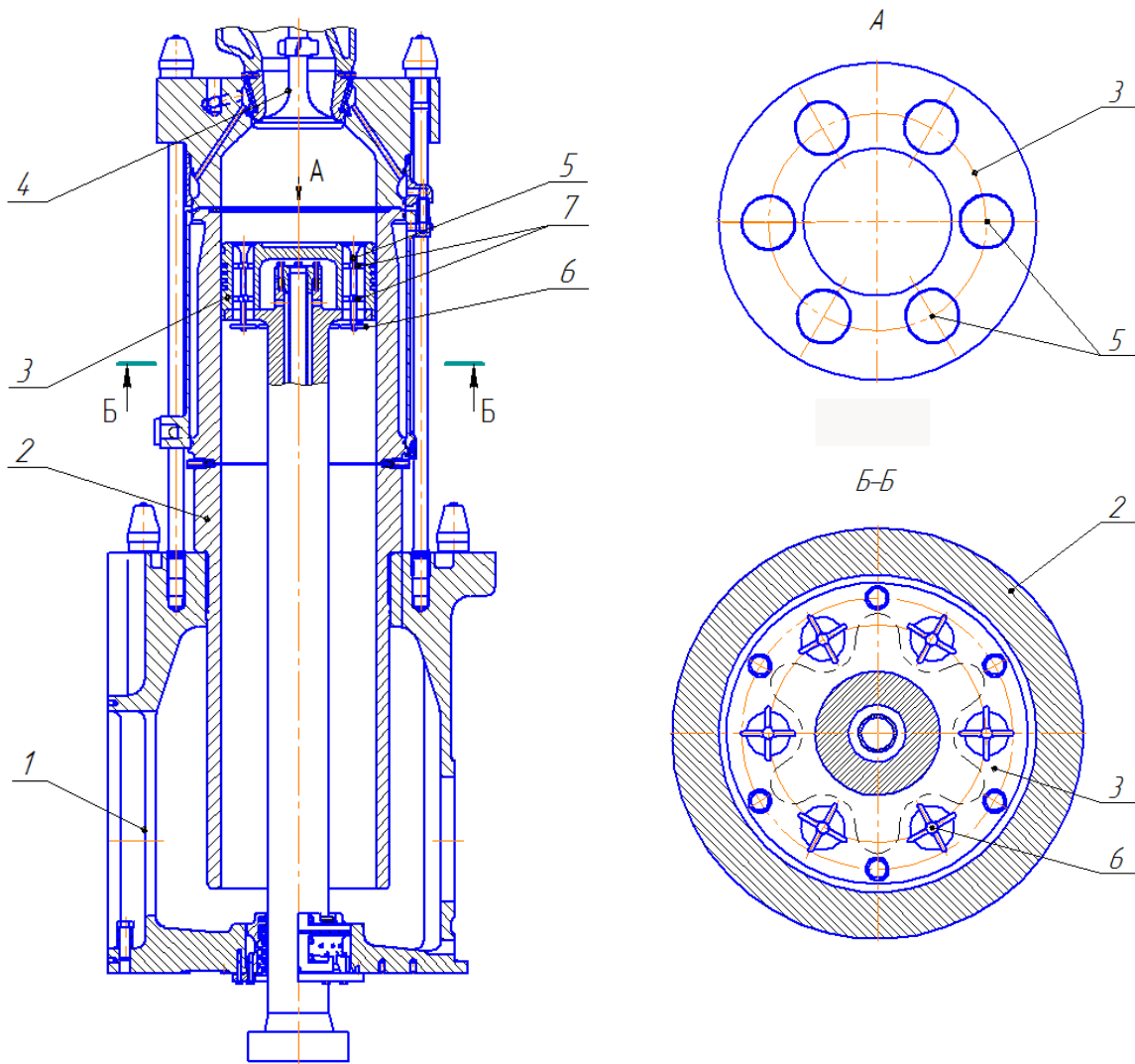


Рисунок 1. Загальний вигляд прямоточно-клапанної системи газообміну двотактного дизеля: 1 – ресивер продувного повітря; 2 – циліндрова втулка; 3 – поршень; 4 – випускний клапан; 5 – продувні клапани; 6 – стопор; 7 – крилатки

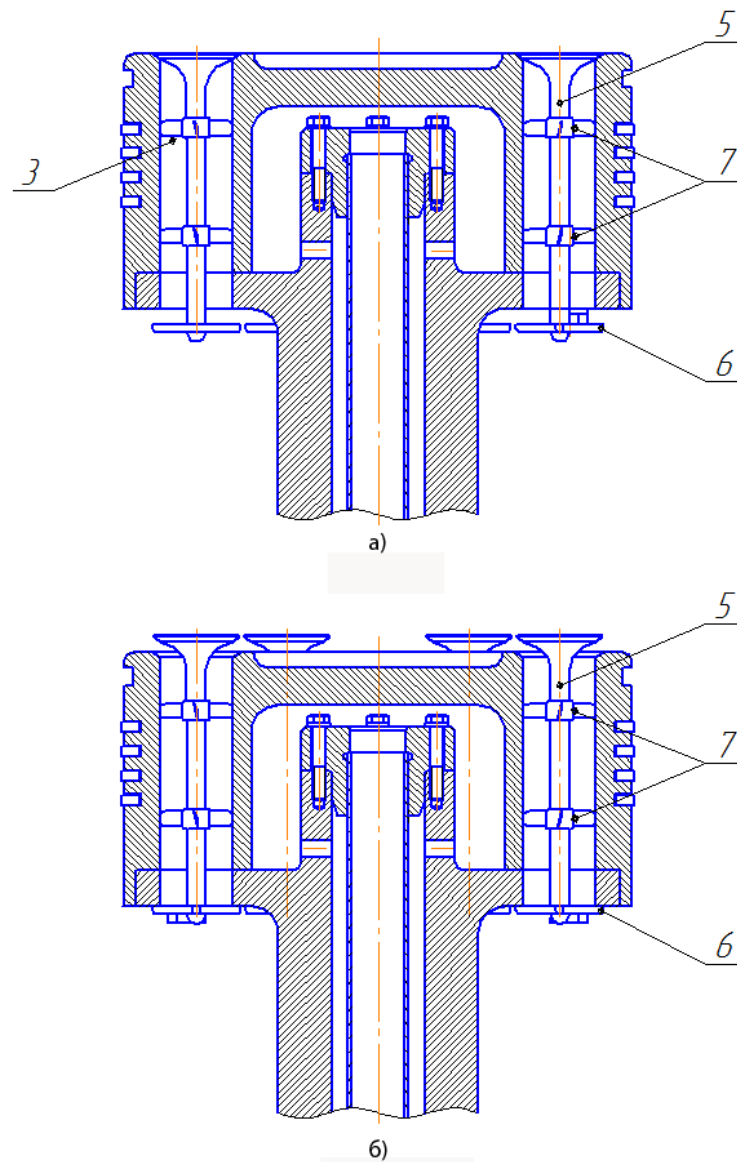


Рисунок 2. Поршень із закритими і відкритими клапанами: а - поршень із закритими клапанами; б - поршень з відкритими клапанами

Прямоточно-клапанна система газообміну двотактного дизеля складається з ресивера продувного повітря 1, циліндрової втулки 2, поршня 3 і випускного клапана 4. На поршні 3 концентрично до його осі встановлено не менше двох продувних клапанів 5 з можливістю осьового та обертального руху, при чому осьовий рух обмежується стопором 6, через який може проходити повітря, а обертальний рух забезпечується двома крилатками 7, закріпленими на клапані.

Прямоточно-клапанна система газообміну двотактного дизеля працює наступним чином.

Перший такт - продування і стиснення. При русі поршня 3 до нижньої мертвої точки (НМТ) відкривається випускний клапан 4 і відпрацьовані гази виходять з циліндрової втулки 2. При цьому тиск відпрацьованих газів падає. Під дією тиску продувного повітря продувні клапани 5 піднімаються до впирання стопорів 6 у поршень 3. При цьому продувне повітря проходить через стопори 6, діє на крилатки 7 і повертає продувні клапани 5 навколо своєї осі. Через відкриті продувні клапани 5 повітря з ресивера продувного повітря 1 надходить в циліндрову втулку 2.

Такт починається рухом поршня від НМТ до верхньої мертвої точки (ВМТ). На початку цього ходу поршня 3 триває продування через продувні клапани 5 і випуск продуктів згоряння через випускний клапани 4. Кінець продування і зарядки циліндра повітрям визначається моментом закриття продувних клапанів 5 під дією зростаючого тиску свіжого повітря у циліндрі і сили тяжіння та закриття випускного клапану 4. Після закриття органів газообміну починається процес стиснення, який закінчується з приходом поршня у ВМТ. В кінці стиснення в циліндрі зростають тиск і температура.

Другий такт - згоряння, розширення, випуск і продування - відповідає ходу поршня від ВМТ до НМТ. До приходу поршня 3 у ВМТ відбувається вприскування палива в циліндр, яке самозаймається і згорає. Здійснюється процес розширення газів і під дією тиску газів поршень 3 рухається до НМТ (робочий хід). У момент відкриття випускного клапана 4 починається випуск продуктів згоряння з циліндра. При цьому тиск в циліндрі різко падає.

Продувні клапани 5 відкриваються, коли тиск в циліндровій втулці 2 стає менше тиску повітря, що надходить з ресивера продувного повітря 1. З відкриттям продувних клапанів 5 починається продування і наповнення циліндрової втулки 2 свіжим зарядом повітря. Продування триває аж до закриття продувних клапанів 5 при русі поршня 3 до ВМТ.

**Висновки та рекомендації.** Продування циліндрової втулки через клапани, розташовані у поршні, дозволить відмовитись від продувних вікон у нижній частині втулки, що збільшить робочий об'єм циліндра і потужність двигуна.

Застосування продувних клапанів, що концентрично розташовуються у поршні зменшить теплове навантаження на поршень, забезпечить його рівномірне і інтенсивне охолодження.

Система заснована на саморегулюванні роботи клапанів, що не вимагає встановлення додаткових приводних механізмів і зменшує його складність.

Запропонована система продування циліндрів може бути адаптована до вже існуючих двотактних двигунів. Для її впровадження необхідно замінити циліндрові втулки і поршні.

Застосування запропонованого рішення дозволяє збільшити робочий об'єм циліндра і за рахунок цього підвищити потужність дизельного двигуна, не збільшуючи його розміри і масу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Самсонов В.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. Учебник для высш. учеб. заведений. - 2-е изд., перераб. и доп./ Самсонов В.И., Худов Н.И. М.: Транспорт, 1990. – 368 с.
2. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том.1/ Возницкий И.В.: М. Моркнига, 2008.-282 с.
3. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том 2/ И.В. Возницкий, А.С. Пунда. – М.: Моркнига, 2008. – 470с.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОДУВКИ ДВОТАКТНОГО БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З СИСТЕМОЮ ПРОДУВКИ ЦИЛІНДРА ЧИСТИМ ПОВІТРЯМ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Слинько Г.І., Полуведько С.Ю., Сухонос Р.Ф., Слинько В.В.  
Національний університет «Запорізька політехніка» (Україна)

**Вступ.** Головною тенденцією сучасного двигунобудування є зростання ефективності та економічності, покращення екологічних якостей двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Сучасні вимоги до екологічних норм викидів ДВЗ стають все більш жорсткими, і розповсюджуються не лише на автомобільний транспорт, а також на двигуни іншого призначення. У зв'язку з цим постало питання про доцільність застосування 2-тактних двигунів, відпрацьовані гази яких мають у своєму складі значно більше токсичних речовин у порівнянні з 4-тактними. Але відмовитись від них виявилось неможливо зважаючи на значні переваги за показниками літрової потужності; ці двигун більш компактні і легкі, і в той же час потужніші [1]. Для вирішення зазначеної проблеми розроблено проект двигуна 1Д2К з системою продувки циліндрів чистим повітрям, який може бути встановлено на колісний транспорт невеликої потужності, підвісні човнові мотори, мотор-весло, а також бензопили та інший мотоінструмент.

**Актуальність дослідження.** У зв'язку із широкою сферою використання двотактних ДВЗ малої та середньої потужності досить гостро постала проблема підвищення їх ефективних показників, економічних та екологічних характеристик. Цього можна досягти за рахунок змін у схемі газообміну. Використання систем продувки чистим повітрям дозволяє створити двотактний двигун з двоконтурною продувкою з покращенням його показників. Тому тема дослідження є актуальною.

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної роботи є покращення робочого процесу та поліпшення техніко-економічних показників двотактного карбюраторного ДВЗ шляхом очистки циліндра чистим повітрям.

Для досягнення мети, вирішувався ряд завдань:

- критичний аналіз існуючих конструкцій двотактних двигунів, визначення їх переваг та недоліків, встановлення напрямку досліджень;
- дослідження процесу роботи двотактного карбюраторного двигуна з продувкою циліндрів чистим повітрям;
- тепловий та динамічний розрахунок обраного прототипу та модернізованого двигуна 1Д2К в програмі DVS2 (розробка кафедри ДВЗ НУ «Запорізька політехніка»);
- моделювання робочого процесу двигуна в програмі ДИЗЕЛЬ-РК.

**Результати досліджень.** Система продувки циліндрів чистим повітрям використана для модернізації 2-тактних двигунів малої потужності, які мають контурну систему продувки циліндра. Її принцип заснований тому, що для очистки циліндра від відпрацьованих газів використовується чисте повітря, а не паливо-повітряна суміш, як у базових двотактних двигунів [2,3]. Для реалізації даного принципу застосовується додатковий канал, через який в камеру згорання подається чисте повітря. Канал для подачі чистого повітря реалізований таким чином, що його частина проходить через юбку поршня й з'єднується з перепускним каналом двигуна (рис. 1). В перепускний канал подається порція чистого повітря, яка служить демпфером між паливоповітряною сумішшю в кривошипній камері двигуна та відпрацьованими газами в циліндрі. Поршень виступає дозуючим пристроєм, регулюючи кількість чистого повітря залежно від обертів двигуна.

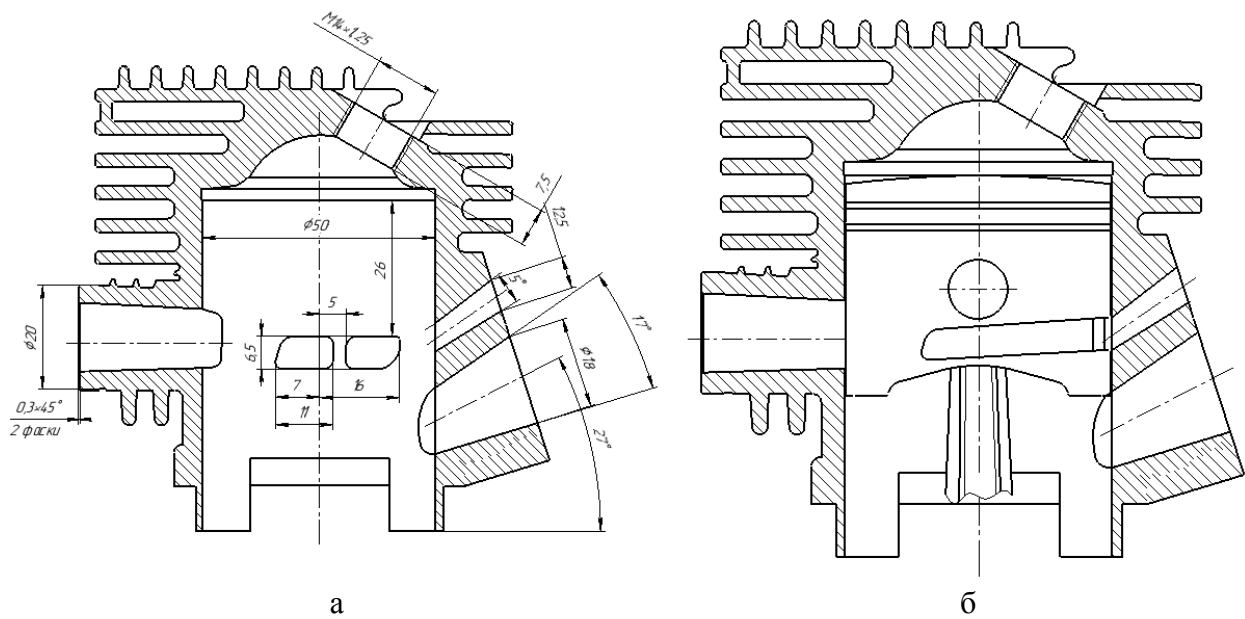


Рисунок 1. Продольний переріз циліндру:

а – продольний переріз циліндру; б – циліндр з поршнем, у якому присутній канал для пропуску чистого повітря.

Оскільки схема продувки чистим повітрям суттєво відрізняється від базової (контурної) продувки, вирішено задачу побудови схеми газообміну модернізованого двигуна 1Д2К з продувкою чистим повітрям. Для цього розраховуємо корисну площу поперечного перерізу вікон в циліндрі двигуна в певний момент часу, залежно від кута повороту колінчастого валу (ПКВ). Для побудови відповідних графіків використовуємо графічний метод розрахунку. Корисна площа перерізу вікон представлена у відсотках для більш зручного порівняльного аналізу (рис. 2).

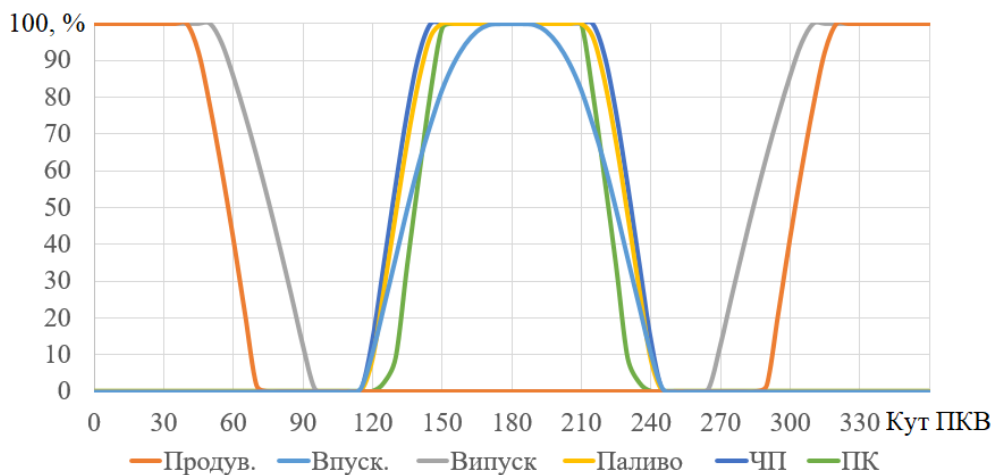


Рисунок 2. Моменти відкриття продувальних вікон модернізованого двигуна

На рисунку червоною лінією позначена характеристика для впускного вікна базового двигуна. Порівнюючи її з характеристиками для подачі робочої суміші (Паливо), перепускним каналом (ПК) та каналом чистого повітря (ЧП) видно, що час, коли вікна перепускних каналів повністю відкриті, більш тривалий. Це пов'язано з тим, що розмір окремо кожного вікна менший, але сумарна їх площа є дещо більшою у порівнянні з впускним вікном базового двигуна. Тому і об'єм газів, що надходять, більший, – для компенсації збільшення об'єму кривошипної камери через наявність додаткових каналів.

Для оцінки ефективності продувки необхідно враховувати кількість продуктів

згорання та кількість свіжого заряду, що надходить в циліндр. Для проведення подібних розрахунків зручно представляти залежність корисної площі прохідного перерізу вікон у  $\text{мм}^2$  залежно від кута повороту колінчатого валу (рис. 3).

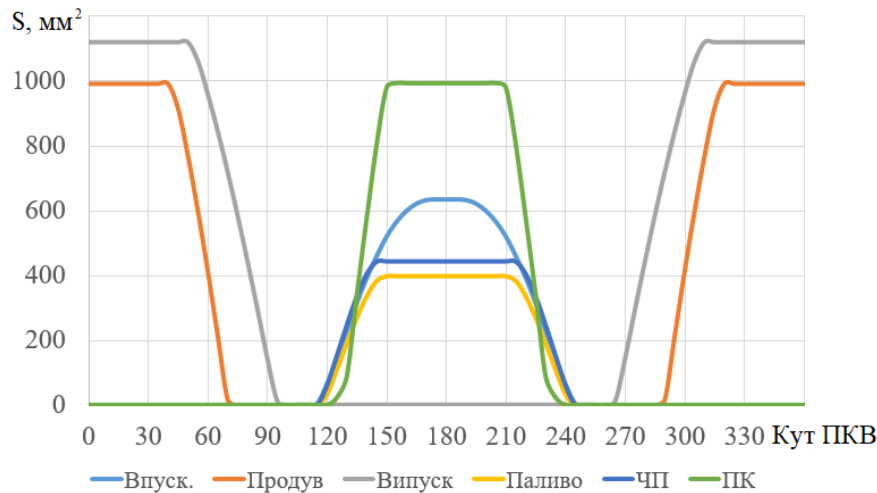


Рисунок 3. Площа вікон залежно від кута ПКВ

Продувальні вікна (Продув.) та випускне вікно (Випуск.) мають однакові характеристики як для базового, так і модернізованого двигуна. Це остаточно доводить те, що зростання техніко-економічних та екологічних показників досягається лише за рахунок ефективності роботи системи продувки чистим повітрям, що в черговий раз доводить доцільність її застосування.

#### Висновки:

1. Виконано порівняльний аналіз існуючих конструкцій 2-тактних двигунів, а також найбільш поширених схем продувки, які застосовуються в двотактних двигунах. Підтверджено актуальність дослідження схеми продувки чистим повітрям в двотактних ДВЗ малої та середньої потужності.

2. Досліджено особливості роботи двотактного карбюраторного двигуна з продувкою чистим повітрям та можливі схеми реалізації продувки.

3. Розроблено алгоритм розрахунку перерізу вікон залежно від ПКВ для двигунів з системою продувки чистим повітрям, та проведено оцінку роботи таких систем.

4. Виконано тепловий та динамічний розрахунок базового двигуна та модернізованого двигуна 1Д2К з системою очистки циліндра чистим повітрям. Побудовано індикаторні діаграми цих двигунів. Визначено енергетичні та економічні показники. Тиск в циліндрі збільшився з 4,3 МПа до 4,8 МПа (на 11 %), підвищились індикаторні показники на 7 %, потужність двигуна збільшилась з 3,6 кВт до 4,2 кВт (на 17 %) при тому ж робочому об'ємі двигуна, крутний момент двигуна підвищився з 3,92 Н·м до 4,53 Н·м (на 15 %). Економія палива модернізованого двигуна складає 6 % на номінальному режимі.

Робота за даною темою продовжується.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дяченко, В.Г. Двигуни внутрішнього згорання: Теорія. / За ред. А.П. Марченка. – Харків: НТУ ХП, 2008. – 488 с.

2. Пат. WO 00/43650. Two-stroke internal combustion engine [Електронний ресурс] / L. Andersson, G. Dahlberg, B. Jonsson, H. Ström. – заявл. 19.01.1999; опубл. 27.07.2000. – 25 р. – Режим доступу: <https://patents.google.com/patent/WO2000043650A1/>

3 Пат. US 5,425,346. Performance improvement design for two-stroke engines [Електронний ресурс] / N. S. Mavinahally. – заявл. 14.09.1993; опубл. 20.06.1995. – 15 р. – Режим доступу: <https://patents.google.com/patent/US5425346A/>

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ РЕГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГТУ ДЛЯ МОРСЬКОГО І НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Соломонюк Д.М.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

**Вступ.** Завдяки високій агрегатній потужності, малим масо-габаритним показникам, високій маневреності, простоті конструкції, ремонту та обслуговування газотурбінні установки (ГТУ) отримали широке розповсюдження у різних галузях енергетики та транспорту. Зокрема в суднобудуванні ГТУ знайшли використання на швидкохідних морських суднах, плавучих електростанціях та видобувних платформах, а також на кораблях військово-морських сил, а у галузі транспортування газу ГТУ є основним приводом газоперекачувальних компресорів [1, 2].

**Актуальність досліджень.** На сьогоднішній день більша частина ГТУ, що знаходяться в експлуатації, вичерпала свій ресурс, фізично й морально застаріла. Їх поточний стан потребує вживання негайних заходів, спрямованих на підвищення надійності й ефективності роботи [2]. Заміна всіх застарілих газотурбінних установок ГТУ нового покоління вимагає великих фінансових вкладень. Так у [3] було показано, що вартість модернізації існуючих газотурбінних установок газотранспортної мережі у 5–8 разів менша ніж затрати на їх заміну. Виходячи з цього модернізацію парка ГТУ можливо проводити у два етапи. Перший модернізація ГТУ з одночасним підвищенням їх економічності за рахунок заміни окремих вузлів і встановлення нового вискоефективного обладнання, у тому числі і теплообмінників-регенераторів. Другий – заміна застарілих агрегатів новими вискоефективними установками, у тому числі і складних циклів.

**Постановка задачі.** Оскільки одним із можливих шляхів модернізації застарілих ГТУ є заміна елементів, що відпрацювали свій ресурс, і встановлення додаткового енергозберігаючого обладнання, необхідно оцінити перспективи вдосконалення існуючих газотурбінних установок за рахунок використання регенерації теплоти і визначити конструктивний тип, особливості проектування та перспективи зменшення маси регенераторів, призначених для модернізації ГТУ для морського і наземного використання.

**Результати досліджень.** Отриманий на сьогодні досвід модернізації газотурбінних установок показав перспективність використання регенерації теплоти як у газотранспортній мережі, так і на морському транспорті. Конструктивні рішення, що були прийняті при модернізації встановлених на газокompресорних станціях агрегатах ГТК-10-4, дозволяють за рахунок заміни окремих вузлів поліпшити їх характеристики і подовжити їх ресурс до 150–180 тис. годин, а встановлення нових вискоекономічних регенераторів приводить до збільшення ККД у 1,4 – 1,5 разу [2].

Є також приклади модернізації морських установок. В Росії у 2011 р. ВАТ "Пролетарський завод" виконало роботи з модернізації суднового ГТД для приводу синхронного генератора потужністю 1,25 МВт. ГТД був дообладнаний регенератором, що підвищило його ККД з 20,4 % до 28,3 % (тобто у 1,39 разу) [4].

Однією з вимог, що пред'являються до перспективних приводних ГТУ, є загальний ресурс 120–150 тис. годин (40–50 тис. годин до капітального ремонту). Строк служби регенератора повинен складати не менше 20 років, ресурс роботи – не менше 100–120 тис. годин, кількість циклів (пуск/зупинка) – не менше 1000. Регенератор повинен мати низькі втрати тиску у трактах, високу надійність, стійкість до термоциклічних навантажень, які виникають під час експлуатації, і мінімальні втрати стисненого повітря внаслідок протікань (до 0,1–0,2 %), його конструкція повинна дозволяти виконувати ремонтні роботи на об'єкті [2, 5].

В регенеративних ГТУ використовують теплообмінники з трубчастими або пластинчастими теплообмінними матрицями. Питома маса останніх в 1,8–2,5 рази менша ніж трубчастих. Проте досвід експлуатації показав, що трубчасті регенератори менш чутливі до термічних навантажень, що виникають у процесах пуску, зупинки та перехідних режимів роботи ГТУ, здатні забезпечити надійну роботу при високих температурах і тисках робочих середовищ. Важливою проблемою, пов'язаною з використанням пластинчастих регенераторів, є компенсація напружень, що виникають внаслідок нерівномірного прогріву пластин та внутрішнього тиску. Наприклад, при експлуатації регенеративних газотурбінних установок ГТК-10-4 Невського заводу (НЗЛ) їх теплообмінна матриця внаслідок термоциклічних навантажень втрачала герметичність, з'являлись протікання повітря, які приблизно через 40 тис. годин напрацювання перевищували 10 % від загальної витрати. Потужність ГТУ при цьому знижувалась на 30–50 %, ККД – з 28 % до 20–21 %. Повністю усунути протікання шляхом заварювання тріщин не вдавалось: через 1000–1500 годин втрати робочого тіла повертались на попередній рівень [3, 6, 7].

За результатами експлуатації регенеративних ГТУ встановлено, що ресурс трубчастих регенераторів у 2–3 рази вищий ніж у пластинчастих. Так ресурс пластинчастих регенераторів виробництва НЗЛ склав 35–45 тис. годин, а ресурс трубчастих регенераторів "ЗіО"–"Подольск" досягає 120 тис. годин [6, 7]. Виходячи з цього основним напрямком розвитку регенерації тепла газотурбінних установок стає вдосконалення трубчастих регенераторів та зменшення їх масо-габаритних характеристик.

Як було зазначено, при модернізації газоперекачувальних агрегатів їх ресурс подовжується до 150–180 тис. годин, тобто на 50–60 тис. годин. У даному випадку при встановленні нового регенератора буде доцільним проектувати його не на ресурс 100 тис. годин, а на ресурс 50 тис. годин. В зв'язку з цим було розглянуто, як зменшення призначеного ресурсу впливає на масові показники регенераторів.

Розрахунки виконані для трубчастого регенератора розробки ДП НВКГ "Зоря"–"Машпроект" [8]. Потужність установки 10 МВт, параметри теплоносіїв: температура гарячого теплоносія  $t_r = 460$  °С, холодного  $t_x = 175$  °С, тиск гарячого теплоносія  $P_r = 0,11$  МПа, холодного  $P_x = 0,4$  МПа. Виходячи із теплового розрахунку максимальна температура труб теплообмінної матриці – 430 °С. За [9] допустима напруга при ресурсі 100 тис. годин буде  $\sigma_{\text{доп}} = 57,3$  МПа, а мінімальна товщина труб –  $\delta_{\text{min}} = 1$  мм при зовнішньому діаметрі труб до 30 мм. За результатами розрахунку загальна маса регенератора склала 89 т, з якої 60 т приходилось на теплообмінну матрицю (67,4 % від загальної маси), а 29 т (32,6 %) – на корпусні конструкції з ізоляцією, циліндричні колектори, по яким теплоносії розподіляються по трубках теплообмінної матриці і збираються з них, і т. інш.

Зменшення ресурсу до 50 тис. годин привело до зменшення товщин труб і колекторів та відповідного зменшення маси теплообмінної матриці регенератора до 55 т (на 8,3 %), а маси самого регенератора до 83 т (на 6,7 %).

**Висновки.** Використання регенерації теплоти є перспективним при модернізації газотурбінних установок для морського і наземного використання. При цьому можна досягти збільшення їх ККД у 1,5 разу. Виходячи із умов забезпечення надійності і довговічності установок рекомендується використовувати трубчасті регенератори. Величину ресурсу регенератора для модернізації ГТУ доцільно призначати рівною величині подовження ресурсу установки (50–60 тис. годин). Для ГТУ потужністю 10 МВт зменшення призначеного ресурсу регенератора з 100 тис. годин до 50 тис. годин приведе до зменшення його маси на 6,7 %.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Николаевские газотурбинные двигатели и установки. [Текст] / Под. ред. В.И.Романова. – ГП НПКГ "Зоря"-«Машпроект», ЦентрНИОКР "Машпроект". – Николаев : Юг-Информ, 2005. –304 с.
2. Халатов А.А. Состояние и проблемы развития механического привода для ГТС Украины/ А.А. Халатов, А.А. Долинский, Д.А. Костенко, В.П. Парафейник // Промышленная теплотехника. – 2010. – Том. 32. – №1 – С. 44-53
3. Сударев А. В. Рекуперативные подогреватели для ГПА компрессорных станций: опыт России [Текст] / А. В. Сударев // Промышленная теплотехника. – 2009. –Т.31. – № 4. С. 34–43.
4. Волков А. И. Модернизация судового газотурбинного двигателя для привода синхронного генератора с целью повышения экономичности / А. И. Волков, С. А. Егоров, М. А. Симкин, М. С. Золотогоров, А. Г. Николаев // Газотурбинные технологии. – 2013. – №1-2. – С.12-16.
5. Патон, Б. Концепція (проект) державної науково-технічної програми "Створення промислових газотурбінних двигунів нового покоління для газової промисловості та енергетики" [Текст] / Б. Патон, А. Халатов, Д. Костенко, Б. Білека, Є. Письменний, А. Боцула, В. Парафійник, В. Коняхін // Вісн. НАН України. – 2008. – № 4. – С. 3–9.
6. Виноградов В.В. Опыт внедрения трубчатых регенераторов на КС [Текст] / В.В. Виноградов, А.Н. Торбег, В.Б. Сударев, Е.П. Шевченко// Газовая промышленность. – 2002. – №11. – С. 69 – 71
7. Белоусов В.Д. Трубчатые регенераторы ОАО "ЗиО–Подольск" [Текст] / В. Д. Белоусов, В. Г Даниленко, Н. И. Мишустин, В. П. Рыбаков // Газотурбинные технологии. – 2004. – № 5 (сентябрь). – С. 44-45.
8. Пат. 78601 Україна, МПК F28D 7/06, F28D 7/08, F02C 7/08. Регенератор газотурбінної установки / О.М. Безделова, Д.М. Соломонюк, С.М. Мовчан, В.М. Чобенко, Ю.В. Бочкарьов; заявник та патентовласник ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект», Центр НДДКР «Машпроект» – опубл. 25.03.2013.
9. ОСТ 108.031.08–85. Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность. Общие положения по обоснованию толщины стенки. [Текст] – М. Машиностроение, 1993 – 245 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЕЛЕКТРОВОЗУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Черняк Ю.В., Горобченко О.М., Гатченко В.О., Каращук С.В.  
Державний університет інфраструктури та технологій (Україна)

**Вступ.** Експлуатаційний парк електровозів постійного струму залізниць України використовує застарілу реостатно-контакторну систему управління тяговим електроприводом, що передбачає втрати електричної енергії на пускових реостатах електровоза, внаслідок чого значно знижується коефіцієнт корисної дії електрорухомого складу.

**Актуальність досліджень.** Одним з перспективних напрямків підвищення ефективності використання тягового електрорухомого складу, є зміна системи регулювання напруги тягових двигунів електровозів постійного струму шляхом встановлення системи багатофазного імпульсного регулятора зі змінною частотою комутації та удосконалення засобів управління тяговим приводом.

**Постановка задачі.** При імпульсному регулюванні струм, що протікає через навантаження, а в нашому випадку це тяговий двигун, буде пульсуючий. Як відомо пульсація струму може призвести до погіршення комутації, та колового вогню на колекторі, тому зменшення пульсацій струму в тяговому електроприводі електровоза є актуальна задача. Для досягнення низького коефіцієнту пульсації в коло двигуна необхідно послідовно увімкнути достатньої величини індуктивність. Проте з ростом величини індуктивності, ростуть як масо-габаритні показники так і витрати електричної енергії на електричні втрати та охолодження. Тому постає задача в ефективному аналізі коефіцієнту пульсації в залежності від режиму роботи імпульсного перетворювача. Також очевидно, що на вході перетворювача також буде значна пульсація струму, а як наслідок і пульсація напруги в контактній мережі. Це призведе до впливу імпульсного регулятора на лінії СЦБ та радіозв'язку. Отже на вході також необхідно встановлювати фільтр. Знизити пульсацію струму в контактній мережі, а отже і шкідливі гармоніки напруги можна завдяки тактуванню системи імпульсного регулятора. Тобто зсунути фази управління в паралельних гілках з тяговими двигунами.

**Результати досліджень.** Комутатори при моделюванні зображені у вигляді ідеальних ключів. Дія ключового елемента заснована на тому, що у включеному стані він має дуже малий опір, а у виключеному - нескінченно великий. В результаті аналізу основних технічних параметрів сучасних приладів для моделі електровозу було обрано IGBT-транзистор типу FD500R65KE3-K (Infineon Technologies) [1]. Оскільки транзистор прилад не може комутуватися миттєво в моделі реалізовано затримку спадання колекторного струму. Процес вимкнення розбитий на дві ділянки і характеризується, відповідно, часом спаду, при якому струм колектор-емітер зменшується до 10% від струму в момент вимкнення і часом затягування, при якому струм зменшується до нуля. Таким чином модель IGBT-транзистора може мати два стани: закритий стан та стан провідності. Залежить цей стан від сигналу управління на вході. При розрахунку енергетичних параметрів силового обладнання рухомого складу необхідно враховувати, що в транзисторах показник падіння напруги на транзисторі змінна величина, тому це має бути враховано в моделі. Значні витрати потужності припадають на комутацію транзисторів. В стандартній моделі IGBT в середовищі Matlab Simulink це не враховується, тому доцільно в модель внести зміни, що дозволять розрахувати втрати на

комутацію пристрою, що особливо актуально при розрахунку енергетичних параметрів силового обладнання рухомого складу.

Структурна схема моделі силового ключа зі змінами наведено на рис.1.

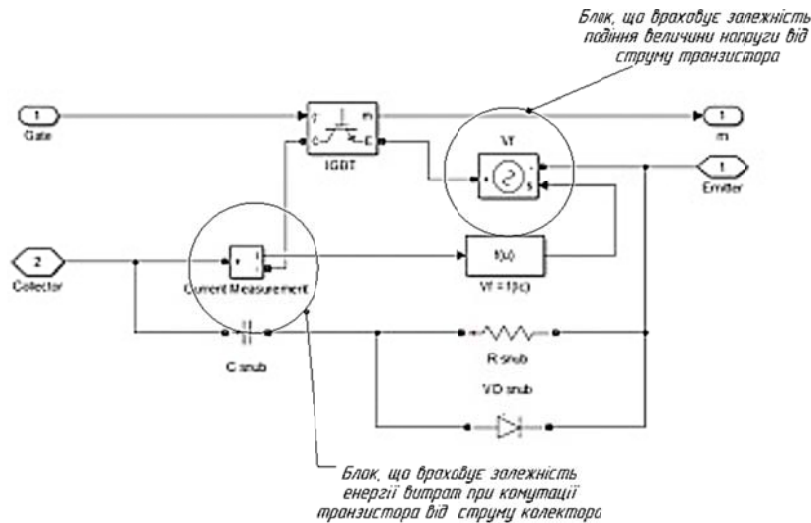


Рисунок 1. Структурна схема моделі силового ключа зі змінами

Стандартний блок формування імпульсного сигналу управління не задовольняє умову вирішуваної задачі. Під час проведення моделювання необхідно коригувати значення як коефіцієнту заповнення так і частоти комутації. Також необхідно реалізувати тактування (зсув) імпульсів управління в паралельних гілках. Розроблений блок формування імпульсів (рис. 2) дозволяє створювати імпульси управління на управляючих електродах транзистора в залежності від заданої частоти модуляції та коефіцієнту заповнення для схеми при послідовно- паралельному з'єднанні тягових електродвигунів (ТЕД).

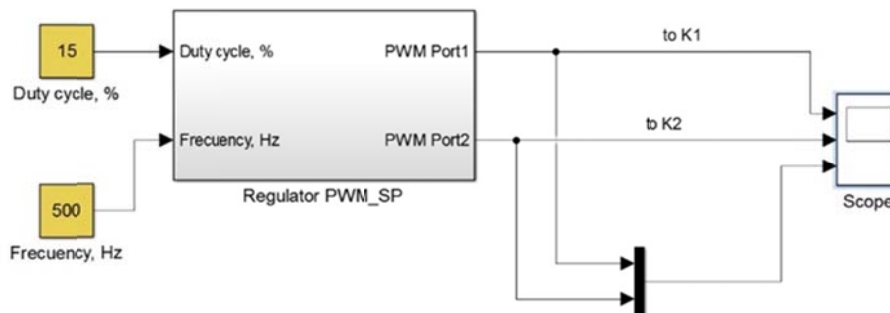


Рисунок 2. Блок формування імпульсів системи управління тяговим електроприводом при послідовно - паралельному з'єднанні ТЕД

**Висновки.** Внесені зміни в модель силового ключа дозволять визначати витрати електричної енергії на комутацію та підвищити точність моделювання системи тягового електроприводу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Technical Information for IGBT-Module FD500R65KE3-K, Infineon. Date of publication: 2014-06-16. Available from: URL: [http://www.infineon.com/dgdl/Infineon-FD500R65KE3\\_K-DS-v03\\_00-en\\_de.pdf?fileId=db3a30432cd42ee3012cea107abc562f](http://www.infineon.com/dgdl/Infineon-FD500R65KE3_K-DS-v03_00-en_de.pdf?fileId=db3a30432cd42ee3012cea107abc562f). – Date of Access: 22 January 2017.



## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК N-СЛОЙНЫХ ГРАФЕНОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА, ПОЛУЧЕННОГО СПЕКАНИЕМ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ В СИСТЕМЕ АЛМАЗ–МЕДЬ

<sup>1</sup>Шульженко А.А., <sup>2</sup>Jaworska L., <sup>1</sup>Гаргин В.Г., <sup>1</sup>Соколов А.Н., <sup>1</sup>Романко Л.А., <sup>1</sup>Луцак Э.Н.,  
<sup>1</sup>Гаращенко В.В., <sup>1</sup>Шульженко А.А., <sup>1</sup>Русинова Н.А.

<sup>1</sup>Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины

<sup>2</sup>The Institute of Advanced Manufacturing Technology (Poland)

Современные прогрессивные алмазные поликристаллические композиционные материалы (АПКМ) имеют огромный потенциал для решения большого количества проблем в различных высокотехнологичных отраслях, в том числе и при использовании их в качестве теплопроводного инструментального или конструкционного материала.

В настоящей работе представлены результаты исследования физических свойств композита, полученного спеканием при высоких давлениях в системе алмаз–медь с добавкой 0,2 % по массе n-слойных графенов.

Выбор n-слоистого графена обусловлен тем, что добавка его в исходную шихту позволяет существенно повысить физико-механические свойства спекаемого в условиях высокого давления и высокой температуры АПКМ, в частности, за счет снижения трения и взаимного заклинивания алмазных частиц при холодном уплотнении алмазного порошка благодаря высоким трибологическим характеристикам n-слоистого графена [1]. Кроме того, n-слоистый графен, как электропроводящая добавка, перспективен в качестве компонента, способного формировать электропроводящие свойства материалов при сохранении других их свойств [2]. Также нами было изучено влияние добавки n-слоистого графена на теплопроводность образцов меди, полученных при высоких давлениях и температуре [3] и показано, что добавка графена к медному порошку позволила на 14–37 % увеличить значение теплопроводности спеченных образцов.

В данной работе в качестве добавки использовали два варианта n-слоистых графенов – Gn(4) (n < 4; размеры: z < 3 нм, x & y > 2 мкм; удельная поверхность более 700 м<sup>2</sup>/г) и N002-PDR (n < 3; размеры: z < 3 нм, x & y < 10 мкм; удельная поверхность 400–800 м<sup>2</sup>/г). Выбор такого типа порошков обусловлен тем, что, хотя теплопроводность графена существенно снижается с ростом числа слоев, тем не менее, например, для четырехслойного графена достаточно высока и составляет 1300 Вт/(м×К) [4]. Следовательно, наличие в шихте n-слоистого графена (n < 4) может способствовать улучшению теплофизических свойств композита. Кроме того, установлено, что такие графены не превращаются в алмаз в условиях высоких давлений и температур даже в присутствии металлов-растворителей углерода и их сплавов [5].

В экспериментах по спеканию использовали микропорошок природного алмаза зернистости 28/20. Указанный микропорошок был исследован методом инфракрасной (ИК) колебательной спектроскопии с использованием комплекса ИК-Фурье спектроскопии Nicolet Instrument Corporation – Nexus (США).

Анализ ИК спектра оптической плотности (поглощения) в зависимости от волнового числа в диапазоне 4000–500 см<sup>-1</sup>, что соответствует длине волн 2,5–20 мкм, показывает, что указанный порошок состоит из кристаллов алмаза типа Ia, содержащих до 0,3 атомных % азота (~3000 ppm) в агрегированных непарамагнитных формах. Они являются наиболее распространенными природными алмазами (более 98 %).

Исходная шихта для спекания представляла собой смесь микропорошков природного алмаза и порошка n-слоистого графена. Смешивание компонентов проводили в соответствии с разработанной оригинальной методикой [6]. Смесь помещали в ячейку высокого давления, для ее пропитки использовали фольгу химически чистой меди толщиной 0,05 мм. Спекание шихты проводили при высоких давлениях на прессовой установке ДО-043, развивающей усилие до 20 МН с использованием аппарата высокого

давления типа «тороид» конструкции ИСМ НАН Украины с диаметром центрального углубления 30 мм при температуре 1450 °С и давлении 7,0 ГПа в соответствии с методикой, обеспечивающей пропитку формирующегося композита медью.

Образцы после механической обработки представляли собой диски высотой 2,0 мм и диаметром 10 мм.

У полученных композитов алмаз–медь с добавкой n-слойных графенов определены плотность и удельное электросопротивление. Плотность образцов измеряли методом гидростатического взвешивания с использованием весов PS210/C/1 фирмы «Radwag» (Польша), оснащенных приспособлением для измерения плотности. Измерения электрического сопротивления полученных образцов композитов с добавкой n-слойных графенов проводили согласно методике, описанной в [2].

Установлено, что плотность образцов АПКМ с добавкой порошка графена Gn(4) выше, чем при использовании добавки графена N002-PDR. Электрофизическими исследованиями показано, что при увеличении и уменьшении прикладываемого напряжения вольт-амперные характеристики практически не отличаются (рис. 1). Это свидетельствует об отсутствии поляризации образцов в электрическом поле.

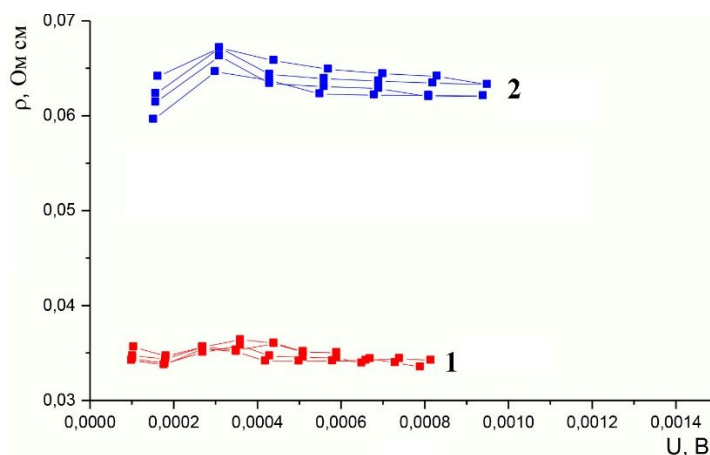


Рисунок 1. Результаты измерения удельного сопротивления образцов композита (1 – с добавкой графена N002-PDR; 2 – графена Gn(4))

Удельное электросопротивление композита с добавкой графена N002-PDR составило 0,035 Ом·см, а в случае добавки графена Gn(4) – 0,064 Ом·см.

Методами дилатометрии и лазерного флэш-анализа изучены температуро- и теплопроводность, удельная теплоемкость образцов и температурные зависимости данных характеристик в диапазоне 20...850 °С<sup>1</sup>. Дилатометрические измерения проводили на дилатометре DIL 402C Netzsch Company. Базовая кривая получена с использованием в качестве стандарта поликристаллического оксида алюминия. Все измерения проводились при скорости нагрева 5 °С/мин в потоке аргона. Измерение температуропроводности проводилось методом лазерной вспышки с использованием прибора LFA 427 Netzsch Company. Для определения значения температуропроводности использовалась расчетная модель «Кейп-Леман + импульсная коррекция». Результаты измерений приведены на рис. 3.

Исследования теплофизических свойств показали, что образцы АПКМ, полученные с использованием порошка графена Gn(4) имеют теплопроводность при T = 20 °С в 1,4 раза выше, чем при использовании в качестве добавки нанографена N002-PDR. Во всех полученных образцах наблюдается увеличение теплопроводности с ростом температуры.

<sup>1</sup> Измерения были выполнены в лаборатории теплофизических исследований в Кракове (Department of Ceramics and Refractories, Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH University of Science and Technology in Krakow, Poland)

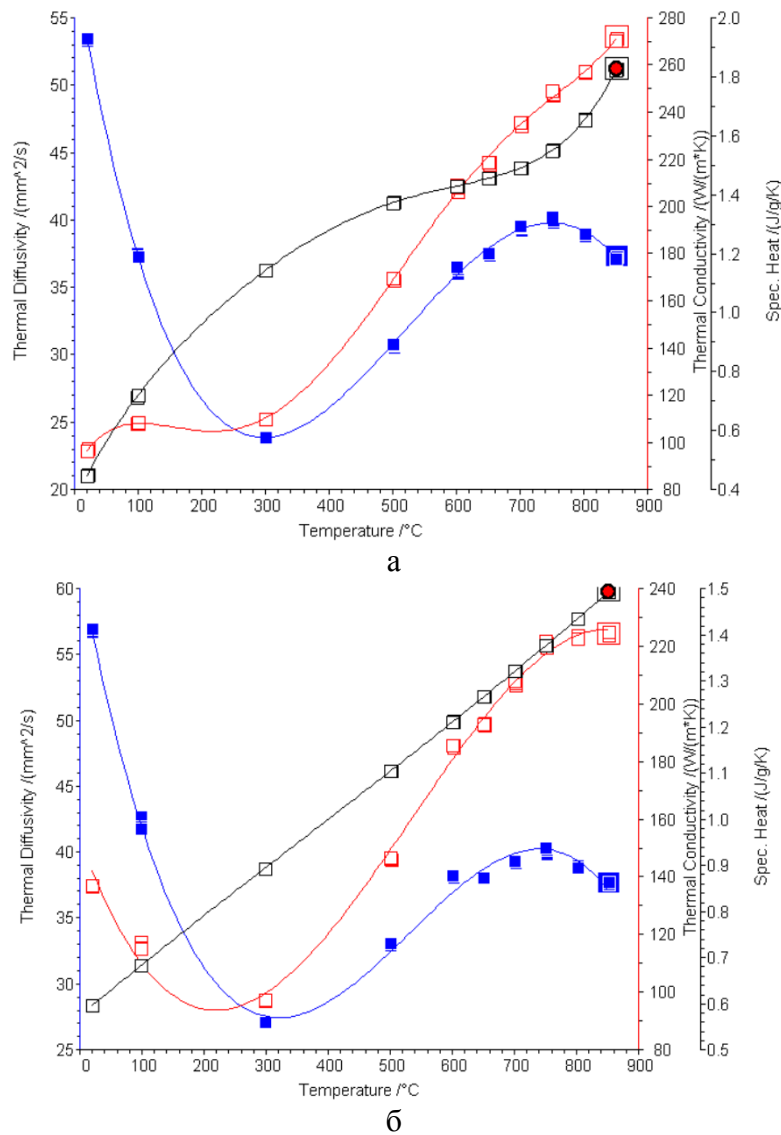


Рисунок 2. Результати вимірювання температуропроводності, удельної теплоємкості і теплопроводності образців АПКМ з додавкою графена: а – N002-PDR; б – Gn(4)

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. A. Shul'zhenko, L. Jaworska, A. N. Sokolov, et al. Novel Wear-Resistant Superhard Diamond Composite Polycrystalline Material // *Journal of Superhard Materials*. – 2018. – V. 40, N 1. – P. 1–7.
2. Shul'zhenko A.A., Jaworska L., Sokolov A.N., et al. Electrically conductive polycrystalline super hard material based on diamond and n-layer graphene's // *Chemistry and chemical technology*. – 2016. – V. 59, N 8. – P. 69–74.
3. A. A. Shul'zhenko, L. Jaworska, A. N. Sokolov, et al. Thermal Conductivity of Copper with the Addition of n- Layer Graphene // *Journal of Superhard Materials*. – 2019. – V. 41, N 4. – P. 283–285.
4. S. Ghosh, W. Bao, D. L. Nika et al. Dimensional crossover of thermal transport in few-layer graphene // *Nature Materials*. – 2010. – 9. – N 7. – P. 555–558.
5. Shul'zhenko A. A., Jaworska L., Sokolov A. N., et al. Phase transformations of n-layer graphenes into diamond at high pressures and temperatures // *Journal of Superhard Materials*. – 2017. – 39. – N 2. – P. 75–82.
6. Shul'zhenko A. A., Jaworska L., Gargin V. G., et al. Dry mixing of diamond and n-layered graphene powders substantially different in density and particle size // *High Pressure Research*. – 2018. – 38. – 1. – P. 53–61.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТАПЕЛЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПОНТОНІВ КОМПОЗИТНИХ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ

Щедролосєв О.В., Узлов О.М., Кириченко К.В.  
Херсонська філія Національного університету кораблебудування  
імені адмірала Макарова (Україна)

**Вступ.** Незважаючи на складний устрій і високу експлуатаційну вартість, плавучі доки є одним з основних засобів для ремонту, спуску, підйому та утилізації суден. Останнім часом великим попитом користуються композитні доки, виготовлені частково із залізобетонних, а частково з металевих конструкцій. Проведені дослідження та конструкторські розробки в частині забезпечення оптимальної роботи залізобетонних елементів корпусу, виходячи з умов міцності на вигин та кручення, водонепроникності і герметичності, дозволили вперше в світовій практиці докобудування отримати необхідні комбінації тонкостінних елементів конструкцій залізобетонного понтону з мінімальним використанням сталі, що дозволило скоротити кількість арматури майже в 3 рази. Це забезпечило створення економічної і унікальної конструкції дока з мінімальною вагою корпусу, осадкою і висотою борта і дозволило значно поліпшити його експлуатаційні характеристики, оскільки така конструкція залізобетонного понтону міцніше і дає можливість вільніше розмістити кильблоки, клітки і техніку на стапель-палубі при ремонті суден [1].

**Актуальність досліджень.** Основним напрямком для досягнення конкурентоспроможної продукції докобудівних підприємств є впровадження інноваційних рішень, які спрямовані на модернізацію, вдосконалення підготовки, організації та управління виробництвом, скорочення тривалості будівництва, зниження собівартості та підвищення якості продукції, мінімізація використання всіх видів ресурсів і витрат, використання нових технологій [2].

**Постановка задачі.** Для економії матеріалів та зниження трудомісткості при побудові залізобетонного понтону композитного плавучого доку необхідно розробити конструкції стапелю, яка дасть змогу для опалубки застосовувати інвентарні каркасні металеві щити, які не вимагають ремонту після розпалубки.

**Результати досліджень.** Стапель для спорудження залізобетонних понтонів містить опорні кильблоки, які встановлені на опорній поверхні (рис. 1 а). Металеві жорсткі каркасні щити пов'язані з кильблоками шарнірами і упорами (рис. 1 б). На верхній частині кожного кильблока встановлена подушка (рис. 1 в) [3]. Опущені щити по черзі піднімаються до горизонтального положення і фіксуються упорами. Потім підганяються і встановлюються подушки, між якими не слід допускати утворення щілин, в які могло б потрапити цементне "молоко" при бетонуванні плити днища.

Розмітка на стапелі наноситься один раз і при подальших закладках тільки підновляється в окремих місцях. Встановлюються арматурні сітки і бетонується плита днища. Розпалубка розпочинається з ряду, який розташовується з краю, шляхом прибирання упору і вичавлення щита за допомогою гвинтових штовхальників. Щит відривається від плити і обертається навколо шарніра, повисаючи на ньому. Уся конструкція корпусу, що будується, залишається лежати на подушці для побудови залізобетонних понтонів.

Наведений пристрій дозволяє забезпечити зниження трудомісткості при установці опалубки днища і подальшій розпалубці, а також дозволяє полегшити умови праці, скоротити транспортні операції по перевезенню великогабаритних щитів з одночасною значною економією матеріалів, завдяки тому, що для опалубки застосовуються інвентарні каркасні металеві щити, які не вимагають ремонту після розпалубки (тобто можливе багатократне використання щитів).

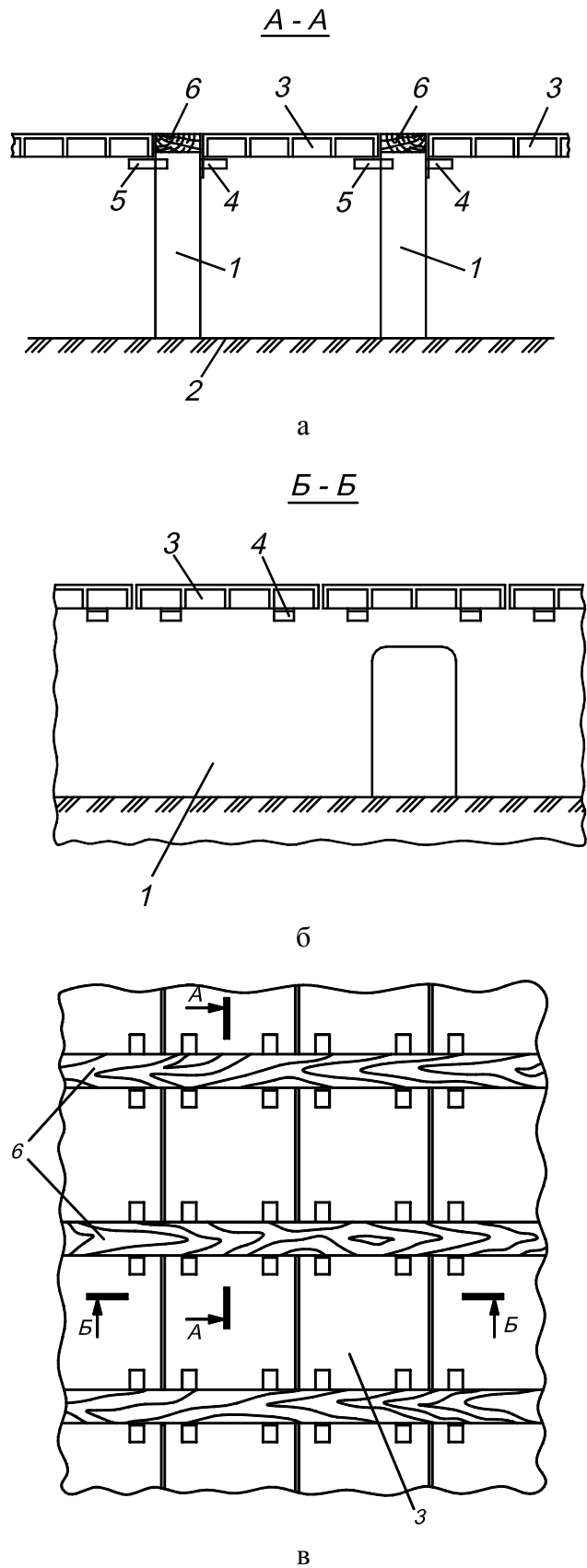


Рисунок 1. Ділянка стапеля: а – розріз А-А, б – розріз Б-Б, в – вигляд зверху, 1 – опорні кільблки, 2 – опорна поверхня, 3 – каркасні щити, 4 – шарніри, 5 – упори, 6 – подушка

Завдяки тому, що каркасні щити прикріплюються до опорних кільблоків шарнірами і упорами, забезпечується точне встановлення опалубки в робоче положення і її розпалубка з найменшими витратами ручної важкої праці [4].

**Висновки.** Удосконалено конструктивно-технологічні схеми ділянки стапеля для побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків. Представлена конструкція стапеля, дає змогу зменшити матеріалоемність та знизити трудомісткість побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків, що значно підвищує конкурентоспроможність докобудівного виробництва.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Щедролосев А.В., Кириченко К.В. Анализ состояния строительства плавучих доков. *Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri*: – Баку.: АГМА, 2018. Вып.1 - С. 48-58.
2. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков: монография / А. С. Рашковский [и др.] ; науч. ред. А. С. Рашковский. – Николаев.: НУК, 2008. - 614 с.
3. Пат. 113891 Україна, МПК В63В 9/00 В63С 5/00. Стапель для спорудження залізобетонних суден / Щедролосев О.В., Узлов О.М., Кириченко К.В.; заявник та патентовласник Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова. – № u 2016 05644 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. №1. – 4 с
4. Kyrychenko K., Yahlytskyi Yu., Shchedrolosiev O. Methods of improvement of the design and construction technology of composite docks. «Shipbuilding and marine infrastructure». – Миколаїв.: НУК, 2019. – С. 36-47.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ПЛАВУЧОГО БУДИНКУ

Щедролосєв О.В., Терлич С.В., Коновалова Г.В., Щедролосєв М.О.  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

**Вступ.** Плавучі будинки, дачі, «хаус-боути» – відносно новий напрямок у сучасному суднобудуванні. Проте ці об'єкти швидко та надійно завоювали стійку позицію у рейтингах продаж та симпатії у прихильників водного туризму. Плавучі будинки використовують в основному для відпочинку у закритих водоймищах, на річках та у прибережних морських затоках. Нерідко плавучі дачі використовують для проведення гідротехнічних, науково-дослідних та інших робіт за рахунок їх достатньої міцності, остійності та надійності експлуатації [1, 2].

**Актуальність дослідження.** В Україні цікавість до плавучих будинків виник нещодавно, що у значному ступені пов'язано із цінами на житло [3]. Для плавучого будинку немає необхідності вирішувати питання кадастру та відповідні санітарно-битові умови.

**Аналіз останніх публікацій за тематикою дослідження.** У статті авторами прийнято до уваги типоряд плавучих будинків, запропонованих у дослідженні [3] (рисунок 1), які за морехідними якостями відповідають вимогам Регістру судноплавства України [4].



Рисунок 1. Проект дому на воді типу «С-Туре»

В той же час, на відміну від базових проектів, які мають самопідймальну основу, запропоновано універсальний самохідний понтон тримаранного типу. Конструктивну схему понтону та його 3D модель наведено на рисунку 2.

**Переваги плавучого будинку.** Плавучий будинок за рівнем комфорту може бути порівняний із наземним житлом, а для яхти чи катера навіть перевищувати цей рівень. Він може будь-який час базуватися в конкретній точці, але при бажанні може бути переміщений у будь-яке місце. За своїми характеристиками плавучий будинок не підлягає нагляду класифікаційних товариств, а лише вимогам Державного нагляду судноплавства. Будинок може бути складеним із будь-яких доступних матеріалів. Плавучий будинок не

реєструється як нерухомість. Плаваючий будинок має можливість підійти до будь-якого узбережжя завдяки малій осадці.

**Недоліки плаваючого будинку.** Необхідність постійного контролю технічного стану корпусу, забезпеченню плавучості, остійності, непотоплюваності. Практично повна відсутність в Україні юридичної бази щодо плаваючих будинків. Складність життєзабезпечення при низьких температурах. Підвищена вологість, шум, вібрація. При необхідності ремонту на судноремонтному підприємстві – організаційні проблеми та пошук тимчасового житла.

**Виділення раніше недосліджених питань.** У якості рушіїв доцільно використовувати підвісні мотори, як дешевий та доступний варіант, що не потребує забезпечення непроникності дейдвудної труби для лінії вала, а підвісні двигуни максимально доступні для обслуговування та ремонту.

Виконано попередню оцінку ходовості плаваючого будинку. Основним завданням при визначенні ходових характеристик є оцінка опору руху. Складність пов'язана із наявністю повздовжніх труб – корпусів тримарану, між якими виникає інтерференція хвильових систем (цей ефект має місце при швидкостях більше 4 вузлів). Також на опір впливають поперечні труби. Вони спричиняють хвильовий опір та опір форми.

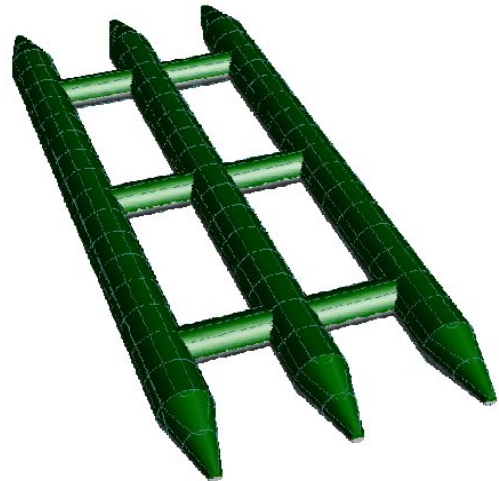
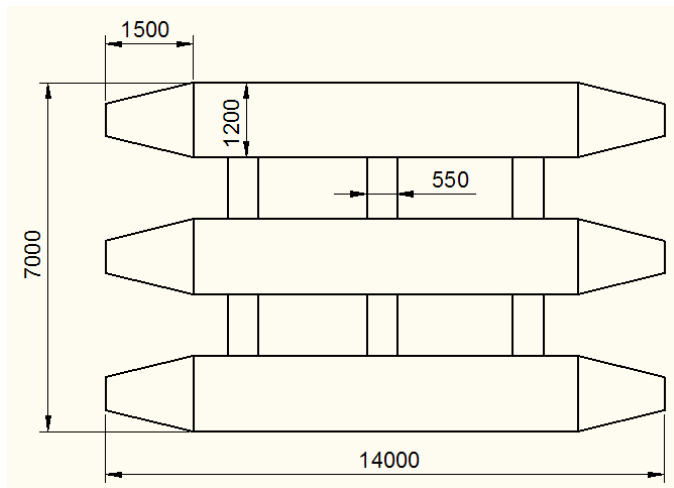


Рисунок 2. Конструкція понтона плаваючого будинку (ліворуч) та його 3D-модель у середовищі FreeShip+

Опір тертя розраховано традиційними методами теорії корабля через сумарну площу змоченої поверхні. Додатково враховано опір форми усіх поперечних труб у припущенні, що вони не впливають одна на одну. Це припущення не повинне привести до великої похибки, оскільки відстань між вісями більше 4-х діаметрів. Коефіцієнт лобового опору прийнято 0,45. Хвильовий опір не враховувався. При швидкості 4-5 вузлів воно не може бути істотним.

У якості рушія для плаваючого дому прийнято два гребних гвинта, які розташовано у кормі бокових корпусів. Розрахунки виконувались для двох діаметрів гвинтів – 0,40 м та 0,55 м. Перший з них приблизно відповідає радіусу поперечних труб, а другий – повздовжніх. Діапазон швидкостей дослідження – 1...6 вузлів.

Визначенню підлягали раціональна частота обертання, крокові відношення та ККД гребного гвинта. Слід помітити, що при прийнятих припущеннях кавітація не представляє небезпеки при швидкостях, що не перевищують 6 вузлів, для гвинтів діаметром як 0,55 м, так і 0,40 м. Гвинти прийнятих діаметрів виходять важко навантаженими. Причини цього – незадовільно обтічна форма підводної частини, мала осадка, яка сприяє на малий діаметр гвинтів. Результат – невисокий ККД (20...27%). Необхідна потужність все ж



невелика у зв'язку з невеликою швидкістю; при швидкості вузлів вона становить орієнтовно 25 – 35 кВт (на один з двох двигунів).

Раціональна частота обертання гвинта становить  $3400 \text{ об} \cdot \text{хв}^{-1}$  для гвинта діаметром 400 мм і  $1600 \text{ об} / \text{хв}$  для гвинта діаметром 550 мм. ця частота пропорційна швидкості, а потужність – кубу швидкості. Оптимальні крокові відношення для меншого гвинта – близько 0,65; для більшого – 0,70.

**Висновок.** Оригінальна конструкція плавучого будинку на базі понтона з труб не дозволяє скористатися прототипами і вимагає особливого підходу до проектування. Попередні розрахунки плавучості, остійності та ходовості показали, що проектувана судно може володіти необхідними морехідними якостями для експлуатації у прибережних районах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко, С. В. Выбор пропульсивного комплекса для судов с несколькими режимами движения [Текст] / Антоненко С.В., Китаев М.В. // Морской сборник. 2012. Т. 1978., № 1. С. 57-62.
2. Житников, И. В. Оценка мореходных характеристик плавучего дома [Текст] / Житников И. В., Новиков В. В., Антоненко С. В. // Мореходство и морские науки-2012: избранные доклады Четвёртой Сахалинской региональной морской научно-технической конференции (5-7 сентября 2012 г.). Южно-Сахалинск: СахГУ, 2012. – С. 115 - 123.
3. Шехоркина, С. Е. Рациональное проектирование конструкций малоэтажных жилых зданий на воде : дис...канд. техн. наук / С. Е. Шехоркина. – Днепропетровск, 2013. 168 с. – Библиогр.: С. 123–138.
4. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови малих суден. Том 2. – Київ.: Регістр судноплавства Україн, 2011. – 394 с.

## **Секція 5**

# **ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ**

## ОБЧИСЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ ГІПЕРГЕОМЕТРИЧНИХ ІНТЕГРАЛІВ У ФОРМУЛАХ ШВАРЦА-КРИСТОФФЕЛЯ

Білоусова Т.П., Максимук Г.Є., Тулученко Г.Я.  
Херсонський національний технічний університет (Україна)

Задачі, які мають велику кількість способів розв'язання, дозволяють долучати студентів до ведення дослідницької діяльності. До таких задач відносяться, зокрема, задачі побудови конформних відображень. Як показує аналіз сучасних публікацій з методів розв'язання крайових та граничних задач, серед дослідників відновлюється інтерес до несіткових методів розв'язання таких задач. Методи побудови конформних перетворень, в даному випадку, виступають як допоміжні методи при роботі з областями складної геометричної форми.

Конформне відображення одиничного круга на внутрішність багатокутника  $\Omega$  здійснюється за допомогою формули Шварца-Кристоффеля:

$$f(z) = A + C \cdot \int_{z_0}^z \prod_{k=1}^N \left(1 - \frac{t}{z_k}\right)^{\alpha_k - 1} dt, \quad (1)$$

де  $w_k$  ( $k = \overline{1; N}$ ) – вершини багатокутника;  $N$  – кількість вершин багатокутника;  $\alpha_k \pi$  ( $k = \overline{1; N}$ ) – кути багатокутника;  $z_k$  – образи вершин багатокутника на границі круга;  $z_0$  – довільна внутрішня точка круга;  $A$  та  $C$  – комплексні константи, які підлягають визначенню.

L.N. Trefethen запропонував наближені методи знаходження параметрів як прямого відображення (1), так і оберненого до нього [1]. В обох випадках виникає потреба в наближеному обчисленні з високою точністю інтегралів, які відносяться до узагальнених гіпергеометричних інтегралів. Ці методи реалізовані в пакеті SC Toolbox, який сумісний з комплексом програм MATLAB.

Підінтегральна функція  $\prod_{k=1}^N \left(1 - \frac{t}{z_k}\right)^{\alpha_k - 1}$  є багатозначною аналітичною функцією.

Для виділення її однозначної вітки виконаємо розрізи комплексної площини у формі зірки Міттаг-Леффлера, тобто по променям, які виходять із особливих точок  $z_k$  і утворюють кути з полярною віссю  $\arg(z_k)$ .

Для обчислення інтегралів виду (1) для випадку, коли  $z$  не є особливою точкою розгалуження підінтегральної функції, можна використовувати звичайні квадратурні формули. Якщо точка  $z$  є особливою точкою розгалуження підінтегральної функції L.N. Trefethen застосовує квадратурну формулу Гаусса-Якобі, яка дозволяє явно враховувати особливість, що існує в кінцевій точці відрізка інтегрування.

Але обчислювальні експерименти авторів робіт [1–2] показують, що згущення особливих точок в достатній близькості одна від одної або від внутрішніх точок відрізка інтегрування приводить до суттєвого погіршення точності квадратурних формул. Для досягнення прийнятної точності в таких випадках L.N. Trefethen пропонує використовувати складені квадратурні формули, в яких відрізок інтегрування ділиться на частини за правилом половини: ніяка особлива точка не може знаходитися ближче до відрізка інтегрування, ніж половина довжини цього відрізка.

L.N. Trefethen з'ясував, що кількість точних цифр у значенні інтеграла Шварца-Кристоффеля, яке обчислене з дотриманням правила половини, приблизно дорівнює кількості вузлів на підінтервалі в квадратурній формулі Гаусса-Якобі.

У роботі [2] пропонується інший підхід до обчислення узагальнених гіпергеометричних інтегралів:

$$F(z) = \int_0^z \prod_{j=1}^N (1 - s_j t)^{\gamma_j} dt, \quad (2)$$

де  $s_j^{-1}$  ( $j = \overline{1; N}$ ) – особливі точки підінтегральної функції комплексного змінного  $t$ ;  $s_j \neq 0$ ;  $N$  – кількість особливих точок;  $\gamma_j$  ( $j = \overline{1; N}$ ) – комплексні показники степенів.

Інтеграли виду (1) із дійсними показниками степенів є окремим випадком інтегралів виду (2). Підхід до обчислення інтегралів виду (2), який запропонований авторами роботи [2], ґрунтується на методі розвинення аналітичної функції вздовж ланцюга областей. Особливістю підходу є нескінченна множина способів вибору таких ланцюгів областей. Перед проведенням досліджень також виділяється однозначна вітка підінтегральної функції за допомогою розрізів комплексної площини в формі зірки Міттаг-Леффлера.

Спочатку наведемо основні кроки алгоритму обчислення інтегралів виду (2) у нотації, яка застосована авторами роботи [2]. Після цього розглянемо алгоритм розв'язання цієї ж задачі, який орієнтований на програмну реалізацію засобами математичного процесора Maple.

Продиференціюємо рівність (2) двічі. При цьому послідовно отримаємо:

$$F'(z) = \prod_{j=1}^N (1 - s_j z)^{\gamma_j}; \quad (3)$$

$$\frac{F''(z)}{F'(z)} = - \sum_{j=1}^N \frac{s_j \gamma_j}{1 - s_j z}.$$

Помноживши обидві частини останньої рівності на  $F'(z) \cdot \prod_{j=1}^N (1 - s_j z)$ , отримаємо лінійне однорідне диференціальне рівняння другого порядку:

$$F''(z) \cdot \prod_{j=1}^N (1 - s_j z) = -F'(z) \cdot \sum_{j=1}^N \left( s_j \gamma_j \cdot \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^N (1 - s_l z) \right). \quad (4)$$

Для тестового прикладу, який розглядаються в даній статті будемо будувати розв'язки рівняння (4) у вигляді аналітичних розвинень функції  $F'(z)$  в областях, які є околами регулярних та особливих точок. Радіус кожного околу дорівнює відстані від його центра  $a_k$  до найближчої особливої точки:

$$r_k = \min_j |a_k - s_j^{-1}|, \quad (5)$$

де  $j = \overline{1; N}$ ;  $k = \overline{1; K}$ ;  $K$  – кількість околів.

Розв'язок рівняння (4) в околі регулярної точки  $a$  будемо шукати у вигляді розвинення функції  $F'(z)$  у ряд Лорана з правильною частиною:

$$F'(z) = \sum_{m=0}^{\infty} f_m \cdot (z-a)^m. \quad (6)$$

Підставивши вираз (6) до рівняння (4), отримаємо:

$$\sum_{m=0}^{\infty} (m \cdot f_m \cdot (z-a)^{m-1}) \cdot \prod_{j=1}^N (1-s_j a) = - \sum_{m=0}^{\infty} (f_m \cdot (z-a)^m) \cdot \sum_{j=1}^N \left( s_j \gamma_j \cdot \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^N (1-s_l a) \right). \quad (7)$$

Прирівнявши в (7) коефіцієнти при однакових степенях  $(z-a)^m$ , отримаємо рекурентне співвідношення для знаходження шуканих коефіцієнтів  $f_m$ :

$$m \cdot f_m \cdot \prod_{j=1}^N (1-s_j a) = -f_{m-1} \cdot \sum_{j=1}^N \left( s_j \gamma_j \cdot \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^N (1-s_l a) \right); \quad m = \overline{1; \infty}; \quad (8)$$

$$f_0 = \prod_{j=1}^N (1-s_j a)^{\gamma_j}.$$

У разі багатозначності для множників  $(1-s_j a)^{\gamma_j}$  обирається та вітка, для якої множник дорівнює 1, коли  $a = 0$ .

Авторами роботи [2] ефективність розробленого методу обґрунтовується за рахунок існування наближеної лінійної залежності часу роботи алгоритму від порядку  $p$  заданої точності результату  $\varepsilon = 10^{-p}$ . Крім того, запропонований алгоритм виявляє ознаку стійкості при спостереженні явища згущення особливих точок, коли втрачається точність розрахунків.

У разі відсутності згущення особливих точок дії (3–8) еквівалентні розвиненню в ряд Лорана функції (3) в регулярній точці. Розвинення функції в ряд Лорана в заданій точці в СКМ Maple виконується командою **laurent** і не потребує спеціального програмування.

Розв'язок рівняння (4) в околі особливої точки  $a = s_q^{-1}$  будемо шукати у вигляді розвинення функції  $F'(z)$  у степеневий ряд спеціального виду:

$$F'(z) = (1-s_q z)^{\gamma_q} \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \hat{f}_m \cdot (1-s_q z)^m. \quad (9)$$

Підставивши вираз (9) до рівняння (4), теж отримаємо рекурентне співвідношення, яке наведено в [2]. За відсутності ускладнень з боку розташування особливих точок коефіцієнти  $\hat{f}_m$  можуть бути знайдені, як коефіцієнти розвинення в ряд Лорана допоміжної функції, яка утворюється з функції (3) виключенням множника  $(1-s_q z)^{\gamma_q}$ , який відповідає особливої точці  $a = s_q^{-1}$ :

$$\tilde{F}(z) = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq q}}^N (1 - s_j z)^{\gamma_j} . \quad (10)$$

Усі перелічені формули застосовуються в межах околів обраних точок, в яких здійснювалися розвинення. Вибір послідовності центрів околів може здійснюватися нескінченною множиною способів. Для загального випадку задача оптимізації їх вибору не може бути розв'язана через її надзвичайну громіздкість.

Досліджувана задача є аналогічною до задачі побудови складеної квадратурної формули. Тому чим більша залучається кількість околів, тим менша кількість доданків може бути використана в розвиненні в степеневі ряди, та навпаки. Як відомо, оптимальні складені квадратурні формули будуються для обчислення серій однотипних інтегралів. Тому перейдемо до розгляду конкретної задачі.

При її розв'язанні будемо дотримуватися правила, що інтегрування виконується в межах околів, які менші за теоретично можливі. Радіуси околів для розрахунків складатимуть  $0,9 \cdot r_k$ , як це визначено емпіричним шляхом авторами роботи [2] на основі чисельних практичних розрахунків.

Знайдемо за допомогою пакету SC Toolbox пряме конформне відображення одиничного круга на внутрішність багатокутника для відомого з літератури прикладу. Для цього скористаємося командою `diskmap`.

**Тест 1.** Порівняти точність конформного відображення типу (1), яке відображає одиничний круг на зірку (рис. 1) [3, С. 191], коли параметри відображення знаходяться за методами, які описані в роботах [1] та [2]. Для проведення розрахунків вважати, що  $OA_v = 0,5$ ;  $OB_v = 1$   $v = 1;5$ .

**Розв'язання.** В табл. 1 наведені координати вершин багатокутника у формі зірки  $w_k$  та їх образів на одиничному колі, які обчислені за допомогою пакета SC Toolbox. Значення параметра  $C$  визначається автоматично, і в цьому разі становить  $C = 0,34001064 + 0,46798447i$ . Значення параметра  $A$ , яке відповідає точці, в яку відображається центр круга, встановлюється командою `center` і в даному випадку дорівнює нулю.

Точність побудованого пакетом SC Toolbox прямого конформного відображення одиничного кола на внутрішність зірки становить  $9,95 \cdot 10^{-9}$ .

Окремо відзначимо, що додатково можна здійснити поворот системи координат на комплексній площині  $w$ , наприклад, так, щоб вершина  $B_1$  та її образ на границі круга мали однакові координати на обох комплексних площинах.

Таблиця 1. Параметри прямого конформного відображення (1) одиничного круга на зірку

$i$	$w_k$	$z_k$	$\alpha_k$
1	$0,0000 + 1,0000 \cdot i$	$0,8090 + 0,5878 \cdot i$	0,2919
2	$-0,2939 + 0,4045 \cdot i$	$0,3090 + 0,9511 \cdot i$	1,3081
3	$-0,9511 + 0,3090 \cdot i$	$-0,3090 + 0,9511 \cdot i$	0,2919v
4	$-0,4755 - 0,1545 \cdot i$	$-0,8090 + 0,5878 \cdot i$	1,3081
5	$-0,5878 - 0,8090 \cdot i$	$-1,0000 + 0,0000 \cdot i$	0,2919
6	$0,0000 - 0,5000 \cdot i$	$-0,8090 - 0,5878 \cdot i$	1,3081
7	$0,5878 - 0,8090 \cdot i$	$-0,3090 - 0,9511 \cdot i$	0,2919
8	$0,4755 - 0,1545 \cdot i$	$0,3090 - 0,9511 \cdot i$	1,3081
9	$0,9511 + 0,3090 \cdot i$	$0,8090 - 0,5878 \cdot i$	0,2919
10	$0,2939 + 0,4045 \cdot i$	$1,0000 + 0,0000 \cdot i$	1,3081

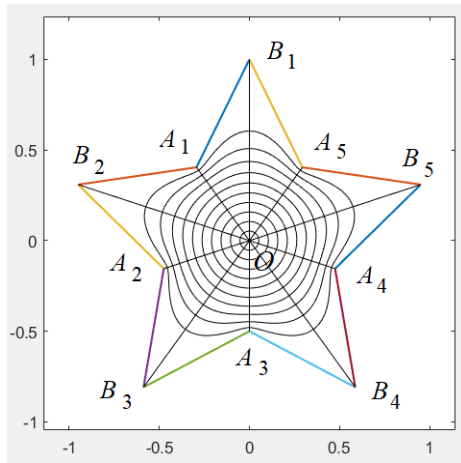


Рисунок 1. Багатокутник у формі зірки

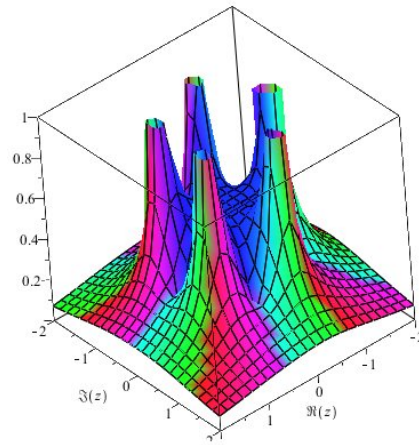


Рисунок 2. Графік функції  $|F'(z)|$  з параметрами з табл. 1

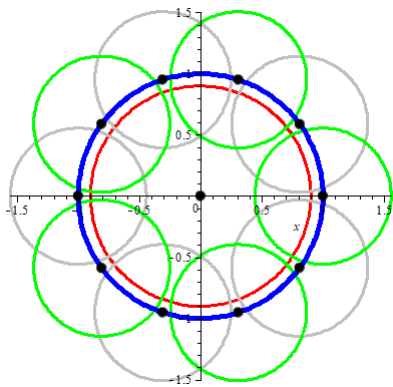


Рисунок 3. Околи точок

Для реалізації другого алгоритму обмежимося використанням двох околів у кінцевих точках відрізка інтегрування  $[0; z]$ . Можливі сполучення околів показані на рис. 3. Множинність способів розв'язання досліджуваної задачі примножується тим, що більшість точок круга можна віднести одночасно до кількох околів, які показано на рис. 3 (оскільки ці околи перетинаються), а також утворити навколо точки її власний окіл.

При використанні 7 доданків у розвиненні в степеневі ряди в обох околах найбільша абсолютна похибка не перевищує  $3,0 \cdot 10^{-3}$ .

Очевидно цей результат може бути покращений за рахунок збільшення кількості околів та підбору точок «стикування» околів. Використання трьох околів приводить до зменшення абсолютної похибки до  $1,6 \cdot 10^{-5}$  у метриці  $C$ .

**Висновок.** Розглянуті задачі сприяють коректному застосуванню студентами пакетів прикладних програм, які реалізують наближені методи теорії функцій комплексного змінного та усвідомленню обмежень, які існують при застосуванні цих методів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Driscoll, T. A., & Trefethen, L. N. (2002). Schwarz–Christoffel Mapping. Cambridge: Cambridge University Press.
2. Боголюбский А. И., Скороходов С. Л., & Христофоров Д. В. (2005) Быстрое вычисление эллиптических интегралов и их обобщений. Журнал вычислительной математики и математической физики. 45, 11, 1938–1953.
3. Лаврентьев, М. А., & Шабат, Б. В. (1987) Методы теории функций комплексного переменного. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.

## ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗА УМОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СТУПЕНЕВОЇ ПІДГОТОВКИ

Васильченко Г.Ю., Знамеровська Н.П., Татаринцева Ю.Г.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Перехід України до ступеневої системи підготовки фахівців поставив на порядок денний проблему реорганізації освітнього процесу в закладах професійної морської освіти. Реформа освіти вимагає пошуку принципово нових теоретичних рішень, розробки психолого-педагогічного забезпечення інтеграційних процесів у професійній підготовці. Сучасний світовий ринок праці ставить завдання забезпечити випереджувальний розвиток фахової підготовки спеціалістів морського транспорту на основі ефективної координації діяльності усіх ланок освіти, тісної їх інтеграції з наукою і виробництвом за допомогою створення навчально-науково-виробничих комплексів; виховання спеціалістів, які поєднують фундаментальні знання і ґрунтовну практичну підготовку; посилення індивідуального підходу; розвиток творчих здібностей майбутніх фахівців. Чільне місце в стратегії розвитку професійної морської освіти відводиться її організаційно-педагогічному забезпеченню [2]. Це стосується не лише оновлення змісту освіти (реалізації гнучких, варіативних навчальних планів), а й застосування різноманітних, у тому числі нетрадиційних форм і методів навчання, навчально-методичного забезпечення; індивідуалізації підготовки, яка передбачає навчання за індивідуальними навчальними планами, програмно-цільовий, особисто-орієнтований підхід до організації самостійної роботи курсантів і студентів; інформатизації підготовки спеціалістів, широкого використання обчислювальної техніки в навчальному процесі; створення навчальних посібників, підручників, методичного забезпечення нового типу.

**Актуальність теми.** За останні десятиліття кардинально змінилася система генерації й передачі знань, а їх обсяг багаторазово зріс. Сьогодні не можна за один раз, навіть за 5 або 6 років, підготувати людину до професійної діяльності на все життя. Нині щорічно оновлюється близько 5 % теоретичних і 20 % професійних знань.

Одиниця виміру старіння знань фахівця, прийнята у США – період „напіврозпаду” компетентності, тобто зниження її на 50 % унаслідок появи нової інформації, показує, що за багатьма професіями цей період настає менш ніж через 5 років, тобто стосовно до нашої системи вищої освіти часто раніше, ніж закінчується навчання. Вирішення проблеми полягає в переході до освіти протягом життя, де базова освіта, отримана в коледжі чи академії, періодично повинна доповнюватися програмами додаткової освіти й організується не як кінцева, завершена, а лише як основа, фундамент, що доповнюється іншими програмами. Така потреба базується на вимогах кодексу ПДМНВ, які регламентують отримання робочих дипломів подальших рівнів посад на суднах за умови складання іспитів по спеціальності, підтвердженого досвіду роботи та перевірок умінь на тренажерах. Це передбачає, що випускник вузу крім отриманих знань по професії повинен на студентській лаві розвинути свої здатності до навчання протягом усього професійного життя, розвинути навички комунікації, адаптивності, самовдосконалення, організаційної й групової ефективності та низку інших якостей.

Процеси безперервної освіти розуміються тепер не тільки як „навчання протягом життя” (lifelong learning), а й як „навчання шириною в життя” (lifewide learning). Останнє акцентує увагу на розмаїтості видів освіти – формальній, неформальній, інформальній, – які супроводжують будь-яку сферу життєдіяльності сучасної людини.

12 університетів Європи прийшли до висновку, що політика безперервної освіти повинна мати такі розділи [4]:

- ринки, на які вона орієнтована;



- зовнішні зв'язки між університетами і клієнтами;
- формати та програми навчальних курсів;
- політика цін;
- політика персоналу;
- розташування забезпечення;
- підтримка студентів;
- організація системи доставки безперервної освіти;
- система підтримки якості програм та інше.

**Виклад основного матеріалу.** Задекларований в Україні перехід до ступеневого навчання (молодший спеціаліст, бакалавр, магістр) змінює структуру фахової освіти, вимагає створення нових за формою і змістом нормативних документів планування навчального процесу. Для підготовки фахівців з експлуатації морського транспорту у системі ступеневої професійної освіти необхідно створити спеціальну структуру навчання зі зміною характеру професійної підготовки, реалізацією наступності в навчальному процесі, забезпеченням взаємозв'язку дисциплін, оптимальними навчальними планами і освітньо-професійними програмами, що можливе за умови реалізації інноваційних технологій навчання, базовими компонентами яких є: модульна організація навчання; новітнє методичне та програмне забезпечення навчально-виховного процесу; систематичний поетапний контроль навчальної діяльності на основі рейтингової методики оцінювання знань. Особливе значення має правильна організація дистанційного навчання. Завдання, що постають із впровадженням ступеневої підготовки фахівців, полягають у забезпеченні, з одного боку, органічної єдності загальноосвітнього, професійно-орієнтованого й економічного навчання та всебічного розвитку особистості, з іншого – глибоких знань, творчого мислення, здатності самостійно приймати рішення. Результат засвоєння знань з предмета повинен плануватися як частина цілісної системи знань, умінь і навичок (В. В. Давидов, О. С. Дубинчук, Л. Я. Зоріна, З. А. Решетова, Н. Ф. Тализіна, І. С. Якиманська). Знання, необхідні для професійної діяльності, майбутні фахівці отримують переважно на заняттях зі спеціальних дисциплін.

Особливої уваги в професійній підготовці потребують деякі аспекти формування систем технічних і технологічних знань, пов'язаних з комплексним використанням понять загальноосвітнього, загальноінженерного і спеціального циклів. Наступність у формуванні цих систем понять повинна здійснюватись на основі таких положень [3, с. 67-68]: скерованість на формування системи знань за головними системотвірними компонентами, завдяки чому зникає необхідність розроблення методики здійснення наступності розвитку понять усіх дисциплін навчального плану і дозволяє зосередити увагу на наступності формування найкардинальніших понять, що розкривають зв'язки між стрижневими дисциплінами професійної підготовки; дотримання в процесі формування понять загальноосвітніх дисциплін професійної скерованості (факти, приклади, ілюстрації, на основі яких іде формування понять, повинні бути з галузі майбутньої виробничої діяльності); створення бази для подальшого використання результатів вивчення технічних основ спеціальних курсів у майбутній професійній діяльності; формування потреби в уточненні понять для вирішення практичних виробничих завдань; дотримання міжпредметних зв'язків між узагальненими темами, виділеними на основі аналізу структури змісту і програм навчального плану, переліку професійно значущих дій.

Як зазначає Н.В. Яблонська, єдина система неперервної освіти – це не сума властивостей підсистем, що входять до неї, а нове інтегративне утворення, якому притаманні динамічність, гнучкість, наступність. Структура системи неперервної освіти охоплює три найважливіші складники: 1) взаємопов'язана низка державних, освітніх, загальноосвітніх та інших навчальних закладів; 2) мережа суспільної освіти, самоосвіти та виховання; 3) відпрацьована і чітка профорієнтація, яка дозволяє психологічно, інтелектуально та фізично підготувати себе до певної професії і дає можливість на різних

етапах навчальної та трудової діяльності обрати саме ті форми освіти, які відповідають індивіду.

Неперервна освіта реалізується шляхом забезпечення наступності змісту та координації навчально-виховної діяльності на різних ступенях освіти, які є продовженням попередніх і передбачають підготовку до можливих наступних ступенів; формування потреби й здатності особистості до самонавчання; оптимізації системи перепідготовки працівників і підвищення їхньої кваліфікації (модернізації системи післядипломної освіти на основі відповідних державних стандартів); створення інтегрованих навчальних планів та програм; формування й розвитку навчально-науково-виробничих комплексів ступеневої підготовки фахівців; розвитку і запровадження дистанційної освіти; створення системи навчальних закладів для забезпечення освіти дорослих відповідно до потреб особистості та ринку праці.

В структуру Херсонської державної морської академії входять ліцей, коледж і власне академія, які априорі повинні працювати як складові системи неперервної освіти, тобто мати інтегровані навчальні плани і програми, доповнювати одна одну. Прикладом такої співпраці можна вважати прийом на навчання випускників коледжу з дипломами молодшого спеціаліста для підготовки за скороченими програмами. Але їх повна взаємодія ще потребує значних зусиль педагогічних колективів для остаточної інтеграція, бо як показує спілкування з студентами вони відмічають значний рівень дублювання навчального матеріалу. Співпраця з ліцеєм може бути реалізована шляхом організації виробничого навчання на їх базі і по адаптованим програмам в межах практики, яка передбачена навчальним планом академії протягом шести тижнів після першого курсу та може завершуватись кваліфікаційним іспитом на першу робітничу професію. Як показує наш багаторічний досвід знання спеціальних предметів дозволяють набагато якісніше формулювати компетенції з предметів загальноінженерної підготовки.

#### **Висновки**

1. В структурі академії повинні бути визначені спеціальні одиниці для виконання забезпечення неперервності освіти. Відповідальність за безперервну освіту можуть нести одиниці академії (факультет або кафедра).

2. Зовнішньою одиницею повинен бути роботодавець (вимоги ІМО та кодексу ПДМНВ).

3. Академія може зробити свої ресурси доступними для забезпечення неперервної освіти по окремих одиницях шляхом організації курсів підвищення кваліфікації, тренажерної підготовки та дистанційного навчання.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Конвенція ПДМНВ 1978, 2014 р.р.(офіційний переклад)
2. Про введення в дію "Положення про освітньо-кваліфікаційні рівні (ступеневу професійну освіту)" та про нормативне і навчально-методичне забезпечення підготовки фахівців з вищою освітою: наказ МО України № 86 від 4.03.98 // Інформаційний збірник Міністерства освіти України. – 1998. – № 10. – С. 3-14.
3. Кустов Ю. А. Преемственность профессионально-технической и высшей школы / Под ред. А. А. Кирсанова. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1990. – 117 с.
4. Неперервна професійна освіта: проблеми, пошуки, перспективи: Монографія / За ред. І. А. Зязюна. – К.: Віпол, 2000. – 630 с

## ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ЯК ОСНОВА РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Годлевський П.М., Круглик М.І.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Основною метою підготовки спеціалістів для транспортної галузі є принципове підвищення якості підготовки фахівців. Доведено, що результативність багатьох видів професійної діяльності істотно залежить, крім іншого, від спеціальної фізичної підготовленості, що набувається попередньо шляхом систематичних занять фізичними вправами, адекватними в певному відношенні вимогам, що пред'являються до функціональних можливостей організму професійною діяльністю та її умовами [6].

У сучасних умовах існує протиріччя між підготовкою висококваліфікованих фахівців та низьким рівнем їх здоров'я [1, 5]. Не викликає сумніву той факт, що формування фізичної підготовки особистості підвищує ступінь резистентності організму відносно несприятливих впливів навколишнього середовища, в якому відбувається професійна та навчальна діяльність, сприяє збільшенню адаптаційних можливостей, зберігає та зміцнює здоров'я. Доречно цитування старої істини: «У здоровому тілі – здоровий дух».

Ефективність освоєння сучасних спеціальностей в підготовці спеціалістів для транспортної галузі залежить від рівня функціональних можливостей організму, що мають, як природну основу, так і здатність розвитку фізичних якостей [2, 4]. Відомо, що постійне нервово-психічне перенапруження і хронічна розумова перевтома, без фізичної розрядки, викликають важкі функціональні розлади в організмі, зниження інтелектуального потенціалу та працездатності. Молода людина, яка добре володіє координацією рухів, швидше засвоює нові складні елементи професійної діяльності, виконує їх спритніше, ніж фізично непідготовлена особа. Під впливом занять фізичними вправами розвивається рухова, слухова, зорова пам'ять, спостережливість і увага. Набувається стан, який спонукає особу до регулярних занять фізичною культурою, щоб домагатися всебічного розвитку і сприяти потребі у самовдосконаленні, формуючи рівень самосвідомості (мотивів, інтересів, ціннісних орієнтацій, установок), що активно спрямовується на практичну діяльність, для досягнення фізичного вдосконалення, ведення здорового способу життя, забезпечення виконання суспільних і професійних функцій майбутнього спеціаліста [1, 2, 3, 5, 6].

**Актуальність досліджень.** На різних етапах розвитку людина все далі відходить від фізичної праці. Так раніше частка ручної праці в процесі виробництва становила 95 %, решта доводилося на використання нечисленних парових машин і в'ючних тварин. Сьогодні, у вік науково технічного прогресу людство практично відійшло від масштабного використання ручної праці тим самим «розв'язавши руки» так званим хворобам століття (гіпокінезії та гіподинамії) [4]. Актуалізація проблеми підготовки спеціалістів для транспортної галузі, так як і взагалі освіти, зумовлюється потребою оздоровлення нації у зв'язку з погіршенням фізичного стану багатьох категорій населення, зокрема студентської молоді.

Адаптація студентів до навчання має активний характер. Майбутній фахівець не лише пристосовується до зовнішнього середовища, а й змінює його, водночас змінюючись і сам. При цьому за сприятливих умов навчального середовища і оптимальних фізичних навантажень підвищуються стійкість і працездатність організму, покращується якість і обсяг спеціальних і професійних умінь.

### **Постановка задач:**

1. Дослідити можливості та механізм функціонування системи рухів на організм молодій людині.

2. Визначити необхідність вдосконалення професійної підготовки працівників транспортної галузі засобами фізичного виховання.

**Результати досліджень.** Навчання у ВНЗ передбачає два види активності: психологічну та фізичну. Психологічна активність включає інтелектуальну працю, спілкування, емоції; фізична -- виконання механічної роботи, рух. Психологічна активність вимагає активації обмеженої кількості систем організму, головним чином вищих рівнів нервової системи. При фізичній активності активуються всі без винятку системи організму, які, працюючи разом, створюють умови для виконання певної фізичної дії (рис. 1).



Рисунок 1. Функціональна система руху

Виникнувши набагато пізніше в плані еволюції, психічна активність контролює фізичну. Нервова система – цілісна морфологічна і функціональна сукупність різних взаємопов'язаних нервових структур, яка спільно з гуморальною системою забезпечує взаємопов'язану регуляцію діяльності усіх систем організму та реакцію на зміну умов внутрішнього та зовнішнього середовища. Нервова система діє як інтегративна, зв'язуючи в єдине ціле чутливість, рухову активність та роботу інших регуляторних систем (ендокринної та імунної) [1, 4].

Фізичне навантаження позитивно впливає на нервову систему. За рахунок підсиленого кровообігу нервові клітини одержують більше споживчих речовин, кисню, краще розвиваються і енергійніше працюють. Здібність нервової системи точно керувати роботою певних груп м'язів, що обумовлює координацію (узгодження) рухів, найбільш досконало розвивається рухливими іграми і фізичними вправами. Встановлено, що під час занять фітнесом (якщо фізичне навантаження не перевищує фізіологічно допустимого) в організмі людини відбувається ряд адаптативних процесів, які позитивно впливають на пристосування до умов регулярного навантаження. Впродовж доби, при достатньому фізичному навантаженні (особливо виконуючи аеробні вправи на свіжому повітрі) запускається в організмі біомеханічний процес вироблення достатньої кількості гормонів, які впливають на настрій та дозволяють знівелювати наслідки стресу. Якщо ж ступінь фізичного навантаження набагато перевищує фізичний потенціал людини, можуть виникнути різні порушення здоров'я: перетренованість, хронічна втома, різні захворювання [1, 3]. Небезпечний і брак руху гіподинамія, вважається одним з основних факторів (поряд з ожирінням, неправильним харчуванням і шкідливими звичками) виникнення хвороб серцево-судинної системи та діабету.

Будь-який рух, незалежно від його складності та призначення зароджується в центральній нервовій системі (головний і спинний мозок) у вигляді активності певних груп нейронів. Нервовий імпульс від цих клітин по нервових стовбурах передається м'язам і викликає їх скорочення. Цікавий той факт, що під час занять фітнесом першими «втомлюються» не м'язи, а нервові клітини, які регулюють їх активність, цей механізм

запобігає виснаженню м'язів. Під час тренувань тренуються не тільки м'язи, але і нервові центри, відповідальні за рух [3].

Одним з видів допінгу є психостимулятори, які підвищують активність нервової системи, і тим самим, збільшують фізичні (м'язові) характеристики спортсмена.

Аналіз літературних джерел та практичний досвід праці на кафедрі фізичної терапії та здоров'я людини дає змогу відзначити той факт, що лише помірні фізичні навантаження (в порівнянні з фізичними здібностями людини) роблять сприятливий вплив на його здоров'я.

Основне фізичне навантаження в професійній діяльності припадає на опорно-руховий апарат, тобто на систему м'язів, кісток, суглобів, зв'язок і сухожилів. М'язи є єдиним руховим елементом організму людини, і тому будь-який рух, або робота є результатом їх скорочення. М'язова система людини включає м'язи тулуба, шиї, голови, верхніх і нижніх кінцівок. Регулярні тренування призводять до розростання в м'язах кровоносних судин (це збільшує постачання м'язів киснем та поживними речовинами), а також до збільшення концентрації в м'язових клітинах різних ферментів, за допомогою яких виробляється енергія. Під дією тренувань кістки піддаються значній перебудові. Процес відновлення кісток відбувається постійно, при цьому деякі частини кістки розсмоктуються, а інші відновлюються. Таким чином, найбільш істотними змінами при тренуванні є збільшення окисного потенціалу м'язів і регіонального кровообігу, економізація роботи серця в спокої і при середніх навантаженнях. Вплив на фактори ризику, таких, як надлишкова маса тіла, ліпідного (жирового) обміну, паління, вживання алкоголю.

Регулярні фізичні навантаження є важливим профілактичним засобом проти хвороб серцево-судинної системи (гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, атеросклероз), порушень обміну речовин (цукровий діабет 2 типу), захворювань опорно-рухового апарату (остеохондроз, артроз).

Тренування в значній мірі поліпшують насосну функцію серця. Один з найважливіших ефектів тренування -- уповільнення пульсу в спокої. Це є ознакою більш низького споживання кисню міокардом, тобто посиленням захистом від ішемічної хвороби серця. Адаптація периферичної ланки кровообігу включає цілий ряд судинних і тканинних змін. М'язовий кровообіг при навантаженнях значно зростає і може збільшуватися в 100 разів, що вимагає посилення роботи серця. У тренуваних м'язах зростає щільність капілярів.

Організм при фізичних навантаженнях потребує підвищеної кількості кисню, людина починає дихати частіше та більш глибоко, що сприяє збільшенню розмірів грудної клітини і легень, а також підвищує силу дихальних м'язів (міжреберних, діафрагми). При цьому слід дотримуватись правильного (найбільш ефективного) стереотипу дихання, який полягає в тому, що тривалість вдиху повинна бути менше тривалості видиху. Люди, які ведуть малорухомий спосіб життя, майже ніколи не дихають на повні груди, повітря встигає заповнювати лише середню частину легень і зразу ж видихається. Верхівки легень при цьому працюють недостатньо і можуть виникати застійні явища, найгіршими наслідками чого (при певних умовах) можуть стати не тільки об'ємно-функціональні недоліки, а і різноманітні легеневі захворювання: запалення легень, хронічні бронхіти, плеврити, туберкульоз. Фізичні вправи розвивають рухову мускулатуру і тим самим поліпшують обмін газів при вдиху і видиху.

Необхідність подальшого вдосконалення та використання фізичного виховання у системі освіти і сфері професійної діяльності працівників транспортної галузі визначається наступними причинами та обставинами:

1) час, що витрачається на освоєння сучасних професій транспортної галузі при досягненні професійної майстерності залежить від рівня функціональних можливостей організму, що мають природну основу, від ступеня розвитку фізичних здібностей індивіда, різноманітності та досконалості набутих ним рухових умінь і навичок.

2) продуктивність багатьох видів професійної діяльності працівників транспортної галузі залежить від хорошого фізичного стану, без якого не мислиться ефективне функціонування систем та функцій організму, що залишається найважливішою передумовою стійко високої плідності будь-якої професійної праці;

3) вирішується проблема попередження ймовірних негативних впливів певних видів професійної діяльності та її умов на фізичний стан працівників засобами фізичної культури;

4) перспективна тенденція всебічного розвитку і сприяння потребі у самовдосконаленні набувається формуванням рівня самосвідомості (мотивів, інтересів, ціннісних орієнтацій, установок), що активно спрямовується на практичну діяльність, для досягнення фізичного вдосконалення, ведення здорового способу життя, забезпечення виконання суспільних і професійних функцій майбутнього спеціаліста.

**Висновки.** У сучасних умовах існує протиріччя між підготовкою висококваліфікованих фахівців та низьким рівнем їх здоров'я. За несприятливих умов рівень активності фізіологічних систем знижується. Проблема виховання гармонійно розвинутої особистості та підготовки висококваліфікованого фахівця транспортної галузі при сприятливих умовах може вирішитися за допомогою фізичних засобів. Будь-який рух, незалежно від його складності та призначення зароджується в центральній нервовій системі (головний і спинний мозок) у вигляді активності певних груп нейронів. Нервовий імпульс від цих клітин по нервових стовбурах передається м'язам і викликає їх скорочення. Під час тренувань тренуються не тільки м'язи, але і нервові центри, відповідальні за рух.

Необхідність подальшого вдосконалення та використання фізичного виховання у системі освіти і сфері професійної діяльності працівників транспортної галузі визначається наступними причинами та обставинами:

-- якісніше і швидше досягнення професійної майстерності (залежить від рівня функціональних можливостей організму);

-- продуктивність багатьох видів професійної діяльності працівників транспортної галузі залежить від хорошого фізичного стану;

-- вирішується проблема попередження ймовірних негативних впливів певних видів професійної діяльності;

-- перспективна тенденція всебічного розвитку і сприяння потребі у самовдосконаленні, набуття професійних функцій майбутнього спеціаліста.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Амосов Н.М. Энциклопедия. Алгоритм здоров'я / Н.М. Амосов. – М.: Изд-во АСТ, Донецк: Стакер, 2002. 590 с.
2. Годлевський П.М. Механізм функціонування фізичного виховання ВНЗ / П.М. Годлевський, В.Ф. Пінчук, О.С. Григорович, І.В. Демчук, О.П. Підгурська, Ю.Ф.Кособуцький // Фізичне виховання і спорт. Зб. наук. праць Волинського національного університету імені Лесі Українки. Випуск 17. Луцьк: Вежа, 2015. – С. 24–28.
3. Чижик В.В. Спортивна морфологія / В.В. Чижик, О.П. Запорожець. – Луцьк : ПВД «Твердиня», 2009. – 208 с.
4. Грибан В.Г. Валеологія: Навч. посібник / В.Г. Грибан. К.: Центр навч. літератури, 2005. 256 с.
5. Побідаш А.Ю. Дослідження особливостей впливу основних стрес-факторів професійної діяльності моряків / А.Ю. Побідаш // Проблеми загальної та педагогічної психології, 2011. – Т. XIII, Ч. 7. – С. 150–157.
6. Степанюк С.І. Професійно-прикладна фізична підготовка в Херсонському морехідному училищі рибної промисловості / С.І. Степанюк, І.Г. Глухов, А.О. Давидок, О.В. Лященко. Фізичне виховання, спорт та фізична реабілітація: проблеми і перспективи розвитку: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 9–10 листопада 2018 р. – Київ: Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, 2018. – С.38–43.

## ОСОБЛИВОСТІ КОНЦЕПЦІЇ ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ СУДНОВОДІВ ДО ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Даниленко О.Б.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

Концепція формування готовності майбутніх судноводіїв до професійної діяльності є провідною ідеєю, що розкривається на трьох рівнях: методологічному; теоретичному; технологічному.

Методологічний рівень визначає загальну стратегію побудови системи неперервної професійної підготовки майбутніх судноводіїв у вищих морських навчальних закладах (далі – ВМНЗ), особливості поєднання принципів (вимог), що регламентують цей процес з урахуванням досягнень науки, світового досвіду, глобалізації судноплавства, міжнародного ринку праці та вимог нормативних документів. Цей рівень передбачає, що формування готовності майбутніх судноводіїв до професійної діяльності необхідно здійснювати з урахуванням положень і принципів системного, діяльнісного, компетентнісного, контекстного, аксіологічного, акмеологічного, технологічного та середовищного підходів. У комплексному поєднанні ці підходи забезпечують формування у курсантів (студентів) компонентів зазначеної готовності, зокрема мотиваційного (професійні мотиви, інтереси і потреби), ціннісного (професійно-ціннісні орієнтації), інформаційного (сукупність загальних і спеціальних знань), психологічного (морально-психологічні та професійно-важливі властивості) та операційного (фахові практичні уміння і навички).

Теоретичний рівень концепції ґрунтується на класичних і сучасних положеннях педагогічної теорії, зокрема таких положеннях і принципах: навчання майбутніх судноводіїв на високому рівні складності; цілеспрямовану і систематичну роботу над розвитком всіх курсантів (студентів), незалежно від рівня їхньої успішності; акцент на практичну діяльність курсантів (студентів), що забезпечує перевагу у формуванні в майбутніх судноводіїв загальних і професійних компетентностей, здатності вирішувати життєві та професійні проблеми замість поінформованості; формулювання чітких результатів навчання (професійної підготовки), які є не сукупністю засвоєних знань, умінь і навичок, а здатності (спроможності) і готовності фахівця діяти в різних ситуаціях; послідовний вплив на особистість курсанта (студента) шляхом створення умов для взаємопроникнення навчальної і професійної діяльності як способу досягнення готовності до виконання функцій штурмана; організація планомірного і поетапно впливу на діяльність курсантів (студентів) у створеному професійно-освітньому середовищі, яке забезпечує формування, розвиток і становлення майбутнього судноводія; визнання кожного курсанта (студента) активним ціннісно-мотивованим суб'єктом діяльності; використання педагогічних технологій на основі активізації інтенсифікації діяльності суб'єктів учіння (технологія розвивальних ігор, технологія комунікативного навчання іншомовної культури, інтерактивні технології в навчанні гуманітарних дисциплін, діалогове навчання, технології розвивального навчання).

Технологічний рівень концепції розкриває етапи, технологію і послідовність впровадження педагогічних умов, а також інноваційного змісту, форм, методів, особливостей використання засобів формування, розвитку та діагностики готовності майбутніх судноводіїв до професійної діяльності. У дослідженні ми виходимо з того, що формування готовності майбутніх судноводіїв до професійної діяльності доцільно реалізувати поетапно, з урахуванням рівня і змісту освіти, особливостей індивідуально-психологічного і професійного розвитку курсантів (студентів), рівнів та особливостей їхньої практичної підготовки на різних курсах навчання, а також особливостей освітнього процесу у ВМНЗ. З урахуванням цього можна запропонувати такі етапи формування готовності майбутніх судноводіїв до професійної діяльності: перший – початковий; другий – поглибленої підготовки; третій – інтеграції теоретичної і практичної підготовки; четвертий – професійного становлення.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

Зайцева Т.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Вища освіта на виході повинна підготувати фахівців, здатних до успішної адаптації та самореалізації в інформаційному суспільстві, причому це стосується будь-якої предметної галузі. Вимогою сьогодення є перегляд існуючих технологій освіти з погляду внесення коректив в педагогічну практику, впровадження нових моделей освіти, які будуть спрямовані на формування такої системи компетенцій фахівців, що забезпечить їм в майбутньому успішну професійну діяльність.

Моделювання є одним з видів діяльності людини, займає центральне місце в дослідженні об'єктів або процесів, дозволяє обґрунтовано приймати рішення, досліджувати висунуті гіпотези.

Перш ніж здійснювати будь-яку діяльність, потрібно чітко уявити собі відправний і кінцевий пункти цієї діяльності, а також приблизні її етапи. Відправним пунктом в моделюванні виступає прототип, в якості якого беруть існуючий або спроектований об'єкт, систему об'єктів чи процес [1].

Кінцевим етапом моделювання виступає прийняття рішення. В моделюванні це означає, що створюється новий об'єкт або змінюються властивості об'єктів, моделі яких досліджувались, чи отримується нова інформація про об'єкт або оптимізується процес.

В процесі моделювання часто використовують процедури абстрагування, іноді вдаються до процедур ідеалізації. За своєю суттю моделювання і з'явилося на основі математичних понять абстрагування та ідеалізації. В математиці під абстрагуванням розуміють процес уявного виділення одного або кількох властивостей чи відносин предметів, які розглядаються як особливо важливі [2].

Сутність математичного моделювання полягає в заміні вихідного об'єкта відповідною математичною моделлю і в експериментуванні з нею на комп'ютері за допомогою алгоритмів.

Питанням впровадження комп'ютерного моделювання в рамках інформатичних дисциплін приділяли увагу зарубіжні й вітчизняні спеціалісти Майер Р. В. [3], Бочкін А. І., Маркович О. С., Раков С. А., Теплицький І. О., Семеріков С. О. [4].

**Постановка задачі.** Існує декілька видів класифікації моделей. Якщо ми будемо розглядати класифікації за характером сторони об'єкта, що належить змоделювати, то окремим видом є інформаційні моделі. Вони представляють собою сукупність спеціальним чином підібраних величин і їх конкретних значень, які характеризують досліджуваний об'єкт. Наприклад, інформаційна модель виробничого процесу являє набір параметрів, що характеризують його найбільш істотні характеристики.

За способом реалізації моделі бувають абстрактні або матеріальні, де абстрактні моделі, в свою чергу, поділяються на вербальні, математичні і комп'ютерні (рис. 1).



Рисунок 1. Класифікація моделей за способом реалізації



Математичні моделі утворюють широкий клас знакових моделей, в яких використовуються математичні дії і оператори. Часто вони являють собою систему алгебраїчних або диференціальних рівнянь. Комп'ютерні моделі являють собою алгоритм або комп'ютерну програму, за допомогою якої можна розв'язати систему логічних, алгебраїчних або диференціальних рівнянь [5]. За допомогою сучасних комп'ютерних програм стало можливим імітування поведінки досліджуваних систем складного характеру.

Мі зупинимось на використанні комп'ютерних моделей в навчальному процесі підготовки курсантів. Аналітичне моделювання передбачає написання систем з алгебри, диференціальних, інтегральних рівнянь і логічних умов. Для дослідження аналітичної моделі можуть бути використані аналітичний і чисельний методи. Останнім часом чисельні методи реалізуються за допомогою комп'ютерних програм, тому комп'ютерні моделі можна розглядати як різновид математичних.

Ефективним способом вивчення явищ навколишньої дійсності або оптимізації виробничого процесу є науковий експеримент, що складається у відтворенні досліджуваного явища в керованих і контрольованих умовах. Однак часто проведення експерименту неможливо або вимагає занадто великих економічних витрат і може привести до небажаних наслідків. В цьому випадку досліджуваний об'єкт замінюють комп'ютерною моделлю і досліджують її поведінку при різних зовнішніх впливах, при зміні характеристик чи параметрів процесу.

Під час лабораторного практикуму курсанти проводять обчислювальні експерименти за допомогою комп'ютерних моделей, імітуючи реальні технологічні процеси, які пов'язані з функціонуванням судна. Логічність, формальний підхід комп'ютерних моделей дозволяють виявити ті фактори, які описують властивості досліджуваних об'єктів, а зміна параметрів і початкових умов досліджуваного процесу дає можливість передбачення та аналізу отриманих рішень.

Комп'ютерне моделювання вимагає абстрагування, після цього проводиться серія обчислювальних експериментів на комп'ютері, інтерпретація результатів, зіставлення результатів моделювання з поведінкою досліджуваного об'єкта. Таким чином організований експеримент значно доступніше реального експерименту, що в рамках навчального процесу зовсім неможливий.

Під час вивчення матеріалу дисципліни Інформаційні технології для проведення комп'ютерного моделювання курсанти використовують обчислювальні та графічні можливості табличного процесору MS Excel.

Розглянемо одну з таких задач «*Моделювання розрахунку максимального завантаження судна*», розв'язування якої повинно дати відповідь, як оптимально розташувати вантаж, щоб в обмежений обсяг увійшла максимальна кількість контейнерів або як вмістити в цей простір їх необхідну кількість. При цьому ми повинні відмовитись від додаткових витрат часу та заповнити обмежений обсяг самим ефективним способом.

Розв'язування задачі розбивається на наступні етапи:

- постановка завдання, опис досліджуваної системи, виявлення її компонентів, їх взаємодії і основних характеристик;
- формалізація експерименту, тобто створення математичної моделі, що відбиває сутність досліджуваного об'єкта;
- розробка алгоритму, реалізація якого дозволить вирішити поставлене завдання;
- планування та виконання обчислень в табличному процесорі за допомогою вбудованих функцій, доробка алгоритму і отримання результатів;
- аналіз і інтерпретація результатів, їх зіставлення з реальними даними.

Для розв'язування задачі будемо вважати, що здійснюється завантаження судна контейнера, причому габарити судна обмежені, а контейнери можуть бути будь-якого розміру. Ідеальний випадок - коли розміри контейнерів кратні розмірам палуби судна. Тоді порахувати кількість контейнерів, що будуть розташовані на палубі нескладно.

Припустимо, що нам потрібно розв'язати задачу, коли розміри вантажу і палуби не кратні, і що контейнери можна розташовувати як завгодно, тобто на них немає маркування "верх". В такому випадку можливо шість варіантів розташування вантажу. В свою чергу кожний варіант розпадається ще на кілька підваріантів, коли, наприклад, слід не тільки розмістити, а й співставити контейнери різної форми та розміру.

Нам потрібно попередньо оцінити всі шість варіантів розташування, при цьому розташувати цей вантаж так, щоб в обмежений обсяг увійшла максимальна кількість контейнерів або нам з умови задачі дають визначену їх кількість (рис.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Палуба	Габарити								
2		Ширина	3,00		ПАРАМЕТРИ на ВИХОДІ						
3		Довжина	3,50		Партія						
4		Висота	2,00					К-ть			
5					Кількість вибору (партія 1)			54	Ширина x Довжина x Висота		
6		Контейнер	Габарити		Кількість по ширині (партія 2)			7	Висота x Ширина x Довжина		
7		Ширина	0,45		Кількість по довжині (партія 3)			42	Ширина x Висота x Довжина		
8		Довжина	1,90		Кількість по висоті (партія 4)			0	0		
9		Висота	0,22		Всього			103			
10					Загрузка палуби			92,26%			
11		Кількість	97	-6	Залишається вільне місце!						
12					Перша партія						
13					Вільний пр						
14		Вибір	Розташування	Варіант розташування	Розміщується контейнерів				Заповнення палуби	По ширині	По довжині
15					По ширині	По довжині	По висоті	Всього			
16	1	Ширина x Довжина x Висота	Вар. 1	6	1	9	54	48,4%	0,30	1,60	
17	0	Висота x Довжина x Ширина	Вар. 3	13	1	4	52	46,6%	0,14	1,60	
18		Ширина x Висота x Довжина	Вар. 5	6	1	4	50	48,5%	0,30	1,60	

Рисунок 2. Скріншот розв'язування задачі

**Висновки.** Моделювання по своїй суті зводиться до побудови та аналізу моделей предметів, явищ, процесів і об'єктів. Воно є універсальною методологією наукового пізнання і рішення практичних завдань.

Інформаційні технології за допомогою яких проводиться обчислювальні експерименти дають можливість в рамках навчального процесу вивчати природу і поведінку об'єкта, можливість обчислення характеристик системи з необхідною точністю і достовірністю, оптимізувати виробничий процес, спрогнозувати кінцевий результат експерименту та проаналізувати отримані рішення.

Крім того, інформаційне забезпечення, програмні та технічні засоби повинні дозволяти моделі обмінюватися інформацією з відповідною базою даних і забезпечувати ефективну машинну реалізацію і зручну роботу користувача.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Абдурахманова З. К. Компьютерное моделирование в системе образования: Вестник социально-педагогического института, 2011. – Махачкала: Изд-во Даггоспедуниверситет, - №1. – С.34-35.
2. Тыщенко О. Б. Новое средство компьютерного обучения - электронный учебник // Компьютеры в учебном процессе, 2008, № 10, стр. 89-92.
3. Майер Р. В. Компьютерное моделирование: моделирование как метод научного познания. Компьютерные модели и их виды // Научный электронный архив. Режим доступа: URL: <http://econf.rae.ru/article/6722> (дата звернення: 21.08.2019)
4. Семеріков С. О., Мантій І. С., Словацький К. І., Теплицький І. О., Теплицький О. І.: Мобільне програмне забезпечення для навчання інформатиці у середній школі. Науковий журнал НПУ ім. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання 2010. - №8. – С. 20-29.
5. Боев В. Д., Сыпченко Р. П., Компьютерное моделирование. – ИНТУИТ.РУ, 2010. – 349 с.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ПРИРОДНИЧОГО ЦИКЛУ В ХЕРСОНСЬКІЙ ДЕРЖАВНІЙ МОРСЬКІЙ АКАДЕМІЇ

Знамеровська Н.П., Кравцова Л.В.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Ефективність навчання завжди оцінюється його результатами. Будь-який диплом спеціаліста не має сенсу, якщо випускник з таким дипломом не може знайти роботу за фахом, не може реалізувати себе за обраною спеціальністю, втрачає кваліфікацію та взагалі впевненість у своїх силах. Першочерговою проблемою навчального закладу є працевлаштування тих, ким він опікувався декілька років, відповідальність за їх подальше працевлаштування. Звісно, багато залежить і від самого випускника, як старанно він навчався, які знання отримав, які навички придбав, якими уміннями володіє. Але цеглинка його знань у великій мірі складаються з того, що та як викладається у виші. Тому кожна кафедра, кожен викладач відчуває власну відповідальність за якість навчання.

**Актуальність досліджень.** Використання сучасних інноваційних технологій є сьогодні дуже «модною» темою, тому кожен навчальний заклад, від звичайної школи до університету, не може ігнорувати віяння часу, створює сайти дистанційного навчання та пропонує своїм слухачам різні форми і методи набуття знань, і цей напрям роботи не втрачає своєї актуальності. Не осторонь і Херсонська державна морська академія, яка має власний сайт дистанційного навчання та розвинуту систему його використання, від звичайних електронних методичних матеріалів до інтерактивних квестів та навіть електронної перевірки знань. У наступному дослідженні ми пропонуємо методiku засвоєння теми, яку ми зазначили як «ланцюжок», який зв'язує окремі елементи дисципліни природничого циклу та кінцеву мету навчання – отримання професійних знань курсантами, використовуючи при цьому найсучасніші технології.

### Основна частина

Головною метою будь-якого навчання є отримання тими хто навчається повного комплексу знань, вмінь та навичок, які необхідні йому як фахівцю при виконанні професійних обов'язків. Але перш ніж отримати роботу за фахом, претендент має довести свою компетентність. Особливо це стосується фахівців морського профілю, які вимушені підтверджувати свої знання на міжнародному рівні, мріючи працевлаштуватися у міжнародні морехідні компанії. Тому весь процес навчання у морському виші має бути спрямований на всебічну підготовку майбутніх моряків. Жодна дисципліна, яка входить у низку дисциплін навчального плану курсанта, не може існувати окремо, просто як дисципліна, кожен пункт її робочої програми відображає безпосередній зв'язок матеріалу що викладається із елементами програм професійно спрямованих курсів, має бути фундаментальною основою для їх засвоєння. В рівній мірі це відноситься до дисциплін природничого циклу, таких як математика, фізика, нарисна геометрія та інженерна графіка, теоретична і прикладна механіка. Компетентнісний підхід до навчання передбачає безпосередній зв'язок між реалізацією вимог до професійної підготовки та фундаментальними науково - технічними знаннями та вміннями спеціалістів.

Саме так позиціонує свій погляд на викладання цих дисциплін кафедра загальноінженерної підготовки Херсонської державної морської академії (ХДМА). Технічно-прикладна спрямованість курсів повинна закласти підґрунтя, яке б допомогло краще зрозуміти курсанту морського навчального закладу всю специфіку обраної професії, сприймати її не як важку фізичну працю, а як творчий, розумовий процес, який потребує багато знань, умінь логічно мислити, акумулювати і застосовувати отримані під час навчання знання у своїй професійній діяльності.

Але досягти максимального ефекту у навчанні неможливо без впровадження в навчальний процес сучасних технологій, які дозволяють візуалізувати складні механічні явища, концентрувати увагу курсанта на фізичних і механічних процесах, що відбуваються з кожною складовою одиницею, окремою деталлю обладнання, що забезпечують життєдіяльність морського судна. Компетентнісний підхід до навчання має бути реалізований ланцюжком, який зв'язує створення програми навчання та кінцеву мету – отримання професійних знань курсантами, використовуючи при цьому найсучасніші технології та методики навчання.

Наведемо приклад побудови такого ланцюжка при вивченні дисципліни «Нарисна геометрія та інженерна графіка», а саме при викладенні теми: «Зображення – види, розрізи, перерізи. Теоретичний кресленик корпусу судна». Зазначимо, що тема обов'язково вивчається із застосуванням інтерактивного матеріалу, що розташований на сайті дистанційного навчання ХДМА.

Спочатку викладач реєструється на сайті та активує матеріал, який у 3D форматі представляє курсантам загальний вигляд морського судна (у якості об'єкту розглянуто суховантажне судно), який показується з різних ракурсів. Метою цього представлення є, по – перше, візуалізація реального конструкторського об'єкту, на підставі якого буде розглядатися зазначена тема, а по – друге, мотивація та зацікавлення курсантів темою через її безпосередній зв'язок з об'єктом їх майбутньої професійної діяльності. Так курсант значно краще сприймає навчальний матеріал, набуває навички просторового мислення, запам'ятовує окремі елементи проектування, адже корпуси суден, що рухаються, представляють подовжене тіло, обмежене кривими поверхнями, які створюють обтічну форму, що зменшує опір воді і повітрю його руху. Форма корпусу всіх суден в поперечному перерізі робиться симетричною для того, щоб опір при його русі з боку зовнішніх сил взаємно врівноважувався, та дії керма на кожен борт були б однакові. Тому за темою «Зображення – види, розрізи, перерізи» це майже ідеальний приклад зі всіх точок зору. Зрозуміло, що викладач надає коротку інформацію про те, як називаються основні елементи корпусу, адже його конструкція детально вивчається у дисципліні «Теорія та будова судна» кафедри управління судном. Далі представлена 3D модель перетворюється у ескіз, на якому, власне, і розглядаються необхідні елементи перерізів. Загальне представлення про геометричні характеристики форми корпусу судна надає метод перерізу корпусу трьома взаємно перпендикулярними площинами: вертикальною площиною симетрії, що проходить від носа до корми і поділяє судно на правий і лівий борти, її називають діаметральною; горизонтальною площиною, що проходить через кіль судна і називається основною площиною (ОП), або площиною конструктивної ватерлінії (КВЛ), і вертикальною площиною, перпендикулярною першим двом, що проходить посередині розрахункової довжини судна – це площина мідель - шпангоута. При цьому враховуються всі правила виконання суднобудівельного кресленика.



Рисунок 1. Суховантажне судно: а) загальний вигляд; б) 3D модель; с) площини, що ділять судно

Тепер викладач переходить безпосередньо до теми заняття; за допомогою комп'ютерної графіки пояснює методику побудови перерізів, необхідні елементи

кресленика тощо. Закріпленню отриманої інформації сприяє виконання курсантами індивідуальних завдань, безпосередньо об'єднуючих елементи судна та їх графічне зображення. Завершує заняття повторення алгоритму вивчення теми – того самого ланцюжку, що допомагає реалізувати компетентнісний підхід до навчання, поєднуючи мету вивчення та засвоєння матеріалу та її реалізацію.

**Висновки.** Таким чином, за допомогою створення нової методики викладання будь – якого курсу, до того ж із застосуванням сучасних технологій, можна досягти значно кращих результатів навчання, що сприяє отриманню високого рейтингу наших випускників на міжнародному ринку праці.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гуревич Р. С. Інформаційні технології в професійній освіті майбутніх фахівців / Р. С. Гуревич, М. Ю. Кадемія, М. М. Козяр; за ред. член-кор. НАПН України Гуревича Р. С. – Львів : ЛДУ БЖД. – 2015. – 380 с.
2. Емельянов С.Г. Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика в задачах и примерах: Учебное пособие / П.Н. Учаев, С.Г. Емельянов, К.П. Учаева; Под общ. ред. проф. П.Н. Учаева. - Ст. Оскол: ТНТ, 2013. - 288 с.
3. Кравцова Л.В., Камінська Н.Г., Зайцева Т.В. Впровадження сучасних інноваційних технологій навчання в освітній процес // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. – 12с.

## ОХОРОНА ПРАЦІ НА СУДНІ: МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «БЕЗПЕЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ СУДНОВИХ ТРАПІВ ТА СХОДИН»

Камаєв О.Ю., Кравцова Л.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Підготовка фахівця морської галузі, конкурентоспроможного на міжнародному ринку праці, потребує врахування багатьох аспектів, кожен з яких відіграє власну роль у цьому процесі. Одним з таких аспектів є збереження людини, особистості, її здоров'я та життя. Коли моряк уходить в рейс, він має медичне підтвердження про те що стан його здоров'я дозволяє йому працювати в умовах багатомісячного перебування на судні. Адже, по закінченні рейсу він повинен повернутися додому хай трохи виснаженим, втомленим, але фізично здоровим та неушкодженим. Навчальна програма підготовки майбутніх моряків Херсонської державної морської академії повністю враховує усі вимоги міжнародних компаній – роботодавців, тому у ланцюжку дисциплін курс «Основи охорони праці» займає свою особисту нішу.

**Актуальність дослідження.** Охорона праці на судні – це, в першу чергу, створення умов, при яких вплив шкідливих факторів під час перебування на судні, тобто несення вахти чи відпочинку, або зовсім виключено, або мінімізовано. Шкідливими вважаються такі фактори, які можуть привести до захворювання працівника чи до його травматизму. Використання трапів на судні за невиконання умов їх безпеки або правил поведінку також відноситься до травмонебезпечного обладнання, тому дослідження зі створення методики, що покращує рівень підготовки курсантів, у тому числі і з охорони праці на судні, завжди є актуальними.

**Основна частина.** У відповідності до Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти STCW 78/95, який створено в першу чергу з метою посилення охорони людського життя, захисту навколишнього середовища та збереження майна, програма навчальної дисципліни «Основи охорони праці» враховує вимоги, які висуває міжнародне морське суспільство до компетенцій морських фахівців. Це стосується без винятку всіх членів екіпажу будь-якого судна, адже тільки спільна турбота про безпеку судна, майна, вантажу який це судно перевозить, та головне здоров'я та життя моряків може привести до досягнення мети – виконання професійних обов'язків команди в суворих умовах морської праці. У кожній главі цього документу є пункти стосовно охорони праці моряка при виконанні тієї чи іншої роботи. Глава VI цього Кодексу містить «Вимоги відносно функцій, які пов'язані із надзвичайними ситуаціями, охороною праці, охороною судна, медичним доглядом та виживанням», а розділ A-VI/1 «Обов'язкові мінімальні вимоги до ознайомлення, початкової підготовки та інструктажу з питань безпеки для усіх моряків».

Серед усіх питань, які розглядаються в курсі основ охорони праці на судні, також є і дуже важливе питання, яке стосується всіх присутніх на судні моряків та й взагалі всіх хто з тієї чи іншої причини піднімається на судно. Це питання використання трапів. Якщо до цього відноситися без належної уваги, це може привести навіть до тяжких травм та втрати працездатності. Це, звісно розуміє досвідчений моряк, який пройшов не один рейс та, можливо, у його практиці були випадки легкого чи тяжкого травмування на трапах судна. Але курсанти – початківці, як завжди, вважають найважливішими такі дисципліни як «Навігація та лоція», «Теорія керування судном», навіть «МПСС», а до охорони праці на судні відносяться без належної уваги, думаючи що навички її використання вони отримують безпосередньо на судні. Тож задача викладача - донести до усвідомлення курсанта, що збереження здоров'я та життя, поряд з виконанням професійних обов'язків, найважливіше як для самого моряка, його рідних, які проводять його та зустрічають з рейсу, так і для компанії, на яку моряк працює.

При викладанні теми «Вимоги техніки безпеки при експлуатації трапів, сходин, штормтрапів» викладач не обмежується технічною стороною цього питання, вивченням конструкції трапів, їх характеристик, які впливають на правила їх застосування, хоча це, безумовно, необхідні теоретичні знання, без яких неможливо розуміння саме техніки безпеки. Тут важливо донести практичний досвід тих хто пройшов декілька рейсів та може надати початківцям корисні поради, рекомендації, звернути їх увагу на найбільш небезпечні елементи поведінки при користуванні трапами. До речі, у своїй методиці викладачі застосовують інформаційну базу, що створена на протязі декількох років спілкування з діючими моряками, аналізу отриманої інформації та її структуруванню.

Статистика нещасних випадків, пов'язаних з помилками поведінки на трапах, говорить про те що треба завчасно підготуватися до праці на судні, де фактично кожне пересування з рівня на рівень, з однієї палуби на іншу пов'язане з використанням трапів. При викладанні цієї теми методично важливо структурувати матеріал, проробити алгоритм, який краще запам'ятається курсанту, сформує навички, що обов'язково на підсвідомому рівні допоможуть йому в потрібний момент.

Приведемо приклад методики структурування матеріалу з теми «Експлуатація трапів і сходин на судні» дисципліни «Основи охорони праці» (скорочений варіант).

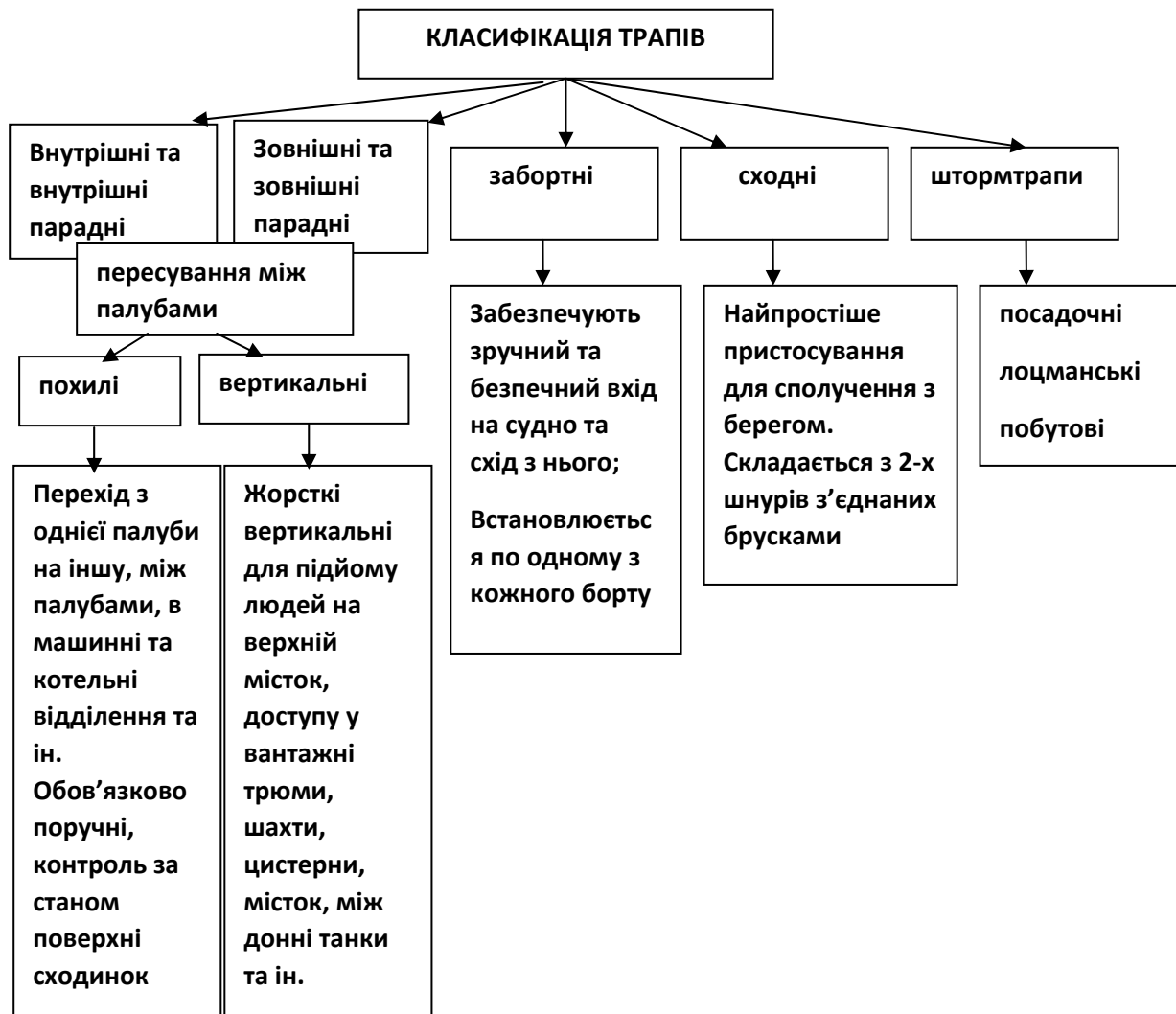


Рисунок 1. Структурування матеріалу з теми «Експлуатація трапів і сходин на судні» дисципліни «Основи охорони праці»

Таке схематичне структурування матеріалу краще запам'ятається курсантом. Звісно, викладання цієї теми не обмежується лише представленням цієї схеми; аналогічна схема враховує використання сходин у різних погодних умовах, в одягу відповідно цим умовам

(зимовий, літній); правильний вибір взуття; своєчасна перевірка стану сходин та інше; - кожен елемент має значення, тому що безпека на судні є першочерговою задачею як керівництва судна, так і безпосередньо самого моряка.

**Висновки.** Основною метою навчання в морському навчальному закладі є підготовка кваліфікованого спеціаліста, який буде професійно виконувати свої обов'язки та зможе продемонструвати хороші знання техніки безпеки поведінки на судні міжнародного рівню. Досвід викладання показав, що структурований матеріал краще запам'ятається, легше зв'язується з іншою інформацією, утворюючи фундаментальну базу знань, умінь та навичок, що необхідні фахівцю для зайняття посади згідно отриманої кваліфікації.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колегаев М. А. Иванов Б. Н., Басанец Н. Г. Безопасность жизнедеятельности и выживание на море: учебное пособие. – Одесса: Одесская национальная морская академия, 2011. – 353с.

2. Латухов С.В., Никитин В.А., Соколов М.О. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на морском транспорте : монография / Под общей редакцией В. М. Ушакова – Спб: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы, 2011. – 276 с.



# МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ СУДОВОДИТЕЛЕЙ

Каштальян П.В., Рожков С.А., Терновая Т.И.  
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Рост количества перевозок грузов морским транспортом вызывает повышение требований к безопасности судовождения и, как следствие, повышение требований к квалификации лиц, обеспечивающим процесс судовождения [1-6]. Тренажерная подготовка судоводителей является эффективным средством получения знаний и навыков для обеспечения оптимального управления судном. Тренажерные комплексы для обеспечения качественной подготовки специалистов должны обладать, прежде всего, мощными программно-аппаратными платформами тренажеров и большим выбором имитаторов реальной обстановки.

Автоматическое моделирование ситуаций, максимально приближенных к реальным и с учетом особенностей конкретного судна, может быть обеспечено за счет использования современных информационных технологий. Это позволит достичь более точного оценивания реакции лица, обеспечивающего судовождение, и продолжить обучение с учетом приобретенных навыков.

Модель процесса принятия решения человеком принято описывать динамической системой [7]:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{Q}\mathbf{g} \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}\mathbf{x} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где вектор состояния  $\mathbf{X}$  описывает развитие процесса принятия решения; управление  $\mathbf{u}$  и возмущения  $\mathbf{g}$  описывают входные действия; вектор  $\mathbf{y}$  описывает уровень готовности решения; матрицы  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{Q}$  описывают линейную динамическую систему в пространстве состояний.

Задача прокладки маршрута требует не только штурманского комплекта и легенды, но и подготовленной статистики прохождения маршрута. Это позволяет оценить работу судоводителя по критерию рисков. Задача удержания на заданном курсе требует дополнительно использование динамической модели судна.

Несмотря на высокий уровень автоматизации, многие задачи по навигации и управлению судном все еще осуществляются вручную. Это требует от штурманского состава знания особенностей своего судна в конкретных условиях и получение полной информации от навигационного оборудования. Таким образом, единственным рабочим решением остается отработка согласованности действий команд ходового мостика на имеющихся тренажерных комплексах и предоставление экипажа достаточного времени для ознакомления с оборудованием и характеристиками конкретного судна.

## ЛІТЕРАТУРА

1. TRANSAS Navi-Planner 4000. User manual. 2013. –234 p.
2. Наказ Міністерства інфраструктури України №567 від 07.10.2014 «Про затвердження вимог до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та судової команди». Метод доступу: оф. текст з сайту Верховної Ради України [www.zakon3.rada.gov.ua].
3. Акмайкин Д. А. Обзор функциональных возможностей и перспективы современных автоматизированных систем планирования маршрута судна / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, С.Ф. Ключева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. –2017. – Т. 9. –№ 2. –С. 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251.

4. Мироненко А.А. Идентификация траектории движения судна // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – М., 2014 С. 3102-3114.
5. Tkach V.A., Kashtalyan P.V., Rozhkov S.A. Monitoring and Control Systems of Modern Intellectual Interfaces // IEEE 4th International Conference Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC). October 18-20, 2016 Kyiv. pp.237-240. (in Ukraine). IEEE Catalog Number: CFP1652Y-PRT; ISBN: 978-1-5090-1052-3. INSPEC Accession Number: 16545525 DOI: 10.1109/MSNMC.2016.7783151
6. IMO model course 7.03 “Officer in charge of a navigational watch”. IMO, London – 2014. 275p.
7. Павловська О.О. Алгоритм визначення параметрів математичної моделі механіка-водія, керівника криволінійним рухом швидкохідної гусеничної машини /Павловская О.О., Кондаков С.В. //Вестник Юургу № 3, 2012 . с 43-47.

## **ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ СУДОВОДИТЕЛЕЙ МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ МЕСТА СУДНА**

Коротченко Н.П.

Дунайский институт Национального университета «Одесская морская академия»  
(Украина)

Грамотное решение основной задачи судовождения – проводка судна по заданному маршруту – контролируется регулярными определениями места судна (ОМС). В действительности, на практике применение визуальных методов ОМС на многих судах сведено к нулю. Не лучше обстоит дело с применением радиотехнических средств навигации, исключая спутниковую навигационную аппаратуру и РЛС. Необходимо помнить, что требования Международной конвенции ПДНВ -78/95 к минимальному стандарту компетентности вахтенного помощника капитана предписывают наличие знаний, понимания, профессиональных навыков, умения определять место судна с помощью береговых ориентиров, средств навигационного ограждения, счисления пути судна с учетом внешних факторов, ведение навигационной прокладки на морской навигационной карте.

Совершенствование технических средств судовождения, дальнейшее их развитие привело к тому, что большинство способов обычных ОМС заменено получением координат по спутниковым навигационным системам типа GPS, счисление пути судна, навигационная прокладка осуществляется с помощью электронно-картографических навигационных информационных систем (ЕКНИС). Это вызвало неверное отношение многих курсантов и судоводителей к пониманию теории и практики ОМС.

Успешная практическая подготовка судоводителя по решению любой задачи требует глубокого понимания принципов её решения и закрепления этих принципов многократным практическим решением различных типовых задач в учебных аудиториях, на практических или лабораторных работах, в процессе самостоятельной работы курсанта и при прохождении всех видов практик.

Принципы или сущность ОМС достаточно просты и универсальны. Однако современная практическая подготовка курсантов по решению многих задач судовождения затруднительна по следующим причинам: недостаток объема занятий по специальным дисциплинам, возможности практических работ на ходовом мостике для курсантов во время плавательных практик крайне ограничены на всех суда по разным причинам, на судах очень мало судовых штурманов, которые четко помнят теорию и умеют практически решать задачи ОМС и могут помочь курсанту. С другой стороны знать принципы и уметь решать задачи необходимо в первую очередь для повышения безопасности плавания судов за счет контроля работы технических средств судовождения.

Изложение простейших определений теории и практики ОМС, применение практических навыков решения принципиальных задач существенно расширяют кругозор и морскую эрудицию судоводителя, позволяют свободно ориентироваться в окружающей обстановке, применять по мере приобретения опыта лоцманские методы судовождения, совершенствовать личные навыки грамотных, уверенных действий в экстремальных ситуациях, умело использовать всю сложную информацию современных средств автоматизации судовождения. Обязательное практическое умение решать задачу ОМС необходимо также для грамотной замены средств автоматизации на случай их аварийного выхода из строя.

Для выполнения поставленной задачи необходима общая связь теоретических знаний, лабораторно-практических занятий и практической подготовки курсантов во время плавпрактики.

## ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г.  
Херсонская государственная морская академия (Украина)

**Введение.** Судовых офицеров-электромехаников в Херсонской морской академии готовит выпускающая кафедра эксплуатации судовых энергетических установок. Современная потребность в развитии технического оснащения не только морского и речного флота Украины и мира, но и соответствующих береговых предприятий, обслуживающих флот, была и остаётся приоритетной в формировании стратегии подготовки специалистов морского профиля в ХГМА. Комплексная автоматизация современных судов, использование новейшего электрооборудования и технологий приводят, с одной стороны, к увеличению тоннажности мирового флота, сокращению судового экипажа, а с другой – к повышению требований к подготовке судовых офицеров – электротехников в сфере эксплуатации, технического обслуживания и ремонта судового электрооборудования, судовых систем автоматического управления.

**Актуальность исследования.** В экстремальных условиях (например, в случае аварийного отключения электроэнергии на судне и использования дополнительных источников) специалист должен принять управленческое решение относительно оптимального распределения запасов. Свой вклад в решение общей задачи повышения качества подготовки электромехаников кафедра информационных технологий, компьютерных систем и сетей академии видит во внедрении современных компьютерных технологий в повседневную работу специалистов, в вооружении их знаниями, умениями и навыками решения сложных профессиональных задач, в том числе, и с помощью современного программного обеспечения. Такая позиция кафедры направлена на решение актуальных вопросов, связанных с компетентностью выпускников академии в сфере инноваций.

**Основная часть.** При проектировании и эксплуатации технических систем постоянно приходится решать задачи поиска наилучшего решения из некоторого множества допустимых решений. Такое решение называют *оптимальным*, процесс поиска такого решения - *оптимизацией*, а задачи, в которых требуется найти такое решение - *оптимизационными задачами*. Показатель, по величине которого оценивают, является ли решение оптимальным, называется критерием оптимальности.

Для решения оптимизационных задач будущему специалисту необходимы знания основ математического моделирования технических систем, методов решения оптимизационных задач, современного программного обеспечения персональных компьютеров.

Изначально любая техническая задача представляется своим физическим смыслом, т.е. текстом, или технологической схемой. Далее, формулировка технической задачи должна быть переведена на формальный математический язык, т.е. записана с помощью определенных математических выражений в соответствии с физическими законами, которым подчиняется исследуемый процесс. Для конкретной оптимизационной задачи не разрабатывается специальный метод решения. Существуют математические методы, предназначенные для решения любых оптимизационных задач - методы математического программирования. Будущий специалист должен знать основы математического моделирования и уметь составлять математические модели оптимизационных задач, уметь выбрать целесообразный метод для решения конкретной технической задачи.

В электроэнергетике в зависимости от требований поставленной задачи могут приниматься различные критерии оптимальности, например, такие как:

- критерий надежности электроснабжения;
- критерий качества электроэнергии;

- критерий наименьшего отрицательного воздействия на окружающую среду (экологический критерий), и т.д.

Решение оптимизационной задачи включает в себя следующие этапы:

1. Сбор исходной информации (входных данных).
2. Составление математической модели, под которой понимается формализованное математическое описание решаемой задачи.
3. Выбор метода решения, определяемого видом математической модели.
4. Выполнение математических вычислений (использование специальных компьютерных программ).
5. Анализ полученного решения задачи.

Исходная информация представляет собой техническую постановку задачи и числовые данные, соответствующие входным параметрам.

Формализованное математическое описание оптимизационной задачи, другими словами, математическая модель, включает в себя: целевую функцию; ограничения; граничные условия.

*Целевая функция* представляет собой математическую запись критерия оптимальности. При решении оптимизационной задачи требуется определить экстремум целевой функции, например минимальные затраты или максимальную прибыль. Обобщенная запись целевой функции имеет следующий вид:

$$Z(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr},$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – искомые переменные, значения которых вычисляются в процессе решения задачи; общее количество переменных равно  $n$ .

Искомые переменные по своему характеру делятся на непрерывные, дискретные и целочисленные. Примером непрерывной переменной может служить мощность, передаваемая по линии электропередачи, целочисленной - количество трансформаторов для электроснабжения объекта или количество контейнеров, размещенных в трюме, дискретной - искомая мощность трансформатора или искомое сечение линии электропередачи. Распространенной задачей с дискретными переменными является задача выбора оптимального варианта из числа заданных (предлагаемых).

*Ограничения* представляют собой различные технические, экономические, экологические условия, учитываемые при решении задачи. Математически ограничения - это зависимости между переменными  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , задаваемые в форме неравенств или равенств:  $f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_1$ ;  $f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_2$ ;  $\dots \dots \dots f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) > b_m$ .

Появление такого мощного программного средства, как электронные таблицы MS Excel, дает возможность пользователю решать практически любые оптимизационные задачи, совершенно различные по своему классу и содержанию. Целью изучения этой темы является приобретение курсантами – электромеханиками навыков работы с современными программными приложениями.

Очевидно, нельзя полагать, что компьютер сам может выполнить всю работу. Такие этапы, как формулировка конкретной задачи оптимизации, сбор и подготовка исходной информации, составление математической модели, ввод в компьютер исходных данных и анализ решения должны выполняться пользователем. А это означает, что специалист должен владеть всеми составляющими этого процесса.

Одним из частных случаев оптимизационных задач является транспортная задача, т.е. задача отыскания таких путей перевозки продукта от пунктов производства к пунктам потребления, при которых общая стоимость перевозок оказывается минимальной. Так выглядит классическая формулировка транспортной задачи. Однако на базе этой математической модели можно с большим успехом решать массу иных прикладных задач.

Математический аппарат транспортной задачи применим и к задачам электроэнергетики. Здесь под продуктом подразумевается электрическая мощность, передаваемая от источников питания к потребителям по линиям электропередачи.

Источниками питания являются электрические станции или подстанции, потребителями – любые потребители электроэнергии. Например, на судне речь может идти об оптимальном распределении аварийных энергетических ресурсов. Также оптимизации могут подлежать затраты на схему электрической сети, состоящей из линий электропередачи, связывающих узлы источников питания с узлами потребителей.

Итак, покажем на примере возможную техническую постановку задачи. Пусть в проектируемой системе электроснабжения имеется  $i = 1, 2, \dots, n$  узлов источников питания и  $j = 1, 2, \dots, m$  узлов потребителей. Мощность каждого из источников составляет  $A_i$ , а мощность каждого из потребителей -  $B_j$  единиц мощности (е.м.). Известно взаимное расположение узлов источников и потребителей. Стоимость передачи единицы мощности от источника  $i$  к потребителю  $j$  (удельная стоимость) составляет  $z_{ij}$  у.е./е.м. Общее количество возможных к строительству линий электропередачи, связывающих источники с потребителями, составляет  $nm$ . Мощности, передаваемые по этим линиям, являются искомыми переменными  $x_{ij}$ , следовательно, количество искомых переменных составляет  $nm$ .

Следующим этапом является построение математической модели. Заметим, что с переменными мы уже определились.

Затраты на электрическую сеть равны сумме произведений удельных стоимостей на величины передаваемых мощностей от источников  $i$  к потребителям  $j$ . Поэтому подлежащая минимизации целевая функция имеет следующий вид:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

С позиций теоретической электротехники, электрическая сеть является электрической цепью, и для этой сети применимы все законы, известные из курса электротехники, в частности 1-й закон Кирхгофа. Для каждого  $i$ -го источника питания сумма мощностей, оттекающих по линиям ко всем  $j=1,2,\dots,m$  узлам потребителей, равна мощности  $A_i$  этого источника

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = A_i \quad (2)$$

Для каждого  $j$ -го потребителя сумма мощностей, притекающих по линиям от всех  $i=1,2,\dots,n$  источников, равна мощности  $B_j$  этого потребителя

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = B_j \quad (3)$$

Эти соотношения, представляющие собой балансы мощности в каждом из узлов, являются ограничениями при решении транспортной задачи. Общее количество ограничений равно количеству узлов источников и потребителей  $n+m$ . Из теоретической электротехники известно, что для любой электрической сети количество независимых уравнений, составленных в соответствии с первым законом Кирхгофа, на единицу меньше количества узлов и составляет  $(n+m-1)$ . Следовательно, количество независимых ограничений составляет  $(n+m-1)$ . Каждая базисная переменная  $x_{ij}$  соответствует присутствию в схеме линии между узлами  $i$  и  $j$ , поскольку мощность, протекающая между узлами  $i$  и  $j$ , не равна нулю. Каждая свободная переменная  $x_{ij}$  соответствует отсутствию в схеме линии между узлами  $i$  и  $j$ , поскольку мощность, протекающая между узлами  $i$  и  $j$ , равна нулю.

Целевая функция (1) и системы ограничений (2), (3) представляют собой математическую модель транспортной задачи. Видно, что выражения целевой функции и ограничений являются линейными.

**Пример.** В проектируемой системе электроснабжения имеется два узла с источниками питания и три узла потребителей. Мощности источников составляют  $A_1$  и

$A_2$ , а мощности потребителей -  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  е.м. Взаимное расположение узлов и возможные к сооружению линии электрической сети показаны на рис. 3.1. Удельные затраты на передачу мощностей по линиям между узлами источников и потребителей составляют  $z_{11}$ ,  $z_{12}$ ,  $z_{13}$ ,  $z_{21}$ ,  $z_{22}$ ,  $z_{23}$  у.е./е.м.

Составить математическую модель для решения транспортной задачи.

**Решение.** Целевая функция, представляющая собой суммарные денежные затраты на электрическую сеть, в соответствии выражением (1) будет иметь вид

$$Z = z_{11}x_{11} + z_{12}x_{12} + z_{13}x_{13} + z_{21}x_{21} + z_{22}x_{22} + z_{23}x_{23} \rightarrow \min$$

Ограничения, представляющие собой балансы мощности в узлах электрической сети, в соответствии с выражениями (2) и (3), будут иметь следующий вид:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} = A_1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} = A_2 \\ x_{11} + x_{21} = B_1 \\ x_{12} + x_{22} = B_2 \\ x_{13} + x_{23} = B_3 \end{cases}$$

Остаётся добавить обязательное условие:  $x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23} \geq 0$ .

Математически для решения поставленной задачи можно использовать различные оптимизационные методы, например, распределительный метод, метод потенциалов и т.д. Однако даже при таком количестве переменных решение достаточно сложно. Реально количество переменных значительно больше, и использование «ручных методов» теряет смысл. Именно встроенный в программный модуль MS Excel пакет «Поиск решения» позволяет, разумеется, при правильном его заполнении, моментально получать оптимальное решение объёмных прикладных задач.

В реальных схемах электрических сетей часто оказывается целесообразной передача мощности через промежуточные (транзитные) узлы. Такими транзитными узлами могут быть как узлы источников питания, так и узлы потребителей. Математически это выражается в добавлении ограничений на переменные, что абсолютно не влияет на сложность решения такой оптимизационной задачи в модуле «Поиск решения».

**Выводы.** Мы привели несколько примеров использования оптимизационных моделей и методов в электроэнергетике. Таких примеров можно привести много. Это и задачи о потреблении реактивной мощности, и задачи многокритериальной оптимизации, и стохастические модели, параметрами которых являются случайные величины с определёнными вероятными значениями. Однако понимание технического смысла задачи, знание методики построения соответствующей математической модели, умение использовать современные технические средства для реализации решения поставленных задач однозначно даёт специалисту важный инструмент в его профессиональной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2003. - 120 с.
2. Келлер И.Э. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учебное пособие. - СПб.: Лань, 2015. - 512 с.
3. Кравцова Л.В., Камінська Н.Г. Реализация компетентного подхода при изучении информатики (MS Excel) 2017: учебник для курсантов и студентов морских учебных заведений // - Херсон : ХГМА, 2017 – 324с.

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НОВИЙ ПОГЛЯД НА ПІДГОТОВКУ КУРСАНТІВ – ЕЛЕКТРОМЕХАНІКІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ

Кравцова Л.В., Камінська Н.Г.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Кожен рік перед випускниками шкіл стає мабуть важливіше у житті питання: яку професію обрати? Цей вибір вплине на весь життєвий шлях, на успішність, самовпевненість, можливість самореалізуватися. Безумовно, на вибір випускника впливає порада батьків, перемовини з однолітками, моніторинг сайтів, на яких різноманітні виши пропонують свої цікаві напрямки діяльності. Дуже приємно, що кожен рік є багато хлопців та навіть дівчат, які вирішили зв'язати своє життя з морем. З одного боку, моряк - це було та залишається однією з найромантичніших професій. З іншого, ця професія дозволяє отримувати гідну оплату праці. Але шлях від бажання стати моряком до саме реалізації цього бажання дуже тернистий. Треба багато навчатися, постійно тренувати свої здібності, щоб нарешті усвідомити себе у цій професії.

**Актуальність досліджень.** Херсонська державна морська академія, пройшовши довгий шлях від морехідного училища до морського закладу, який відомий не тільки в Україні, а й далеко за її межами, робить все щоб здійснити мрію своїх вихованців. Для цього створені всі умови, як з боку технічного забезпечення навчання, так і з боку викладацького складу, який це навчання впроваджує. Кафедра інформаційних технологій, комп'ютерних систем і мереж також не стоїть осторонь інноваційних процесів, що відбуваються в академії.

Сьогодні ми живемо у такий час, коли молодь є дуже «продвинутою» у сфері сучасних технологій, та може отримати інформацію, яка їм потрібна, будь-де та будь-коли. Сучасний студент все більше прагне самостійності, у тому числі у процесі навчання. Так, він розуміє роль викладача, але і сам повинен проявити здатності до самонавчання, якщо будуть створені відповідні умови. Тому пошук таких форм та методів навчання, впровадження яких сприяло б активізації навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, підвищувало ефективність набуття ними нових знань, розвивало творчу активність, навички колективно злагоджених дій, є як ніколи актуальним сьогодні.

### Основна частина

Впровадження інноваційних технологій в процес навчання дозволяє, з одного боку, пропонувати нові підходи до викладання змісту курсу, а з іншого, значно підвищити ефективність і якість організації навчання, сприяти підвищенню інтересу студента як до отримання знань, так і до закріплення цих знань на практиці. До того ж, нові інноваційні методики є дуже привабливими для сучасного студента. Специфіка підготовки фахівця морської галузі вимагає від викладача не просто надати інформацію за тою чи іншою дисципліною, а реалізувати саме компетентнісний підхід до створення курсу. Тому викладачі намагаються навчальний матеріал супроводжувати такими прикладами та завданнями, з якими курсант буде мати справу під час проходження плавальної практики та взагалі у майбутній професійній діяльності.

Розглянемо одне з завдань, яке пропонується програмою курсу «Інформаційні технології» для суднових механіків: створення електронної бази даних - графіку перевірки обладнання в машинному відділенні. Цією програмою користуються на судах з метою наявності оперативної інформації з виконання робіт. При цьому вирішується декілька важливих питань: ознайомити курсанта з професійним використанням програмних засобів; закріпити навички роботи з електронними таблицями; надати знання з опрацювання динамічних баз даних. Доречі, скріншот зроблено з реальної бази даних, що встановлена на судах.



Aggregat e	Device	Interval	Next	Next	Next	Next	Next	Next	Next	Next	Next	Due	Today	Done	Лист
GENERAL EQUIPMENT	Steering Gear Greasing	SGG(1)	2 Weekly	14	21.05.19	04.06.19	18.06.19	02.07.19	16.07.19			6	10.07.19	07.05.19	
	SW Coolers Backwash	SWCB(2)	2 weeks	14	01.05.19	15.05.19	29.05.19	12.06.19	26.06.19	10.07.19		сьогодня	10.07.19	17.04.19	SWCB2
	Air Condition Ventilator V-belt	AirCV(3)	Monthly	30	04.03.19	03.04.19	03.05.19	02.06.19	02.07.19	01.08.19		22	10.07.19	02.02.19	
	SW Filters Cleaning	SWFC(4)	2 Months	30	14.03.19	13.04.19	13.05.19	12.06.19	12.07.19			2	10.07.19	12.02.19	
	Engine Room Ventilator Filters	ERV(5)	6 weeks	42	13.02.19	27.03.19	08.05.19	19.06.19	31.07.19			21	10.07.19	02.01.19	
	Battery Check(EDG)	BC-EDG(6)	2 weeks	14	26.05.19	09.06.19	23.06.19	07.07.19	21.07.19			11	10.07.19	12.05.19	
	Battery Check(RADIO)	BC-RADIO(7)	2 weeks	14	02.06.19	16.06.19	30.06.19	14.07.19				4	10.07.19	19.05.19	
	Air dryer desiccant change	AirDC(8)	3000 h	125	28.03.19	31.07.19						21	10.07.19	23.11.18	
	UPS plant	UPSP(9)	2 Months	60	21.11.18	20.01.19	21.03.19	20.05.19	19.07.19			9	10.07.19	22.09.18	
	Drinking Water Filter DOLOMIT	DWFD(10)	1 year	365	17.08.18	17.08.19						38	10.07.19	17.08.17	

Рисунок 1. Динамічна база даних «Перевірка обладнання»

Створення вказаної бази даних потребує від курсанта цілої низки знань та вмінь, таких як знання типів посилань в електронних таблицях (абсолютні, відносні, змішані); автозаповнення; формати (числовий, дата, загальний тощо); вміння за технічною постановкою задачі створити розрахункову формулу; перевірка отриманих результатів; використання динамічної бази даних безпосередньо у професійній діяльності.

Крім того, якщо звернути увагу на назви листів електронної книги, можна помітити аббревіатури за кожною назвою обладнання. Це означає, що в програмі реалізовані гіперпосилання другого рівню, тобто якщо дата перевірки співпадає з датою сьогодні, яка, доречі, змінюється автоматично, створюючи тим самим динаміку розрахунків, можна перейти саме на лист з назвою відповідного обладнання та отримати додаткову інформацію про його робочий стан, комплектуючі, деякі технічні відомості тощо.

Розглянута тема є дуже важливою з точки зору професійної підготовки курсанта, але і достатньо складною. Якщо з поважних причин курсант не був присутній на аудиторному занятті або не зовсім засвоїв цю тему, він легко може самостійно розібратися з рішенням завдання, використовуючи інтерактивні матеріали, створені викладачем і викладені на сайті дистанційного навчання.

**Висновки.** Моніторинг відвідувань курсантами сторінок сайту з дисциплін кафедри показує, що більшість курсантів активно використовують інновації в навчальному процесі, а результати виконання індивідуальних завдань, зафіксовані в електронному журналі, підтверджують гіпотезу про підвищення рівня засвоєння матеріалу курсантом, якщо викладач надав повне інформаційне забезпечення дисципліни в інтерактивному форматі і методично обґрунтував поєднання аудиторної, індивідуальної та самостійної роботи курсанта.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кравцова Л.В., Зайцева Т.В., Камінська Н.Г. Аналіз ефективності системи дистанційного навчання в процесі перевірки компетенцій // Інформаційні технології в освіті: [зб. наук. праць / ред. О.В. Співаковський]. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2017. – Вип. 32. – С. 74-85.
2. Кравцова Л.В., Камінська Н.Г. Реализация компетентного подхода при изучении информатики (MS Excel) 2017: учебник для курсантов и студентов морских учебных заведений // - Херсон : ХГМА, 2017 – 324с.

## ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ MS EXCEL ПРИ ПІДГОТОВЦІ СУДНОВИХ МЕХАНІКІВ: РОЗРАХУНОК ЗАПАСУ ПАЛИВА НА РЕЙС

Кравцова Л.В., Пуляєва Г.В.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

**Вступ.** Професійна спрямованість курсів, які викладаються у будь-якому навчальному закладі, є запорукою якісної підготовки спеціаліста, яка передбачає отримання тим хто навчається необхідних компетенцій. Специфіка підготовки спеціалістів морської галузі, а саме, мореходів, накладає дуже високі вимоги до професійних компетенцій фахівців, оскільки їх кваліфікація має бути підтвердженою на міжнародному ринку праці. Тому морські навчальні заклади приділяють значну увагу до професійної орієнтованості всіх дисциплін, у тому числі тих, які офіційно не відносяться до фахових. Так, наприклад, метою навчання з дисципліни «Інформаційні технології» у Херсонській державній морській академії (ХДМА) є формування у курсантів предметних компетентностей, необхідних для ефективного та раціонального використання сучасних інформаційних технологій та в подальшому ефективного вирішення практичних задач, пов'язаних з їх майбутньою професійною діяльністю. Саме розробка авторської методики викладання з урахуванням вимог до підготовки фахівців морського профілю дозволяє викладачам кафедри інформаційних технологій ХДМА підтримувати високий рівень знань, вмінь та навичок наших випускників.

**Актуальність досліджень.** В умовах інформатизації усіх сфер діяльності людини, сучасний професіонал має бути досвідченим користувачем сучасних засобів комунікації, безумовно володіти «комп'ютерною грамотністю» у широкому розумінні. Базові знання комп'ютера необхідні кожному спеціалісту, щоб працювати із різними об'ємами інформації, здійснювати обмін даними, інші важливі операції. Основи цих знань закладаються дисципліною «Інформаційні технології». Але саме професійна спрямованість курсу приваблює курсанта, викликає в нього бажання навчатися. Велику роль у становленні курсу грає наявність такого міцного ресурсу як сайт дистанційного навчання, який дозволяє як викладачу, так і курсанту працювати на сучасному рівні. Все це загалом робить тему дослідження актуальною. Обов'язкове знання сучасних комп'ютерних технологій, використання програмних додатків, спеціальних програм - це одне з вимог практично до кожного, хто бажає зайняти посаду на отриману кваліфікацією.

### Основна частина

Професійний судновий механік повинен не тільки забезпечувати безаварійну та надійну роботу всіх видів обладнання, їх правильну експлуатацію, своєчасний якісний ремонт та технічне обслуговування, але і вміти раціонально використовувати інформаційні технології для рішення задач, спрямованих на експлуатацію суднових енергетичних установок. Покажемо на конкретному завданні, як можна використовувати можливості електронних таблиць MS Excel для отримання практичних результатів, необхідних у роботі судномеханіка при плануванні рейсу.

Постановка задачі. За допомогою електронних таблиці MS Excel визначити запаси палива на період автономного плавання судна.

Серед рейсових запасів основне місце займають запаси палива. Витрати палива на судні залежить від багатьох факторів. Основними є:

- тип, міцність та технічний стан судової енергетичної установки;
- вид та сорт палива;
- тривалість рейсу;
- швидкість судна;
- зона плавання судна;

- кліматичні умови та сезон, і т.д.

Також, необхідно врахувати так званий штормовий запас палива, який становить приблизно 20% від усього запасу. Задача полягає в тому, що треба визначити вагу необхідного для рейсу запасу палива, враховуючи всі фактори та умови.

Для рішення поставленої задачі в табличному процесорі Excel було створено форму *Fuel reserve*, яка представлена на рис. 1.

1	Type of vessel: tanker								
2	Season	Navigation zone of the vessel			Course		Navigation duration, hour	Ship's speed	Storm fuel reserve
3		Oceans	Seas		Degree	Direction			
4	Winter-Spring	Pacific	Sea of Japan		40,0°	N	140	15	35%
6	Steaming time	120 h			Fuel reserve for trip		177,8 t		
7	Mooring time	15 h			Storm fuel reserve		62,2 t		
8	Boiler runtime	10 h			Total		240,0 t		
10	Fuel type	MDO							
13	Fuel consumption per boiler	68	kg/h						
15	Main ship engine								
16	Producer	MIRLIS							kW
17	Engine	KV (ЧРН38,1/43,7)							
18	Power of engine	4942,56							
19	Specific fuel consumption	0,204							
21	Auxiliary ship engine 1								

Рисунок 1. Розрахунковий лист

В цій роботі вибір всіх параметрів виконується за допомогою створених списків, що розкриваються, з джерелами даних на листах *Lists* та *Diesel engine*. Для визначення таких параметрів як міцність двигуна та питома витрата палива двигуном користуємось комбінацією функцій *INDEX()* та *MATCH()*.

1	Navigation zone of the vessel								Fuel type		
2	Oceans	Seas				Direction	Full name	Short name			
3	Season	1	2	3	4	5					
4	Summer-Autumn	Atlantic	Hudson Bay	Barents Sea	Red Sea	Bering Sea	Amundsen Sea	to North N	Heavy Fuel Oil	HFO	
5	Winter-Spring	2	Arctic	Baffin Bay	Kara Sea	Gulf of Aden	Gulf of Alaska	Weddell Sea	to East E	Marine Diesel Oil	MDO
6		3	Indian	Gulf of St. Lawrence	Beaufort Sea	Persian Gulf	Sea of Cortez (Gulf of California)	Ross Sea	to West W	Marine Gas Oil	MGO
7		4	Pacific	Caribbean Sea	Greenland Sea	Gulf of Oman	Sea of Okhotsk	Great Australian Bight			
8		5	Southern	Gulf of Mexico	Chukchi Sea	Arabian Sea	Sea of Japan	Gulf St. Vincent			
9				Sargasso Sea	Laptev Sea	Bay of Bengal	Seto Inland Sea	Spencer Gulf			
10				North Sea	East Siberian Sea	Gulf of Thailand	East China Sea	None			
11				Baltic Sea	None	Java Sea	South China Sea				
12				Gulf of Bothnia		Timor Sea	Beibu Gulf				

1	Technical data of marine diesel engines										Producer		
2	Factory Brand	Cylinder power, N <sub>e,c</sub>		Number of cylinders	Power of engine, N <sub>e</sub>		Rotation speed, n	Pressure, kgf/cm		Specific fuel consumption, g <sub>e</sub>	g/(e.h.p*h)	kg/(kW*h)	Producer
3		e.h.p	kW		e.h.p	kW		P <sub>e</sub>	P <sub>2</sub>				
4	Ч10,5/13	10	7,355	2	20	14,71	1500	5,34	65	200	0,271923861	BURMEISTER_and_WAIN	
5	K551 (ЧСП12/14)	13,7	10,07635	6	82,2	60,4581	1500	5,5	60	210	0,285520054	SULZER	
6	K558 (ЧСП12/14)	21	15,4455	6	126	92,673	1700	7,05	65	210	0,285520054	MAN	
7	ЗД6 (ЧСП15/18)	25	18,3875	12	300	220,65	1500	4,4	75	175	0,237933379	FIAT	
8	ЗД6Н (ЧСП15/18)	38	27,949	6	228	167,694	1500	6,6	85	170	0,231135282	STORK	
9	M601 (ЧН18/20+20,9)	58,3	42,87965	12	699,6	514,5558	1500	6,85	95	190	0,258327668	DOXFORD	
10	6ЧСП18/22	25	18,3875	6	150	110,325	750	5,4	62	165	0,224337186	MITSUBISI	
11	6ЧСП18/22	40	29,42	6	240	176,52	750	8,6	75	162	0,220258328	PILSTIK	
12	ЧСП23/30 и Ч23/30	75	55,1625	8	600	441,3	1000	5,4	64	183	0,248810333	MIRLIS	
13	Ч25/34	50	36,775	6	300	220,65	500	5,4	58	175	0,237933379	NAHAB_POLAR	
14	ЧН25/34	68	50,014	6	408	300,084	500	7,3	65	173	0,23521414		
15	9ДМ (ЧН30/38)	138	101,499	8	1104	811,992	600	7,7	60	180	0,244731475		

Рисунок 2. Листи з даними для вибору параметрів

Для реалізації задачі що була поставлена створені відповідні розрахункові формули: які враховують зони плавання

1. Визначення штормового запасу з урахуванням зони плавання та сезону (використання вбудованих логічних функцій MS Excel). У якості умов приймаємо наступне: для всіх районів плавання у літній період штормовий запас складає 5%, крім: Атлантичний океан на північ 50° п.ш. – 10%; у Бенгальській затоці – 15%; в Аравійському морі – 30%. В зимовий період: Балтійське та Японське моря – 20%; Чорне море – 10%; Середземне море на північ 40° п.ш. – 20%, інша частина моря – 5%; Атлантичний океан на південь 30° п.ш. – 5%, від 30 до 40° п.ш. – 30%, від 40 до 50° п.ш. – 35%, на північ 50° п.ш. – 40%; Тихий океан на південь 15° п.ш. – 5%, від 15 до 30° п.ш. – 10%, на північ 30° п.ш. – 35%; Індійський океан – 5%. Для всіх інших районів прийmemo штормовий запас 20% [1].

2. Для калькуляції ваги рейсового запасу палива (за формулами з курсу «Суднові енергетичні установки»). Запаси палива визначаються за формулою [2]:

$$B_{\tau} = ((g_e \cdot N_e + g'_e \cdot N'_e) \cdot t_x + g''_e \cdot N''_e \cdot t_{CT} + B_K \cdot t_K) \cdot 10^{-3}$$

де  $g_e, g'_e, g''_e$  – питомі витрати палива на головні та допоміжні двигуни,  $\frac{кг}{кВт \cdot з}$ ;

$N_e, N'_e, N''_e$  – потужність головних та допоміжних двигунів,  $кВт$ ;

$t_k$  – ходовий та стояночний час судна,  $з$ ;

$B_K$  – витрати палива на котел,  $кг/год$ .

Як бачимо з скриншоту, змінюючи вхідні дані, можна миттєво отримати відповідь на поставлене питання: визначення запасів палива на період автономного плавання судна.

**Висновки.** Диплом спеціаліста із технічною освітою передбачає безумовне володіння сучасними технологіями. Це означає не тільки здатність працювати з інформацією, професійними програмами за фахом, а й обов'язково вміти будувати алгоритмічну модель тієї проблеми що перед ним поставлена, виконувати необхідні розрахунки, використовувати можливості комп'ютерні програми у своєї професійній діяльності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Л. Р. Аксютин, Грузовой план судна. – О.: Латстар, 1999. – 139с.
2. Артемов Г.А., Волошин В.П., Захаров Ю.В., Шквар А.Я. Судовые энергетические установки. – Л.: Судостроение, 1987. - 480 с., ил.
3. Возницкий, И.В. Современные судовые среднеоборотные двигатели: / И.В. Возницкий. – С-П. : «КСИ», 2003. – 141 с.

## НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЛАБОРАТОРІЯ МАЛОГАБАРИТНОГО СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Кузнецов Ю.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського» (Україна)

**Вища освіта і наука є одними з провідних факторів соціального, економічного і культурного прогресу держави**, тому що від них залежить могутність і самостійність держави [9]. Саме тому в системі вищої освіти за останні роки проводиться найбільша кількість реформ з благородною, на перший погляд, метою: європейські стандарти в навчанні в дусі Болонської системи, безкінечне підвищення якості освіти, можливість продовжити навчання і стажування за кордоном. Більш ніж за 25 років виникла серйозна інтелектуальна деградація в Україні при зростаючій кількості дипломів магістрів, кандидатів і докторів, особливо юридичного, економічного і гуманітарного напрямів, для чого достатнім є тільки комп'ютер і навіть не треба виходити з дому, щоб виконувати якісні експериментальні (натурні) дослідження.

В умовах викликів четвертої промислової революції «Індустрія 4.0» [6] сьогодні основною концепцією є міждисциплінарний структурно-системний підхід. Результатом цього підходу є отримання нових досягнень [1-5, 8, 10] на стику різних наук при використанні **Нано-Біо-Інфо-Когно-Соціо-Еко-технологій** для зростання добробуту людей, якості життя і забезпечення майбутнього України - високорозвиненої незалежної **індустріально-аграрної держави**, міцної як природній кристал алмазу (у вигляді октаедру) з верховенством права і збалансованим бюджетом (матеріальний фактор), і привабливої, як гранений сяючий діамант з високим рівнем духовності (моральний фактор) і освіти. **Саме освіта** повинна бути головним ведучим фактором соціального, економічного і культурного прогресу України [6,11]. **Інакше-це крах нації**. Незначні, якщо не сказати мізерні, відшкодування в бюджеті (в порівнянні з розвинутими країнами) на освіту і науку не створюють умов для їх процвітання. Внаслідок безперервних неперевірених реформ вища освіта опинилася перед навалюючою деградацією, що загрожує молодому поколінню, педагогам і науково-педагогічним працівникам (НПП) вищої освіти соціальною катастрофою. Основними причинами руйнації освіти і науки є наступні:

1. **Відсутність мотивації студента** отримати знання внаслідок неможливості знайти роботу за обраною технічною (інженерною) спеціальністю.

2. **Репродуктивна система передачі знань і вузька спеціалізація.**

3. **Зниження творчої мотивації НПП і підрив їх авторитету за рахунок незаконного приниження недостойною заробітною платою, яка на порядок нижче європейської і американської.**

4. **Тотальна і прогресуюча в нерозумних межах бюрократизація навчального процесу і атестації наукових кадрів.** Багато часу НПП витрачають вхолосту на виконання великої кількості різних указів, наказів, постанов, інструкцій, розпоряджень. У НПП практично не вистачає часу на відвідання бібліотек, перегляду нової інформації, підготовку захоплюючої лекції чи нової лабораторної (практичної) роботи, для спілкування із студентами в наукових студентських гуртках і КБ, формулювання для студентів і аспірантів не розв'язаних проблем і задач.

5. **Лібералізація навчального процесу і державне стимулювання матеріальної жадібності ВНЗ.** Замість суворих вимог відвідування лекцій, лабораторних і практичних занять, справжніх (а не «паперових») практик на підприємствах студентам дозволяють вільне відвідування лекцій, вибір студентами педагогів, безкінечні перездачі екзаменів і заліків.

6. **Руйнування інтелектуальної атмосфери, відрив викладача від очного спілкування з абітурієнтом і студентом, різкий розрив теорії і практики. В переважній**

більшості лабораторій – морально і фізично зношене технологічне обладнання середини ХХ століття.

7. В освіті переважають схоластичні середньовікові гуманітарні спеціальності для масової підготовки психологів, юристів, менеджерів, філологів, економістів, журналістів і, навіть, теологів і богословів. **Не відчувається зацікавленість влади у підготовці молодшої генерації технічної інтелектуальної еліти в Україні.** Якщо в розвинутих країнах фінансування освіти і науки становить в середньому 2-4%, то в Україні лише 0,3%/. При цьому державні витрати на одного українського науковця у 18 разів нижче за бразильські, у 34 рази – за південнокорейські й у 70 разів – за американські.

Щоб цього не сталося, треба шукати шляхи виходу з кризи, для чого необхідно (це неповний перелік):

**Змінити неефективний і навіть хибний розподіл витрат** на проведення наукових досліджень між МОНУ (близько 20%) та НАНУ (72%). Враховуючи, що найбільша кількість науковців (приблизно 150 тисяч НПП) працюють у ВНЗ і щорічно реалізують понад 20 тисяч наукових проектів з молодією генерацією майбутньої інтелектуальної еліти України, держава повинна надавати перевагу не НАНУ, а МОНУ.

**МОНУ звернути основну увагу на використання у виробництві розроблених новітніх продукції і технологій**, а не на публікаційну активність науковців, на що витрачається багато часу та грошей на паперову продукцію, в т. ч. включену в міжнародні наукометричні бази (це повинно бути вторинним після впровадження і трансферу технологій).

**МОНУ фінансувати і контролювати процес виконання наукової діяльності на міждисциплінарному рівні (комплексний підхід)** [9, 12] в ланцюгу «теоретичні дослідження – створення – випробування - впровадження-комерціалізація» (**гроші йдуть за дослідником**), а не направляти кошти на підтримку в належному стані ВНЗ, опалення, інші комунальні послуги, утримання будівель і фінансування різного роду структур.

В умовах обмеженого фінансування всіх галузей, застосування модульного принципу є вигідним і економічно обґрунтованим підходом в розробці і виготовленні технологічного обладнання і, зокрема, верстатних систем нового покоління на рівні світових стандартів. Разом з тим для підготовки втрачених кадрів, доцільно, з точки зору економії часу і матеріальних витрат, виготовляти прототипи повнофункціонального малогабаритного технологічного і допоміжного обладнання (настільних верстатів, промислових роботів, роботизованих технологічних комплексів, тощо), яке може стати практичною базою для досліджень і навчання студентів у ВНЗ на рівні світових вимог [7]. Кожний студент повинен оволодіти практичними навичками використання комп'ютерів і сучасних програмних продуктів при закріпленні лекційного матеріалу по дисциплінах «Інформатика», «Верстати з ЧПК», «Математичне моделювання верстатів та систем», «Промислові роботи і робототехнічні комплекси», «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою». Все це можна здійснити в одній багатофункціональній лабораторії (рис. 1), завантажуючи її згідно розкладу в різних семестрах.

Висновки. Сьогодні є можливість готувати молоді кадри на рівні світових вимог для відродження вітчизняного верстатобудування та інші галузей машинобудування, якщо обрати стратегічно вірний курс під девізом **«ВИПЕРЕДИТИ, НЕ ДОГАНЯЮЧИ!»** [6,11]. Для цього треба зробити інноваційний прорив, використовуючи останні досягнення в різних галузях науки (генетиці, кібернетиці, інформатиці, синергетиці, соціоніці та інших), об'єднаних в міждисциплінарну галузь і побудованих на єдиному структурно-системному підході. Приклад **НБКСЕ – технології: НАНО, БІО, ІНФО, КОГНІ, СОЦІО, ЕКО.**



Рисунок 1. Фрагмент лабораторії малогабаритного сучасного обладнання на модульному принципі з комп'ютерним керуванням (кабінет інноватики НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Балабанов В. Нанотехнологии. Наука будущего /В.Балабанов. – М.: Эксмо, 2009. -256 с.
2. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем /Е.П.Балашов. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера /В.И. Вернадский.-М.: Айрис-пресс, 2007.-576 с.
4. Зленко Н.Н. Мировоззренческое значение технологий NBICS – конвергенции //Філософія науки: традиції та інновації, 2015, №1(11). – с 11-20.
5. Казанцев А.К. NBIC-технологии. Инновационная цивилизация XXI века /А.К.Казанцев, В.Н.Киселев, Д.А.Рубвальтер, О.В. Руденский. – М.:Инфра-М, 2014. -384 с.
6. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «индустрия 4.0» перед учеными Украины // Вестник ХНТУ, Херсон, №2 (61), 2017.- С.67-75.
7. Кузнецов Ю.Н. Учебно-исследовательская лаборатория малогабаритных станков с компьютерным управлением на модульном принципе //Технічні науки та технології, №1(3), Чернігов, 2016. – с.15-24.
8. Новые технологии и продолжение эволюции человека. Трансгуманистический проект будущего /отв.ред. В Прайд, А Коротаев. – М.: ЛКИ, 2008. – 320 с.
9. Пітерська В.М. Проектно-орієнтований підхід в управлінні науковою діяльністю в Україні //Вісник Одеського національного морського університету, №2 (44). 2015.- С.186-195.
10. Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической эволюции /Ф. Фукуяма. - М.: АСТ; ЛЮКС 2004. – 349 с.
11. Kuznetsov Yu. N. Future of machine-tool building – core of engineering technology. XIV International Congress «Machines. Technologies. Materials»-17. Borovets (Bulgaria). 2017. – pp.48-51.
12. Shynkarenko Vasyl, Kuznetsov Yuriy. Interdisciplinary approach to modeling and synthesis of difficult technical systems // Journal of the Technical University Gabrovo, Vol. 52, 2016. – p.p. 24-28.



# МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОГО ЕКВІВАЛЕНТА ВИТРАТ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЯ ОДИНИЦІ СОЦІУМУ

Лямзін А.О., Хара М.В., Врадій В.Д., Жерновий К.О.  
Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет» (Україна)

Аналіз забезпечення життєдіяльності соціуму в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон показав, що для оцінки матеріального та екологічного збитку існують офіційно затверджені методики, а для оцінки економічного еквівалента витрат на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму такої методики немає.

Аналіз механізмів, які розроблені вченими в цій галузі, дозволив зробити висновок, що більшість з них ґрунтуються на визначенні величини економічних витрат в умовах аналізованого середовища від травматизму і професійних захворювань працівників, які проявляються у вигляді втрат прибутку від недоотриманої продукції; у вигляді витрат на оплату лікарняних листів, санаторно-курортне та профілактичне лікування; виплат допомоги (пенсій) у зв'язку з втратою годувальника і тимчасової втрати працездатності.

Однак, застосування лише цих критеріїв при оцінці витрат на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму носило б обмежений характер, оскільки шкода завдається не тільки суб'єктам досліджуваної середовища, а й одиниці соціуму (фізичної особи), яка розплачується своїм здоров'ям за недостатньо ефективні системи управління транспортними потоками в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Саме тому для оцінки економічного еквівалента витрат, спрямованих на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму авторами пропонується використовувати принципи концепції: «Human Capital».

Згідно з положеннями цієї концепції, показник економічного еквівалента забезпечення безпеки життя одиниці соціуму відображає не тільки витрати, вкладені в одиницю соціуму домашнім господарством, юридичною особою, державним органом, а й ефективність цих економічних вливань, відображену через показник норми віддачі.

Модель оцінки дефіциту (ОД) представлена в такий спосіб:

$$ОД = (K_t(1 - P)D_{\text{потенц.}}) - (D - Z), \text{ грн.}$$

де  $K_t$  – коефіцієнт часу знаходження фізичної особи в небезпечному секторі архітектури екологічного фахверку;

$P$  – оцінка потенціалу архітектури екологічного фахверку;

$D_{\text{потенц.}}$  – обсяг потенційних доходів, які соціум міг би отримати від діяльності даної фізичної особи за все його життя без компенсації за втрату здоров'я, грн;

$D$  – обсяг доходів, котрий одиниця соціуму (фізична особа) знаходячись в визначеному секторі екологічного фахверку отримала від діяльності, до моменту втрати працездатності, грн;

$Z$  – витрати держави на відновлення здоров'я фізичної особи, яка мешкає в межах існуючої архітектури екологічного фахверку середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

В якості такого показника на рівні народного господарства може виступати внутрішній валовий продукт на одиницю соціуму, який живе в певному секторі екологічного фахверку промислової зони (рис. 1).





Рисунок 1. Схема секторального розподілу в існуючій архітектурі екологічного фахверку

Результат вирішення рівняння аналітичним показує, що максимальний дефіцит коштів на підтримку здоров'я фізичної особи в умовах існуючої архітектури екологічного фахверка, доводиться на 45-і річний вік і відповідає 9,5 тис. гривень на рік.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Логистика надежности и экологичности вагонопотоков промпредприятий сити районов: монография /В.К. Губенко, М.В. Хара, А.А. Лямзин. – Донецк: ООО «Цифрова типографія», 2014. – 383 с.
2. Лямзин А.А., Хара М.В. Системный реинжиниринг транспортных процессов в транзитной среде промышленного района Научные труды SWorld.– Выпуск 4(41), Том 1. – Иваново: Научный мир, 2015 – С.8-16.– ISSN 2224-0187 (Print), ISSN 2410-6720 (Online). Издание входит в наукометричные базы данных: РИНЦ SCIENCE INDEX
3. Хара М.В., Лямзин А.А. Принципы взаимодействия надежности и экологичности промышленных вагонопотоков. Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: 76 Международная научно-практическая конференция, Днепропетровск, 19-20 мая 2016 г. – Днепропетровск: ДНУЖДТ, 2016. С.117–119.

## ПОБУДОВА КУБАТУРНОЇ ФОРМУЛИ ДЛЯ ОКТАЕДРА

<sup>1</sup>Мотайло А.П., <sup>2</sup>Білоусова Т.П.

<sup>1</sup>Херсонська державна морська академія (Україна)

<sup>2</sup>Херсонський національний технічний університет (Україна)

Розрахунки деталей та вузлів механізмів машин є важливою складовою їх проектування та конструювання. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють комплексно провести необхідні обчислення геометричних розмірів деталей та вузлів в залежності від низки факторів: умов експлуатації, режимів роботи, обраних матеріалів тощо.

Одним з самих точних методів розрахунку деталей машин на міцність є метод скінченних елементів (МСЕ), який дозволяє визначити напруження в довільній точці плоскої або об'ємної деталі, є універсальним, надійним інструментом для розв'язання задач механіки, аналізу різних технічних систем, конструкцій, механізмів. Чисельне інтегрування є невід'ємною частиною алгоритму застосування МСЕ. Його можна інтерпретувати як апроксимацію підінтегральної функції поліномом, степінь якого визначається кількістю точок інтегрування, якщо використовуються квадратури (кубатури) Гаусса-Лежандра. Інші формули чисельного інтегрування (Ньютона-Котеса, складені формули) в МСЕ застосовують рідше. У випадку, коли об'ємна область є дискретизованою тетрадрально-октадральною решіткою, існує задача побудови кубатурних формул по октаедру. У роботах [1–2] запропоновано формули чисельного інтегрування по об'єму лінійного октаедра з кусково-лінійними базисними функціями для обчислення елементів локальної матриці жорсткості. Вказані формули не є інтерполяційними та отримані в результаті застосування геометричного змісту та властивості адитивності по області інтегрування потрійного інтеграла. Отже, актуальною є задача побудови інтерполяційної кубатурної формули по області лінійного октаедра для обчислення скінченно-елементних матриць (жорсткості, мас, демпфірування). Метою даної роботи є побудова кубатурної формули для лінійного октаедра та визначення алгебраїчного порядку точності кубатури.

Нехай  $\Omega = \{(x, y, z) : |x| + |y| + |z| \leq 1\} \subset R^3$  – область інтегрування у формі октаедра,  $f(x, y, z)$  – неперервна на  $\Omega$  функція. Для лінійного октаедра з поліноміальними базисними функціями елементи матриці жорсткості  $k = [k_{pq}] = \iiint_{\Omega} B^T D B dx dy dz$ , де

$B^T = \left( \frac{\partial \varphi_r}{\partial x}, \frac{\partial \varphi_r}{\partial y}, \frac{\partial \varphi_r}{\partial z} \right)$  – матриця градієнтів базисних функцій  $\varphi_r = \varphi_r(x, y, z)$ ,  $D$  – матриця

пружності, є поліномами степеня  $2(n-1)$ , де  $n$  – степінь поліномів  $\varphi_r$ . Якщо  $n=2$ , тоді елементи матриці жорсткості скінченного елемента у формі октаедра є алгебраїчними поліномами другого степеня.

Вибір певної кубатурної формули залежить від геометрії області інтегрування та властивостей підінтегральної функції. Якщо область інтегрування є центрально-симетричною у просторі  $R^n$ , тоді кількість вузлів  $2n$  є найменшою можливою, для якої існує кубатурна формула, яка є точною для поліномів третього степеня [3]. Оскільки октаедр наділений центральною симетрією в  $R^3$ , тому існує кубатурна формула з 6 вузлами інтерполяції, яка є точною, якщо  $f(x, y, z) = P_m$ , де  $m \leq 3$ . Відзначимо, що кубатура Гаусса-Лежандра, яка є точною для поліномів третього степеня, існує для  $2^3 = 8$  вузлів інтерполяції у об'ємній області довільної геометричної форми.

Кубатурну формулу по області октаедра будемо шукати у вигляді:

$$\iiint_{\Omega} f(x, y, z) dx dy dz \approx \sum_{i=1}^6 A_i f(x_i, y_i, z_i) = I_R(f), \quad (1)$$

де  $A_i$  – вагові коефіцієнти,  $(x_i, y_i, z_i)$  – вузли інтерполяції  $i = \overline{1, 6}$ .

Розташуємо вузли  $(x_i, y_i, z_i)$  по одному на півдіагоналях октаедра на відстані  $0 < p \leq 1$  від центра багатогранника  $(0,0,0)$ . Тоді  $(x_1, y_1, z_1) = (p, 0, 0)$ ,  $(x_2, y_2, z_2) = (0, p, 0)$ ,  $(x_3, y_3, z_3) = (-p, 0, 0)$ ,  $(x_4, y_4, z_4) = (0, -p, 0)$ ,  $(x_5, y_5, z_5) = (0, 0, p)$ ,  $(x_6, y_6, z_6) = (0, 0, -p)$ .

Для полінома  $P_3(x, y, z) = \sum_{|\alpha|=0}^3 a_{ijk} x^i y^j z^k$ , де  $a_{ijk}$  – коефіцієнти,  $\alpha = \alpha(i, j, k)$  – мультиіндекс,  $|\alpha| = i + j + k$ ,  $i, j, k = \overline{1, 3}$ , формула (1) є точною, тобто

$$\iiint_{\Omega} P_3(x, y, z) dx dy dz = \sum_{i=1}^6 A_i P_3(x_i, y_i, z_i). \quad (2)$$

Потрійний інтеграл у лівій частині формули (2) обчислюється як сума повторних інтегралів:

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} f(x, y, z) dx dy dz &= \int_0^1 \int_0^{1-x} \int_0^{1-x-y} P_3(x, y, z) dx dy dz + \int_{-1}^0 \int_0^{1+x} \int_0^{1+x-y} P_3(x, y, z) dx dy dz + \\ &+ \int_{-1}^0 \int_0^0 \int_0^{1+x+y} P_3(x, y, z) dx dy dz + \int_0^1 \int_{-1+x}^0 \int_0^{1-x+y} P_3(x, y, z) dx dy dz = \frac{4}{3} a_{000} + \frac{2}{15} (a_{200} + a_{020} + a_{002}). \end{aligned} \quad (3)$$

Права частина формули (2) після підстановки координат вузлових точок має вигляд:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^6 A_i P_3(x_i, y_i, z_i) &= A_1 (a_{000} + a_{100} p + a_{200} p^2 + a_{300} p^3) + A_2 (a_{000} + a_{010} p + a_{020} p^2 + a_{030} p^3) + \\ &+ A_3 (a_{000} - a_{100} p + a_{200} p^2 - a_{300} p^3) + A_4 (a_{000} - a_{010} p + a_{020} p^2 - a_{030} p^3) + \\ &+ A_5 (a_{000} + a_{001} p + a_{002} p^2 + a_{003} p^3) + A_6 (a_{000} - a_{001} p + a_{002} p^2 - a_{003} p^3). \end{aligned} \quad (4)$$

Порівнюючи коефіцієнти при однакових коефіцієнтах  $a_{ijk}$ , отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^3 A_i = \frac{4}{3}; \\ (A_i - A_j) p = 0; \\ (A_i + A_j) p^2 = \frac{2}{15}, i = \{1, 2, 5\}, j = \{3, 4, 6\}. \end{cases} \quad (5)$$

Розв'язком системи (5) є значення параметра  $p = \sqrt{0.3}$  та вагових коефіцієнтів  $A_i = \frac{2}{9}$ ,  $i = \overline{1, 6}$ .

Тоді формула (1) має вигляд:

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} f(x, y, z) dx dy dz &\approx \\ &\approx \frac{2}{9} (f(\sqrt{0.3}, 0, 0) + f(0, \sqrt{0.3}, 0) + f(-\sqrt{0.3}, 0, 0) + f(0, -\sqrt{0.3}, 0) + f(0, 0, \sqrt{0.3}) + f(0, 0, -\sqrt{0.3})). \end{aligned} \quad (6)$$

Формула (6) є кубатурною по області октаедра, яка містить 6 вузлів інтерполяції та є точною для поліномів  $P_m(x, y, z)$  степеня  $m \leq 3$ .

Оцінимо точність отриманої формули. Будемо вважати, що функція  $f(X) = f(x, y, z)$  належить класу  $C^4(\Omega)$  неперервно-диференційованих до 4 порядку включно на  $\Omega$  функцій. Нехай  $X_0 = (x_0, y_0, z_0)$  – довільна точка області  $\Omega$ . Запишемо формулу Тейлора для  $f(X)$  в околі точки  $X_0$  із залишковим членом у формі Лагранжа:

$$f(X) = \sum_{s=1}^3 \sum_{|\beta|=s} \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0)}{\partial X^\beta} (X - X_0)^\beta + \sum_{|\beta|=4} \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0 + \theta(X - X_0))}{\partial X^\beta} (X - X_0)^\beta, \quad (7)$$

де  $\beta = \beta(i, j, k)$  – мультиіндекс,  $|\beta| = i + j + k$ ,  $i, j, k = \overline{1,3}$ ,  $\beta! = i!j!k!$ ,  $0 < \theta < 1$  – деяке число.

Проінтегруємо залишковий член формули (7) по області  $\Omega$ :

$$R_4(f) = \iiint_{\Omega} \sum_{|\beta|=4} \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0 + \theta(X - X_0))}{\partial X^{\beta}} (X - X_0)^{\beta} dX, \quad (8)$$

де  $R_4(f) = \iiint_{\Omega} f(X) dX - I_R(f)$  – залишковий член формули (1),  $dX = dx dy dz$  – елемент об'єму.

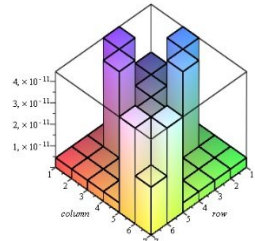
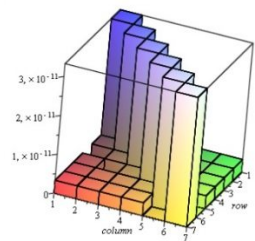
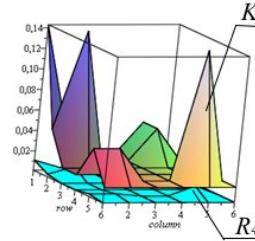
Оцінимо рівність (8), враховуючи, що  $|X - X_0| \leq 2$  для довільних точок  $X, X_0 \in \Omega$ :

$$|R_4(f)| \leq \iiint_{\Omega} \sum_{|\beta|=4} \left| \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0 + \theta(X - X_0))}{\partial X^{\beta}} (X - X_0)^{\beta} \right| dX \leq \iiint_{\Omega} \sum_{|\beta|=4} \left| \frac{2^{|\beta|}}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0 + \theta(X - X_0))}{\partial X^{\beta}} \right| dX = K.$$

Справедливість формули (6) перевірено при обчисленні елементів матриці жорсткості лінійного октаедра з поліноміальними та тригонометричними базисними функціями [4].

У табл.1 наведено значення похибки  $\Delta = \max_{k_{pq}, p, q=1,6} |R_4(f)|$ , де  $f = k_{pq}$ . Розрахунки виконано у системі комп'ютерної математики Maple. Значення  $K$  відповідає  $X_0 = 0$ .

Таблиця 1. Оцінка точності кубатурної формули (6)

Базиси октаедра	Квадратичний	Трилінійний	Тригонометричний
$\Delta$	$4.44 \cdot 10^{-11}$	$3.23 \cdot 10^{-11}$	$1.1 \cdot 10^{-2}$
Розподіл похибки $ R_4(f) $ за елементами матриці $k$			

Висновки. У роботі побудовано інтерполяційну кубатурну формулу по області лінійного октаедра з мінімальною кількістю вузлів інтерполяції, яка є точною для поліномів третього степеня. Отримано оцінку залишкового члена кубатурної формули для підінтегральних функцій, які належать класу  $C^4(\Omega)$ . Результати перевірено при обчисленні елементів локальної матриці жорсткості для систем поліноміальних та тригонометричних базисних функцій другого порядку.

#### ЛІТЕРАТУРА

- Grosso R., Greiner G. Hierarchical Meshes for Volume Data. Computer Graphics International 1998: Proceeding of the Conference (Washington, July 22—27, 1998). Washington, 1998. P. 761 – 771.
- Мотайло А. П. О численном решении стационарной задачи теплопроводности методом конечных элементов на решетке тетраэдрально-октаэдральной структуры. Научные ведомости БелГУ. Математика. Физика. Белгород, 2014. №25(196). С.119 – 127.
- Крылов В.И. Приближенное вычисление интегралов. Москва, 1967. – 500 с.
- Мотайло А. П., Хомченко А. Н. Порівняльний аналіз базисів октаедра. Новітні наукові досягнення – 2013: матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. Серія: Математика (Софія, 17–25 березня 2013). Софія, 2013. Т. 21. Математика. Фізика. Сучасні інформаційні технології. С. 28 – 33.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ КОНВЕНЦІЙ ТА СТАНДАРТІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ СУДНОВИХ МЕХАНІКІВ

Мусоріна М.О.

Дунайський інститут національного університету «Одеська Морська Академія» (Україна)

Проблеми підвищення конкурентоспроможності суднових механіків на міжнародному ринку морських транспортних послуг з часом зростають. Одним із чинників впливу на означену тенденцію вважається якість їхньої підготовки у навчальних закладах. Сучасні конкурентоздатні суднові механіки окрім практичного досвіду та відповідного рівня освіти, повинні характеризуватися високим рівнем компетентностей, які формуються під час вивчення технічних дисциплін, а саме [0]:

– навичками: оперативного моніторингу; здібностями: бачити та розрізняти деталі на відстані, виявляти проблеми;

– знаннями: інструкцій з використання засобів та інструментів, у тому числі і тих, які призначені для ремонту і технічного обслуговування; відповідного обладнання іноземною мовою, включаючи значення і написання слів, правила композиції і граматики.

З огляду на це, виникає потреба у зверненні до навчального плану циклу професійної підготовки, спрямованого на формування технічних компетентностей фахівців.

Відкриття перспективи формування технічної компетентності майбутніх фахівців судномеханіків у процесі навчання міжнародних стандартів стане результативним за умови глибокого вивчення практичного досвіду морських вишів через вирішення проблемних професійних ситуацій та завдань, наближенні процесу вивчення фахово спрямованих технічних дисциплін до професійної діяльності, пошуку шляхів підсилення їх мотивації до навчання [2].

Міжнародним органом, який об'єднує міжнародне наукове співтовариство професіоналів, які працюють у галузі морського інженерії, науки та техніки є Інститут морської техніки, науки і технологій (*англ.* The Institute of Marine Engineering, Science and Technology – IMarEST). Його вважають найбільшою морською професійною організацією, що має близько 15000 членів, які є представниками більш ніж 100 країн світу. Це є перший інститут – міжнародна багатопрофільна професійна організація, в середовищі якої об'єднуються морські інженери, вчені та технологи.

Але, як стверджує Т. В. Аверочкіна, на сьогодні неможливо стверджувати, що в Україні створено впорядковану систему державного управління підготовкою та дипломуванням моряків, оскільки є відсутнім чіткий, системний підхід до розмежування та координації повноважень органів державного управління, розподілу компетенції щодо комплексу необхідних механізмів організаційно-правового регулювання підготовки та дипломування моряків. Відсутність дієвих міжвідомчих координаційних структур та неузгодженість повноважень органів виконавчої влади тягнуть за собою нескоординованість управління цим процесом. Проте, в Україні існує розгорнута національна система підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації моряків. Сьогодні вона включає 26 вищих навчальних закладів та біля 40 центрів підготовки. Основна діяльність вищих морських навчальних закладів спрямована на початкову підготовку морських спеціалістів як офіцерського, так і рядового плавскладу відповідно до стандартів, що затверджені Міністерством освіти і науки України, а діяльність центрів підготовки спрямована на додаткову підготовку плавскладу на курсах, що продиктована вимогами ІМО, Міністерства транспорту та зв'язку України та судновласників [2].

Розвідки специфіки підготовки морських фахівців в Україні, здійснені Інститутом інноваційних технологій і змісту освіти, визначили результати рейтингового оцінювання діяльності вищих навчальних закладів України, які вказали на те, що протягом останніх двох років лідером серед морських навчальних закладів України є Херсонська державна

морська академія. Першорядним аспектом навчальної діяльності цього закладу став акцент на одному із провідних складників якостей, що характеризують рівень конкурентоспроможності морських фахівців – знанні англійської мови. Як стверджується в анотаціях академії, з деякого часу до навчального процесу введено 10-ти годинну (на тиждень) підготовку з курсу англійської мови. Комунікативний підхід курсу сприяє відкриттю можливості для курсантів здійснювати практику та працевлаштування в судноплавні компанії світових морських держав: Греції, Німеччини, Голландії та ін.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Мусоріна М.О. Формування технічної компетентності майбутніх фахівців судноводіння у процесі навчання технічних дисциплін: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13. 00. 02 / НПУ імені М. П. Драгоманова, 2018.

2. Musorina M. I. Smyrnova. Experience of forming of industrial crop of Navigators in the process of in-plantraining / M. Musorina, I. Smyrnova // Proceedings of X international conference on modern achievements of scienceand education. сб. тр. X Междунар. науч. конф. – Нетания, Израиль 2015. – Р. 94-101.

3. Аверочкіна Т. В. Шляхи імплементації міжнародно-правових стандартів професійної підготовки плавскладу в українському законодавстві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. юрид. наук : 12. 00. 03 / Одеська юридична академія. Одеса, 2006. – 20 с.

## РОЗРОБКА ТЕСТУ НА СПРИЙНЯТТЯ СТУДЕНТАМИ / КУРСАНТАМИ МЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У 3D-ПРОСТОРИ

<sup>1</sup>Носов П.С., <sup>2</sup>Попович І.С., <sup>3</sup>Носова Г.В., <sup>3</sup>Якушенко С.О., <sup>3</sup>Свириденко О.В.

<sup>1</sup>Херсонська державна морська академія (Україна)

<sup>2</sup>Херсонський державний університет (Україна)

<sup>3</sup>Херсонський політехнічний коледж

Одеського національного політехнічного університету (Україна)

**Вступ.** Під час виконання робіт пов'язаних із експлуатацією об'єктів механіки таких як: двигуни внутрішнього згорання, допоміжні механізми для підйому і транспортування та інші, необхідно мати просторове уявлення про їх конструкцію. Зважаючи на специфіку морської галузі, ПДНВ не вимагає виконання ремонтних робіт на судні, в ряді випадків виконується заміна або виведення з експлуатації агрегатів і механізмів [1]. Однак слід зазначити, що механіки мають просторове уявлення про конструкцію у роботі устаткування що експлуатується для більш точного визначення ймовірні несправності і більш швидкої реакції на позаштатні ситуації пов'язані з аваріями або несправностями. Все це обумовлює наявність певного виду просторової уяви у студентів як майбутніх фахівців у своїй галузі [2]. У зв'язку з цим передбачається введення спеціальної підготовки для студентів/курсантів що дозволяє розвинути на достатньому рівні дані просторові поняття.

**Основний матеріал дослідження.** У відомій літературі зустрічаються різноманітні тести на просторову уяву серед яких Тест Амтхауэра [3], що використовує як 2D (рис. 1) так і 3D (рис. 2) об'єкти сприйняття.

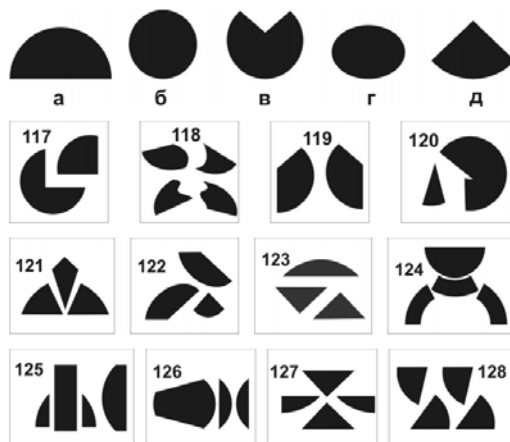


Рисунок 1. 2D- об'єкти тесту

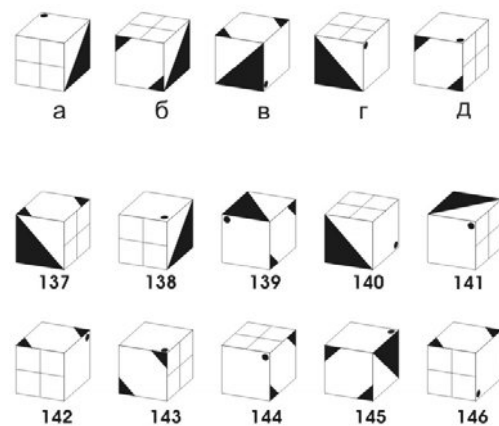


Рисунок 2. 3D- об'єкти тесту

Аналіз розроблених завдань дозволяє припустити, що основний напрямок просторового сприйняття стосується розумової операції на визначення частини цілого. Однак на практиці ми все частіше маємо справу із пошкодженими, деформованими деталями та механізмами. Саме тому специфіка зорового сприйняття для механіків повинна передбачати перетворення 2D і 3D деталей. Нажаль у відомій літературі не було знайдено тестів що дозволили б визначити сприйняття механіків саме у цьому ракурсі.

З огляду на вищезазначене постає задача у розробці спеціалізованих тестів що направлені на сприйняття перетворених 2D і 3D деталей.

Перш за все було визначено 20 базових плоских фігур (рис. 3) та похідні від них як у 2D (рис. 4) так і у 3D (рис. 5) просторі.



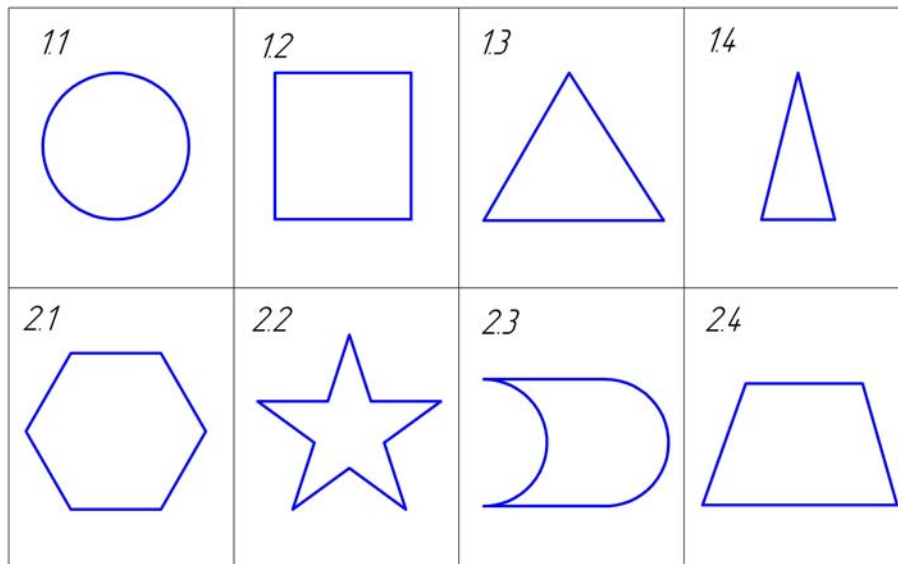


Рисунок 3. Фрагмент базового набору плоских фігур

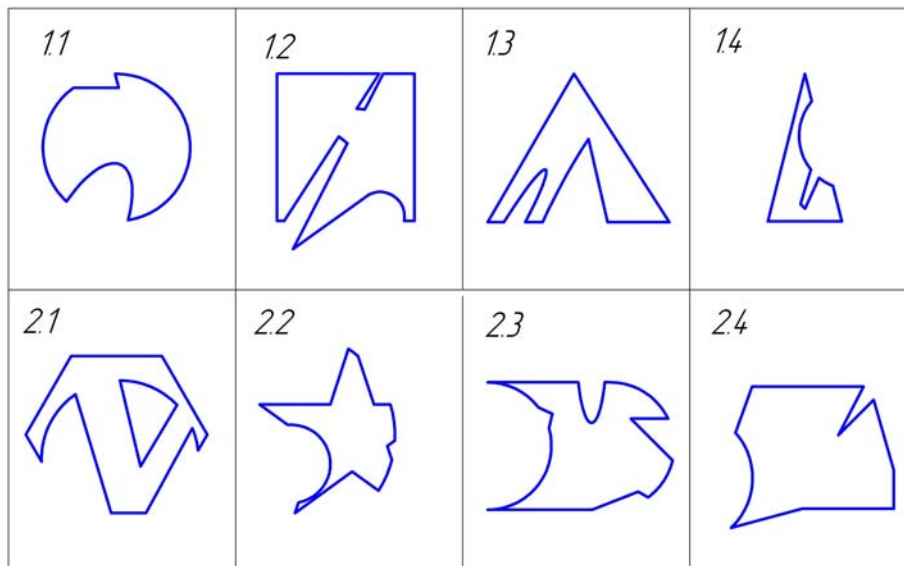


Рисунок 4. Приклад простого перетворення фігур у 2D площині

Такий підхід дозволить швидко визначати окремі деталі та форми на складальному кресленнику особливо у паперовому вигляді із дефектами що викликані довготривалою його експлуатацією (рис. 5).

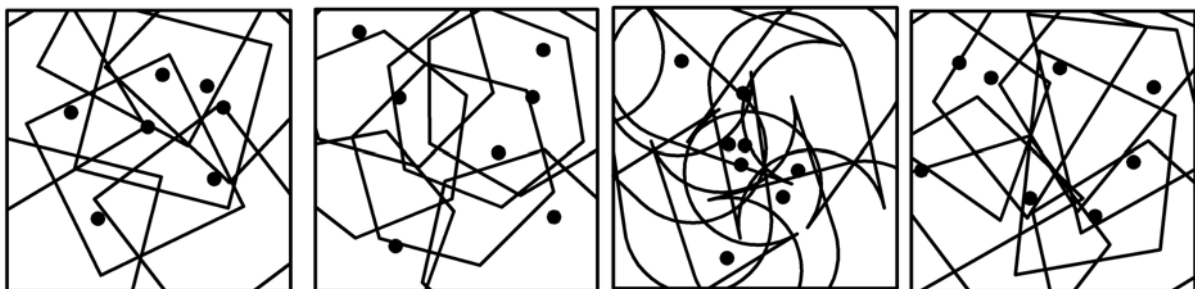


Рисунок 5. Складне перетворення фігур у 2D площині

Наступним етапом для розвитку просторової уваги є визначення базових фігур у просторі та їх рівні перетворення за складністю. Особливості перетворення 3D об'єктів



полягають у таких операціях як: виключення фрагменту фігури; суміщення із собі подібними; деформація, тощо. Приклад перетворень 3D об'єктів представлено на рис. 6.

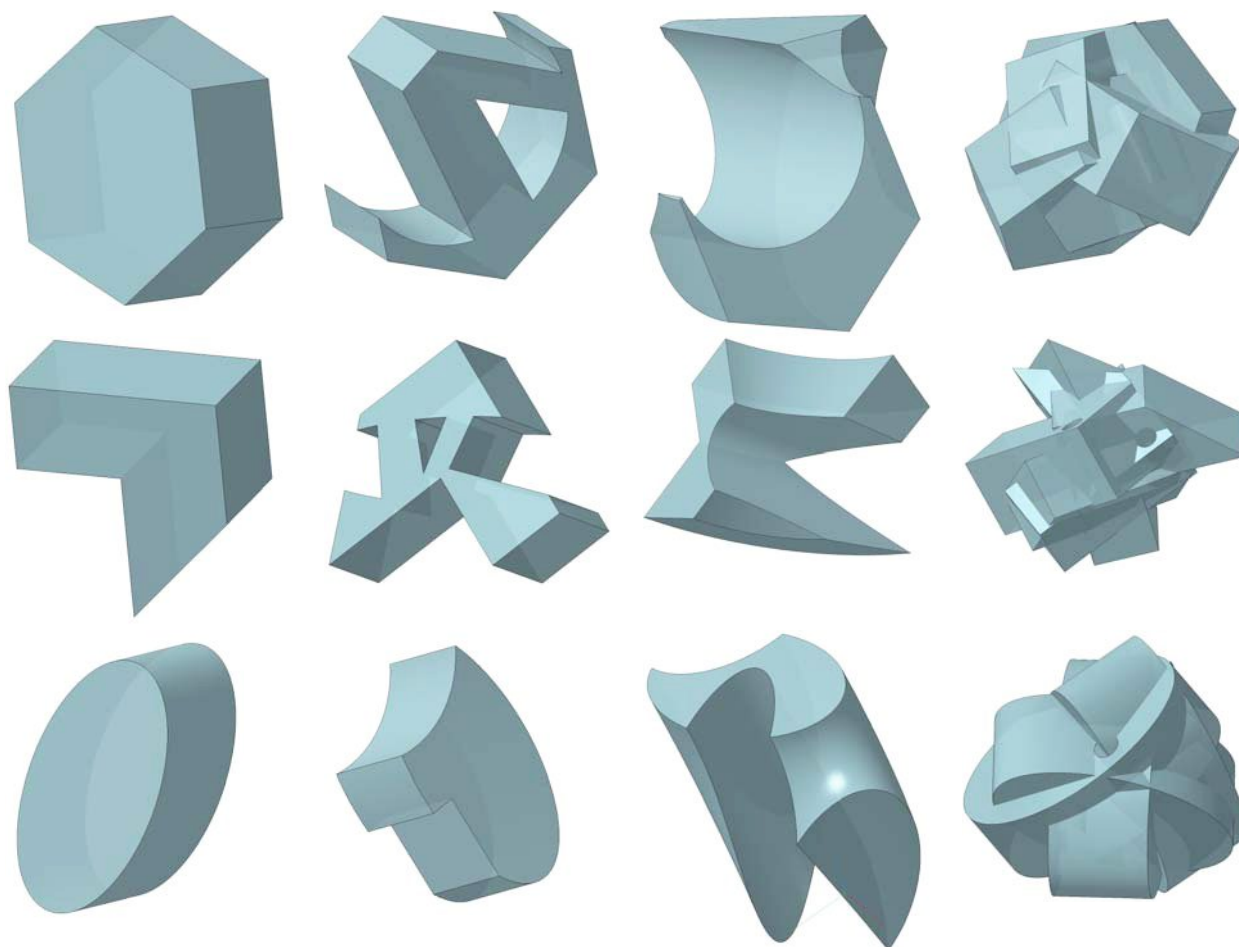


Рисунок 6. Приклад рядів деформацій базових 3D об'єктів

**Висновок.** Таким чином представлено розробку тесту з метою визначення просторової уяви елементів деталей що є деформованими та видозмінними для механіків. Такий підхід дасть змогу швидко співставляти спотворені деталі та їх елементи до еталонних базових моделей.

Подальші дослідження у цьому напрямку будуть спрямовані на розробку автоматизованої тестової системи, що дозволить також виконувати функції не лише контролю, а і розвитку просторової уяви механіків використовуючи навчальний модуль.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Позолотин, Л.А. Конвенція ПДНВ-78 (с поправками). Кодекс ПДНВ-95. Основные положения и комментарии. / Л.А. Позолотин, В.Г. Торский. – Одесса.: Астропринт, 2009 г. – 168 с.
2. Носов, П.С. Комп'ютерні технології в інженерній практиці: навч. посіб. 2-е вид. доп. та перероб. / П.С. Носов, О.Є. Яковенко. – О.: Бахва, 2014. – 292 с.
3. Тест Амтхауэра. <http://www.genderua.narod.ru/test-html/3-1.pdf>

## МІРКУВАННЯ ПРО СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОСВІТИ В УКРАЇНІ

Проценко В.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

«Дурний бо бідний, бідний – бо дурний», цим сакраментальним висловом пояснюють невдачі, відсутність розвитку та подекуди навіть поламани долі. В сучасних українських реаліях, при теперішньому станові економіки та освіти ця фраза, нажаль, часто є справедливою. Допитливий розум багатьох молодих людей притуплюється побутовими негараздами, оскільки вони вимушені з молодих років витратити свій талант на здобуття примітивних, але необхідних матеріальних благ – це є економічна складова. А ті, хто навіть мають можливість відносно спокійно навчатися, часто потерпають від недоліків системи освіти, яка склалась в Україні. Зрозуміло, що націю, яка хоче жити та розвиватися, такий стан речей влаштовувати не повинен, оскільки він веде до деградації. Українська революція першої чверті ХХ ст. і сплеск національного руху відбувся завдяки людям освіченим, вихідцям з родин священиків, дрібних шляхтичів, військових, що мали гарну освіту, згадаймо Л. Цегельського, М. Волошина та ін.

Виходити з описаного стану також потрібно чітко усвідомлюючи особливості сьогодення. Ця задача є дуже складною, але її треба вирішувати. Ключову роль в цьому може відіграти держава, але це не догма, особливо враховуючи теперішній підйом громадських організацій. Державна освіта знаходиться у вкрай тяжкому стані, основними проблемами тут є:

- низька заробітна платня вчителів;
- поганий стан шкільної інфраструктури та транспорту;
- низький рівень оснащення шкільних лабораторій та кабінетів;
- бюрократизація освітнього процесу, діяльності вчителя;
- високий рівень навантаження на викладача та учня;
- низький рівень вищої педагогічної освіти;
- відсутність системного мислення та усвідомлення напрямків розвитку освіти (дилетантизм) у керівників вищого рівня – звідси бездумні «експерименти» над освітою.

Це призводить до явища «зворотної селекції», яке характерне не тільки для закладів освіти, а й для інших державних установ та відомств. Суть така – у закладах освіти часто залишаються працювати (виживають) не фахівці високого рівня і патріоти своєї справи, а пронириліві ділки з дипломами, які всього лиш адаптуються до сумних сьогоденських реалій, шукаючи додаткового заробітку у корупції. Такі проблеми характерні і для вищої освіти, про що буде сказано нижче додатково. Шкільна освіта потребує термінової модернізації – вона повинна бути якісною і доступною.

В умовах які склалися тепер в Україні після закінчення школи, на думку автора, повинна бути запроваджена система, коли «гроші рухаються за дитиною». Державна (все-ж таки в першу чергу держава) повинна забезпечити можливість отримання якісної середньої спеціальної та вищої освіти, для чого талановитих дітей треба виявляти та боротись практично за кожну дитину. Цю задачу частково реалізує ЗНО, яке дає можливість кращим випускникам поступити у ВНЗ. Тут у гру знову вступають економічні чинники – частина здібних абітурієнтів залишається через них вчитись у периферійних ВНЗ, які в сенсі наявних проблем подібні до шкіл. Хоча тут ситуація, на думку автора, ще гірша. Міністерство освіти дало вишам свободу - можливість самостійно формувати та реалізовувати освітні програми, відмовившись від стандартів освіти. Тут якість освіти стає адекватною професіоналізму та порядності тих, хто ті освітні програми в конкретному виші формує та забезпечує, відтак навчальний процес в конкретному закладі стає вотчиною того, хто має на нього вплив. Фактично це може стати каталізатором корупції – що заважає злодію, наприклад в деканському кріслі, прикриваючись лукавством та маніпулюючи поняттями, ввести в навчальний план «липові» дисципліни, чи створити

умови в яких студенти мають можливість «закрити» сесію лише суттєво похитнувши свій матеріальний добробут, наприклад через штучне ускладнення завдань? Нічого. Іншою небезпекою є руйнування навчального процесу безталанними реформаторами за рахунок бездумної перестановки, об'єднання, виключення з навчальних програм якихось дисциплін, що супроводжується руйнуванням міжпредметних зв'язків та миттєвим падінням якості освіти. На думку автора необхідне повернення до освітніх стандартів, складених фахівцями, з чітко прописаним переліком та послідовністю дисциплін. Іншим негативом є зменшення кількості годин на кредит з 36 до 30 годин, та збільшення обсягу часу на самостійне вивчення дисциплін. Що поганого в тому, що український студент при тій же кількості кредитів більше часу проведе в аудиторії і більше знатиме? Нічого. Це би сприяло підвищенню конкурентоздатності наших фахівців. На практиці, економія таким чином фондів на оплату праці викладачів, явно не стане причиною підвищення якості освіти – якщо економити на вітрилах і робити їх з марлі, годі зрушити судно з місця. Поряд зі скороченням годин значним мінусом є гуманітаризація технічної освіти. Фактично маємо ситуацію, коли студенти вишів, вже дорослі люди, виховані російськомовними батьками та вивчені в російських школах, імітують у ВНЗ вивчення української мови за рахунок зменшеного обсягу спеціальних дисциплін, які до того-ж часто викладаються російською мовою. Це оксюморон – веселий цвинтар. Тут є, звичайно, надія на нещодавно прийнятий закон про мову, але багато років упущено. Правий був, здається Роман Балаян, який сказав, що іще в 1991 році потрібно було залишити виключно українські школи, зараз би ми мали українське суспільство, молодих людей, які самі би вимагали навчання українською мовою у виші (Кемаль Ататюрк, до речі, впровадив латиницю в Туреччині за тиждень).

Іншою великою проблемою, є кваліфікація та особисті якості власне викладачів. За роки незалежності сформувався стан, коли старі фахові викладачі просто вимерли, багато людей середнього віку були видавлені з вітчизняних навчальних закладів кризами в 90-ті та 2000-ні роки. Паралельно сформувались два прошарка молоді – людей відповідальних і патріотично налаштованих по відношенню до освіти (їх меншість) та пристосованців, які до освіти та науки потрапили для того, щоб оббирати студентів та симулювати наукову діяльність, освоюючи бюджетні гроші. Трапляються викладачі, що маючи дипломи кандидатів наук, не мають елементарних базових знань в галузі, якій їм присуджено наукові ступені. Цьому нажалі сприяє діючий перелік наукових спеціальностей, який дає можливість захищати псевдодисертації, які не мають ні наукової, ні практичної цінності. Частково вказану прогалину пропонується заповнити збільшенням жорсткості вимог до дисертацій та отримання звань професора та доцента. Але ті вимоги в основному замкнено на публікації в міжнародних наукометричних базах. В такому випадку просто зростають витрати часу та ресурсів на отримання необхідної кількості публікацій без виключення загрози, наприклад, самоплагіату, отже такий критерій не може бути основним.

Своїми роздумами автор спричинив появу більше питань, аніж відповідей, але відповіді на ці питання є ключем до модернізації освіти і побудови якісно нової держави через виховання нових поколінь. Україна знаходиться в застиглому стані, споживаючи багатомільярдні кредити, які розсіюються не завжди зрозуміло куди. Тому, знову повертаючись до економічної частини вступної фрази, можна сказати, що гроші потрібно вкладати найперше в шкільну освіту, паралельно перебудовуючи систему вищої освіти, тільки тоді можна отримати рушійну силу для розвитку держави. Просто дати людям гроші без реформи освіти нічого не дасть – є приклад Росії, де за путінські роки сформовано прошарок молодих «совків», які союзу власне і не бачили. Пам'ятник очільнику держави, який дав людям якісну освіту безумовно простіть довше інших.

## АПРОБАЦІЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕК ПОМИЛОК АВІАДИСПЕТЧЕРІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

<sup>1</sup>Рева О.М., <sup>1</sup>Камишин В.В., <sup>2</sup>Невиніцин А.М., <sup>2</sup>Шульгін В.А.

<sup>1</sup>Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Україна)

<sup>2</sup>Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

**Вступ.** На сьогоднішній день загально визнаний подвійний (позитивний / негативний) вплив людського чинника (ЛЧ) на безпеку польотів (БП). Що сприяло випуску ІСАО кількох десятків циркулярів, збірників, керівництв, в яких було узагальнено позитивний досвід провідних авіакомпаній і авіаційних адміністрацій з проактивного дослідження та профілактики негативного впливу ЛЧ на БП [1-4 та ін.]. Однак у зазначених документах відповідні рекомендації мають дещо розмитий (fuzzy) характер, що викликає певні утруднення під час їх опрацювання та провадження у практику діяльності авіакомпаній.

**Актуальність досліджень.** Дотримання стандартних експлуатаційних процедур визначається ІСАО як складник концепції БП [4]. Однак, головна помилка їх розробників полягає у тому, що припускається, що користувачі відповідних рекомендацій є їх ідеальними виконавцями. І оскільки «людина має право на похибку» [5], то у переважній більшості випадків пусковим чинником АП є помилка людини, якої припускаються, як правило, кваліфіковані АО «переднього краю». Тому спроможність ментального передбачення хибних наслідків помилкових дій, формування навичок їх розрізнення, розпізнавання, запам'ятовування, а отже, і запобігання є актуальною і науковою, і практичною задачею [6].

**Апробація диференціального підходу до визначення небезпек помилок авіадиспетчерів у професійній діяльності.** У працях [6-8 та ін.], спираючись на рекомендації ІСАО, був сформований перелік характерних помилок диспетчерів управління повітряним рухом (УПР), яких вони припускаються під час виконання професійних обов'язків (табл. 1). Системи переваг (СП) диспетчерів УПР (ДУПР) на поданій у табл. 1 множині характерних помилок й визначають ставлення УПР до небезпек цих помилок. При цьому відповідно [6-10] під СП розумітимемо упорядкування (ранжирування) помилок у порядку убування їх небезпек. З аналізу праць [9; 11; 12] витікає, що для потреб досліджень найбільш прийнятним є такий метод визначення СП ДУПР, як попарне порівняння і встановлення частини сумарної небезпеки помилок. Що формально можна подати так:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1+z & \text{– факт переваги } \Pi_i \succ \Pi_j \\ 1 & \text{– факт рівноцінності } \Pi_i \approx \Pi_j, \\ 1-z & \text{– факт переваги } \Pi_j \succ \Pi_i \end{cases} \quad (1)$$

де  $z$  – показник сумарної небезпеки помилок  $\Pi_i$  і  $\Pi_j$ .

У практичному застосуванні формулу (1) зазвичай перетворюють на такі:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– якщо помилка } \Pi_i \text{ небезпечніша за } \Pi_j : \Pi_i \succ \Pi_j \\ 0 & \text{– якщо навпаки, помилка } \Pi_j \text{ небезпечніша за } \Pi_i : \Pi_i \prec \Pi_j ; \\ 0,5 & \text{– якщо помилки } \Pi_i \text{ і } \Pi_j \text{ адекватні за безпекою : } \Pi_i \approx \Pi_j \end{cases} \quad (2)$$

$$c_{ij} = \begin{cases} 2 & \text{– якщо помилка } \Pi_i \text{ небезпечніша за } \Pi_j : \Pi_i \succ \Pi_j \\ 0 & \text{– якщо навпаки, помилка } \Pi_j \text{ небезпечніша за } \Pi_i : \Pi_i \prec \Pi_j \\ 1 & \text{– якщо помилки } \Pi_i \text{ і } \Pi_j \text{ адекватні за безпекою : } \Pi_i \approx \Pi_j \end{cases} . \quad (3)$$

Таблиця 1. Характерні помилки авіадиспетчерів, що виникають в процесі управління повітряним рухом

Пом. <sub>i</sub>	Зміст помилки
1	2
Пом. <sub>1</sub>	Порушення фразеології радіообміну
Пом. <sub>2</sub>	Неузгодженість входу повітряного судна в зону суміжного управління повітряним рухом
Пом. <sub>3</sub>	Порушення побіжних часових інтервалів
Пом. <sub>4</sub>	Порушення зустрічних часових інтервалів
Пом. <sub>5</sub>	Порушення інтервалів між повітряними судами, які знаходяться на курсах, що перетинаються
Пом. <sub>6</sub>	Безадресна передача повідомлень авіадиспетчером
Пом. <sub>7</sub>	Помилка у визначенні позивного повітряного судна
Пом. <sub>8</sub>	Помилка в ідентифікації повітряного судна
Пом. <sub>9</sub>	Помилкове використання диспетчерського графіку
Пом. <sub>10</sub>	Відсутність на стріпі позначки авіадиспетчера про передачу управління суміжному диспетчерському пункту
Пом. <sub>11</sub>	Відсутність на стріпі позначки диспетчера щодо узгодження входу повітряного судна в зону управління повітряним рухом суміжного диспетчерського пункту
Пом. <sub>12</sub>	Порушення авіадиспетчером узгодженого географічного рубежу передачі управління повітряним рухом
Пом. <sub>13</sub>	Порушення авіадиспетчером узгодженого часового рубежу передачі управління повітряним рухом
Пом. <sub>14</sub>	Недбалість в нанесенні на стріп літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації)
Пом. <sub>15</sub>	Неекономічне управління повітряним рухом
Пом. <sub>16</sub>	Порушення процедури прийому і здачі чергування
Пом. <sub>17</sub>	Не відображення на стріпі виданих команд щодо зміни висоти або напрямку польоту
Пом. <sub>18</sub>	Спроба керувати повітряним судном після спрацьовування на ньому системи TCAS режимі resolution advice
Пом. <sub>19</sub>	Помилки вводу інформації про повітряне судно в автоматизовану систему
Пом. <sub>20</sub>	Порушення технології праці при особливих випадках у польоті
Пом. <sub>21</sub>	Порушення в використанні повітряного простору

Як бачимо з формул (2), (3), сумарна небезпека помилок складає величину 1 або 2. Однак, внесок кожної помилки у сумарну небезпеку регламентується, що, з одного боку, вимагає від випробуваного лише рішення щодо переваги («>» чи «<») небезпеки однієї похибки перед іншою, або їх індиферентності за безпекою («≈»), що значно полегшує процедуру побудови ІСП. Проте з іншого боку, дещо «загубляється» порівняльна оцінка небезпек помилок. Для усунення цього недоліку, ми пропонуємо визначити сумарну небезпеку помилок числом 100, а не 1 чи 2, і визначити шукану порівняльну оцінку таким чином:

$$c_{ij} = \begin{cases} 51 \leq c_{ij} \leq 100, & \text{якщо помилка } P_i \text{ небезпечніша за } P_j : P_i \succ P_j \\ 0 \leq c_{ij} \leq 49, & \text{якщо навпаки, помилка } P_j \text{ небезпечніша за } P_i : P_i \prec P_j \\ 50 & \text{якщо помилки } P_i \text{ і } P_j \text{ адекватні за безпекою : } P_i \approx P_j \end{cases} \quad (4)$$

До досліджень було залучено 37 професійних ДУПР, співробітників Льотної академії Національного авіаційного університету і держпідприємства «Украерорух». Здійснивши 210 попарних порівнянь і визначивши внесок кожної з двох помилок у їх загальну небезпеку, оцінювану числом 100, вони побудували індивідуальні СП (ІСП). Узагальнення цих ІСП у групову СП (ГСП) було здійснено за допомогою такої стратегії групових рішень, як підсумовування і усереднення рангів. Формальний вид отриманої ГСП такий:

$$\begin{aligned} P_{18} \succ P_{20} \succ P_5 \succ P_{21} \succ P_4 \succ P_3 \succ P_8 \succ P_{17} \succ P_{13} \succ P_2 \succ P_{16} \succ \\ \succ P_{19} \succ P_6 \succ P_{12} \succ P_7 \succ P_1 \succ P_{14} \succ P_{11} \succ P_9 \succ P_{10} \succ P_{15}, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $\succ$  – позначка переваги безпеки однієї помилки перед іншою.

Як бачимо з виразу (5), переваги застосовуваного диференційного методу визначення порівняльної безпеки помилок полягають у тому, що з одного боку, більш «тонко» вимірюється їх внесок у показник сумарної безпеки. А з іншого боку, як наслідок, отримано ГСП, у якій відсутні «пов'язані» (middle) ранги, тобто, йдеться про суворе ранжирування помилок за показником їх безпеки.

Недоліком застосовуваного методу є те, що він вимагає надання безпеці помилки кількісної оцінки, в той час, як людині більш властиві порівняльні якісні оцінки цієї безпеки [12; 14; 15]. Що, у свою чергу, вимагає залучення до випробувань ДУПР високого кваліфікаційного гатунку.

Вкажемо також, що ГСП (5) є узгодженою, оскільки обчислений коефіцієнт множинної рангової кореляції - коефіцієнт конкордації Кендала має достатньо високе значення  $W = 0,5237$  і є статистично достовірним на рівні значущості  $\alpha = 1\%$ .

Однак, враховуючи вимоги до абсолютного значення коефіцієнта конкордації [13]:

$$W \geq 0,7, \quad (6)$$

слід провести додаткову обробку отриманих ІСП шляхом реалізації багатокрокової процедури виявлення і відсіювання маргінальних думок ДУПР.

Отримані в наведений спосіб ІСП і ГСП слід застосовувати під час розроблення і проведення заходів з профілактики негативного впливу ЛЧ на БП. У тому числі, йдеться про необхідність ранжирування помилок перед початком тренажерної підготовки. Оскільки дослідження [6-8; 10] вказують, що ДУПР, які пройшли таке випробування саме перед початком тренажерної підготовки, припускаються на третину менше помилок в процесі безпосередніх тренувань. Адже здійснення 210 попарних порівнянь небезпек характерних помилок формують в них стійкі навички, розрізнення, запам'ятовування, а отже – і запобігання помилок.

**Висновки.** Таким чином, оцінюючи отримані і подані у цій публікації нові наукові результати аналітичних досліджень, вважаємо доцільним вказати на такі найбільш вагомні з них.

1. Уперше реалізований диференційований метод порівняльного аналізу безпеки помилок, що дозволяє провести більш тонкий аналіз внеску кожної з них у сумарний показник безпеки.

2. Переваги методу полягають у можливості отримати ГСП з суворим ранжируванням помилок, недоліки – у необхідності надавати безпеці помилок кількісні оцінки. Що потребує залучення до досліджень виключно висококваліфікованих ДУПР.

3. Отримана ГСП є узгодженою, оскільки обчислене значення коефіцієнту конкордації Кендалла  $W = 0,5237$  є статистично вірогідним на високому рівні значущості  $\alpha = 1\%$ .

4. Отримані результати пропонується застосовувати під час проведення заходів з

профілактики негативного впливу ЛЧ на БП.

4. Подальші дослідження слід проводити у напрямках (не ранжируючи):
  - встановлення можливого впливу крос культурних чинників на ставлення ДУПР до небезпек помилок;
  - реалізації багатокрокової процедури виявлення і відкидання маргінальних думок ДУПР.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Fundamental Human Factors Concept // Human Factors Didest N0 1. – Cir. ICAO 216 – AN / 131. – Montreal, Canada, 1989.
2. Investigation Of Human Factors In Accidents And Incidents : Cir. ICAO240-AN/144/ - Montreal, Canada, 1993.
3. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением : Cir. ICAO 314-AN/178. – Montreal, Canada, 2008
4. Safety Management Manual (SMM) : Doc ICAO 9859 – AN/460. -. Fourth Edition (advance unedited)/ - Montreal, Canada, 2018.
5. Accident prevention manual : Doc. ICAO 9422-AN/923. – Montreal, Canada, 1984.
6. Прийняття рішень: системи переваг авіадиспетчерів на показниках частоти і небезпек характерних помилок / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, Ш. Ш. Насиров // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2019) : збірка наукових праць XV Міжнародної наукової конференції, присвяченої 90-річчю академіка Юрія Кривоноса, - Залізний Порт, 21-25 травня 2019 р., - Херсон : ФОП Вишемирський В.С. – С. 159-161.
7. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров / А. Н. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насиров, С. В. Недбай // Elmi məstuaələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin – Bakı, iyul – sentyabr 2012. – Т. 14, № 3. – С. 46–60.
8. Рева, А. Н. Эффективность методов определения групповых систем предпочтений диспетчеров на опасности характерных ошибок, совершаемых в процессе управления воздушным движением [Текст] / А. Н. Рева, Ш. Ш. Насиров, Б. М. Мирзоев // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2018. - № 6. – С. 93-103.
9. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. - Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
10. Насиров, Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності / Ш. Ш. Насиров // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Вип. 105. – Сер. Технічні науки і архітектура. - Х. : ХНАМГ, 2012. – С. 461-475.
11. Насиров, Ш. Ш. Пілотне визначення систем переваг авіадиспетчерів Азербайджану на характерних помилках в процесі управління повітряним рухом / Ш. Ш. Насиров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2010. - № 7. – С. 124-134.
12. Камишин, В. В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія [Текст] / В. В. Камишин, О. М. Рева. – К. : ТОВА «Інформаційні системи», 2012. – 270 с.
13. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. – К. : МАКИС, 2007. - 336 с.
14. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова ; пер. с польск.: Г. Е. Минца, В. Н. Поруса. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с. Психологія: підручник / Ю. Л. Трофімов, В. В. Рибалка, П. А. Гончарук [та ін.] ; за ред. чл.-кор. АПН України Ю. Л. Трофімова. – К. : Либідь, 2005. – 560 с.

## ЩОДО ДЕЯКИХ АСПЕКТІВ БОРОТЬБИ З ЗАГРОЗАМИ НА МОРІ З ВИКОРИСТАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ СУДНА І ЙОГО ЕКІПАЖУ

Савков Б.П., Шумило О.М.

Одеський національний морський університет (Україна)

Сьогодні міжнародний морський транспорт грає важливу роль в світовій економіці. Від 80% до 90% вантажообігу міжнародної торгівлі приходить на долю морських перевезень. В цьому зв'язку надзвичайно важливо забезпечити небезпечне функціонування морської галузі, захистити її від злочинних посягань міжнародного злочинного товариства.

Ці обставини також грають дуже важливу роль для України, її громадян – сотні тисяч моряків і членів їх сімей.

На сьогоднішній день Україна входить в першу п'ятірку держав світу за кількістю моряків, що працюють на міжнародному ринку праці, насамперед офіцерського складу (за деякими даними займає 3 місце). За даними експертів моряки за рік ввозять в країну біля 3 мільярдів доларів США, які інвестуються в економіку і забезпечують її зростання.

Розроблена з липня 2004 року запроваджена система заходів по боротьбі з загрозами на морі, елементи якої складають основні положення базового документа «Міжнародний Кодекс по охороні суден і портових засобів».

Основні загрози безпеці міжнародного морського судноплавства згідно класифікації Міжнародної морської Організації (ММО) на сьогоднішній день є:

- тероризм;
- піратство;
- озброєний грабунок, крадіжка вантажу і суднового майна;
- контрабандне провезення на борту судна наркотиків, психотропних речовин, зброї;
- перевезення на судах нелегальних мігрантів;
- кіберзлочинність.

Світове співтовариство, очолюване ММО, вибудувало достатньо чітку система засобів по боротьбі з загрозами на морі. Жахлива терористична атака в США у вересні 2001 року обумовила створення додаткових нормативно-правових норм в судноплавній галузі: в грудні 2002 року на дипломатичній конференції ММО в Лондоні були прийняті додатки до Конвенції SOLAS-74, глава 11-1 – «Спеціальні заходи щодо посилення безпеки на морі». Введена в дію нова глава 11-2 – «Спеціальні заходи щодо посилення охорони на морі», а також основний документ – Кодекс з охорони суден і портових засобів ОСПЗ (ISPS Code), які вступили в силу з 1-го липня 2004 року. З цього моменту на всіх судах держав-підписантів були введені посади офіцерів охорони судна, на яких покладена робота з організації, забезпеченню і здійсненню захисту суден, членів екіпажів, вантажів від загроз на морі.

Десятирічна практика застосування системи з виявлення загроз і прийняттю заходів, що попереджують злочини на морі зі сторони членів екіпажу, показало її роботу здатність, однак ефективність її в ряді випадків ще недостатня у зв'язку зі слабою підготовленістю і кваліфікацією учасників процесу боротьби процесу боротьби з загрозами на морі (насамперед членів екіпажів суден).

В 2010 році на дипломатичні конференції в м. Маніла (Філіппіни) були прийняті Манільські поправки до Конвенції з питань підготовки і дипломування моряків (ПДНВ) 1978 року, в якій передбачено, що всі члени екіпажу повинні мати підготовку з охорони судна і відповідати вимогам правила 6/6.

На даний момент існує три рівня підготовки моряків. Перший рівень – члени екіпажу повинні бути повідомлені щодо заходів з охорони судна і підтвердити свою компетентність (security awareness training). Другий рівень – члени екіпажу, яким



передбачається доручення спеціальних обов'язків по охороні судна в рейсі і які повинні мати відповідну підготовку (Training for designated security duties) і підтвердити свою компетентність. Третій рівень – офіцер охорони судна (Ship security officer).

Розроблені нормативні документи за дорученням ММО, з залученням спеціалістів компетентних органів США і Індії, можна оцінити тільки позитивно.

В основі успішного вирішення проблеми боротьби зі злочинами на морі лежить взаємодія посадових осіб – офіцера охорони суднової компанії, офіцера охорони судна і офіцера охорони портового засобу. Всі вони чітко виконувати відповідні плани охорони, нормативні вимоги, мати відповідним чином підготовлених виконавців (члени екіпажу, персонал порту і судноплавної компанії) і використовувати синхронізовану світову інфраструктуру й інформаційні банки даних з оперативного реагування на виникаючі точкові й масштабні загрози (інцидент охорони).

На підставі наявних фактологічних даних доцільно акцентувати увагу морської громадськості на деяких аспектах боротьби з злочинами на морі, які можуть мати значення й практичне використання для суб'єктів цієї діяльності.

1. Забезпечення безпеки торгових суден від загроз на морі лежить в організаційно управлінській сфері – чітке виконання положень і вимог планів охорони суден і портів і передбачають застосування цілого ряду попереджувально-профілактичних заходів, процедур і дій персоналом суден і портів. Це вимагає чіткого виконання всіма суб'єктами процесу своїх конвенційних обов'язків, неформального і усвідомленого їх практичного використання; розуміння того, що загрози на морі реально існують і надзвичайно небезпечні, вимагають постійного і оперативного обліку і пов'язання рівня загрози з маршрутом руху судна або портом, в якому судно знаходиться.

Кодекс ОСПС є універсальним по боротьбі і захисту від всіх видів загроз суднам, вантажу і членам екіпажів. Однак це посилення сьогодні звучується, в основному до загрози піратства.

Також слід підкреслити, що небезпечним для судноплавства є контрабандний трафік, насамперед наркотичних засобів і нелегальна міграція. Це ще один з напрямків досліджень і розробок, в тому числі і по юридичним аспектам.

Знання конвенційних вимог і чітке та усвідомлене виконання положень плану охорони судна дає судовому персоналу можливість вийти з складної, небезпечної ситуації в морі без допомоги зовні, коли вона не може бути надана, покладаючись на свої знання, вміння, підготовку і судове технічне забезпечення, чи мінімізувати наступ можливо важких наслідків від загроз, що вже відбулися.

Вимоги всіх вищевказаних документів ММО виключають дію застосування членами екіпажів суден вогнепальної зброї для оборони і захисту. Наявність зброї на борту вступає в протиріччя з національним законодавством ряду держав, в порти яких судно заходить, а також проблематичністю небезпечного зберігання, використання зброї на борту суден й можливих більш тяжких відповідних акцій зі сторони нападників.

Захист торгових суден від піратських нападів за допомогою проводки й конвоювання кораблями військово-морських сил коаліції носить локальний характер і завжди є успішним. Крім того ці операції є досить коштовними і затратними.

Реалізація положень, норм і вимог кодексу ОСПС є виконання ряду елементів оперативно-розшукової діяльності, якою займаються спеціальні органи та служби :

- знання, виявлення загроз, вміння реагувати на них;
- виявлення і визначення зброї, небезпечних пристроїв і речовин;
- способи доглядів;
- виявлення по визначеним ознакам осіб, які представляють небезпеку;
- способи, які використовуються для обходу заходів охорони;
- управління натовпом і методи його контролю.

Знання розглянутих положень всіма членами екіпажу й постійне їх застосування при знаходженні на судні є ключовим в питаннях охорони і захисту судна від загроз.

Підготовка моряків, що здійснюється у відповідності до Кодексу ОСПС має визначене значення з позицій мобілізаційної готовності громадян і може в кінцевому підсумку мати позитивний вплив на обороноздатність нашої держави, про що може свідчити хороший досвід держав Ізраїлю і Швейцарії.

Досвід моряків, що побували в екстремальних ситуаціях, насамперед в піратському полоні, свідчить про необхідність створення системи заходів по психологічній підготовці моряків, їх близьких, вміння адаптувати свою психіку до змінних умов знаходження в критичні ситуації. Також важливим є те, настільки правильно в таких ситуаціях діють представники судноплавних і круїнгових компаній, мають чи вони необхідні для цього інструменти, ресурси, і головне – бажання і намір діяти в цих умовах, наприклад створення антикризових штабів. Слід відмітити, що ця проблема знаходиться в полі зору ММО і її структурного підрозділу Міжнародного морського бюро по боротьбі злочинами на морі, які вже провели ряд науково-практичних конференцій і тренінгів з залученням навчальних закладів і центрів Одеси.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS-74), London: IMO. 2002.
2. International Ship&Port Facility Security (ISPS) Code, London: IMO. 2003.
3. Recommendations to Governments for preventing and suppressing piracy and armed robbery against ships. MSC. 1/Circ.1333, London: IMO. 26 June 2009.
4. Guidance to shipowners and ship operators, shipmasters and crews on preventing and suppressing acts of piracy and armed robbery against ships. MSC. 1/Circ.1334, London: IMO. 23 June 2009.
5. Guidelines to assist in the investigation of the crimes of piracy and armed robbery against ships. MSC.1/Circ.1404, London: IMO. 23 May 2011.
6. Interim guidance to shipowners, ship operators, and shipmasters on the use of privately contracted armed security personnel on board ships in the high risk area. MSC.1/Circ. 1405, London: IMO. 23 May 2011.
7. Interim recommendations for flag states regarding the use of privately contracted armed security personnel on board ships in the high risk area. MSC.1/Circ.1406, London: IMO. 23 May 2011.
8. Piracy and armed robbery against ships in waters off the coast of Somalia. Best Management Practices for Protection against Somalia Based Piracy (Version 4 – August 2011). MSC.1/Circ.1339, London: IMO. 14 September 2011.
9. Manila amendments to the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, and to the Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping Code (STCW Convention and Code). STCW/CONF. London: IMO. 2010.
10. Interim Guidelines for Owners, Operators and Masters for protection against piracy in the Gulf of Guinea region. Circular letter No.3394, London: IMO. 15 August 2013.
11. Model Course 3.27 «Security Awareness Training for all Seafarers» (2012 Edition). London: IMO. 2012.

## СИСТЕМА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ СУДНОВИХ МЕХАНІКІВ В УКРАЇНІ

Тарасенко Т.В., Дімоглова О.В.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

У процесі динамічних соціально-економічних змін, що відбуваються на сучасному етапі розвитку українського суспільства, пріоритетним напрямом професійної освіти є підвищення якості підготовки майбутніх фахівців, здатних оперувати власними знаннями, активно діяти, оперативно приймати рішення, змінюватися та навчатися відповідно до нових потреб ринку праці. На це зосереджено увагу в Законі України «Про освіту», Національній доктрині розвитку освіти в Україні в XXI ст., Національній стратегії розвитку освіти в Україні на 2012-2021 роки.

Отже, сектор морського судноплавства повинен бути забезпечений стабільною та компетентною робочою силою. Згідно до Правила 1.3 – Підготовка та кваліфікація «Конвенції про працю в морському судноплавстві» 2006 року з поправками прийнята Міжнародною конференцією праці на її 94-й (морській) сесії (2006 р.), зміни, схвалені Міжнародною конференцією праці на її 103-й сесії (2014 р.), моряки не допускаються до роботи на борту судна, якщо вони не пройшли професійну підготовку або не одержали диплом, що засвідчує їх компетентність, або не кваліфіковані іншим чином для виконання своїх обов'язків.

Професійну підготовку та підвищення кваліфікації фахівців у професійній освіті розглядали такі вчені: Ю.Бабанський, В.Беспалько, В.Бондар, Є.Голобородько, І.Жорова, А.Зубко, Н.Ничкало, Н.Кічук та ін.

Професійна підготовка за визначенням у науково-педагогічній літературі є процесом формування сукупності фахових знань, умінь і навичок, атрибутів, трудового досвіду й норм поведінки, що забезпечують можливість успішної професійної діяльності [2].

Також у системі професійної підготовки кваліфікованих суднових механіків морського транспорту мають місце суперечності між:

- практикою навчання дорослих, яка набула поширення в усьому світі, в якій використовувалися інші, ніж для дітей, підходи до організації навчання, і теоретичним осмисленням та обґрунтуванням цих підходів;
- швидкими змінами соціально-економічних умов життя, наявністю у ньому кризових явищ і дезорієнтацією в цих умовах дорослих людей та їх неспроможністю адаптуватися до нових життєвих ситуацій;
- зростанням потреби в удосконаленні різних параметрів освіти й відсутністю програм, проектів, спрямованих на розвиток професійно важливих якостей (ПВЯ) у процесі навчання суднових механіків, які б дозволили значно підвищити ефективність їхньої підготовки.

Отже, у зв'язку з вигідною стороною морських перевезень для економіки та іміджу держави є необхідність у підготовці висококваліфікованих суднових інженерів. Адже від механіків залежить експлуатація, технічне обслуговування судна та безпека перевезення. На нашу думку, на сьогоднішній день судновий механік на судні це «людина-техніка» або «машинний експерт», а саме експлуатаційник, електрик, програміст, машиніст, менеджер, фізик, дослідник, будівельник, енергетик, технолог тощо.

Згідно до академічного тлумачного словника української мови [1] інженер – фахівець є новатором в якій-небудь сфері. Інженер-механік (від лат. *Ingenium* - талант, обдарованість, і *mēchanicus* - механік) - це технічний чи технологічний фахівець з вищою освітою, який застосовує отримані знання для конструювання, проектування, моделювання та експлуатації машин, апаратів і технічного обладнання в різних галузях сільського господарства і технічного виробництва. Першими з інженерів були саме

механіки; вони розробляли і збирали різноманітні машини і механізми, в яких використовували принципи і закони механіки.

Професійна підготовка суднової механіки визначається наступними нормативними документами: положенням про морський заклад освіти, галузевими стандартами професійної освіти, навчальними планами та програмами, підручниками та посібниками, а також тренажерною базою що є основною складовою підготовки майбутніх інженерів.

У міжнародному морському судноплаванні визначено 3 рівня професійної підготовки кадрів морського флоту:

- забезпечення (рядовий склад);
- експлуатації (молодший командний склад);
- управління (старший командний склад).

Щоб освоїти професію інженера-механіка потрібні знання фізики, математики, механіки і нарисної геометрії. Також необхідно мати високий рівень логічного і конструктивного мислення, завзятістю і наполегливістю.

Згідно до Наказу про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 271 «Річковий та морський транспорт» №1239 від 13.11.2018 р., умілий судовий механік зобов'язаний уміти в основному:

- забезпечити планування та підготовку до роботи судового енергетичного обладнання;
- управляти операціями з експлуатації паливної, мастильної, баластної систем та інших насосних систем і пов'язаних з ними систем управління;
- здійснювати технічне обслуговування і ремонт електричного та електронного обладнання, виявляти й усувати несправності та приводити в робочий стан електричне та електронне устаткування управління;
- усвідомлювати відповідальність та здатність до прийняття рішень у непередбачуваних та аварійних ситуаціях, пов'язаних з експлуатацією судового енергетичного обладнання.
- обґрунтовувати власну точку зору та висновки, використовуючи основні теорії та концепції у сфері морської інженерії.

Перед морськими навчальними закладами були поставлені завдання пошуку певних ресурсів та розробки нових програм і педагогічних технологій для забезпечення більш досконалої підготовки.

Аналізуючи вимоги до підготовки робітників морського транспорту, висвітлені в нормативних документах, треба зазначити, що, з однієї сторони, діяльність морських навчальних закладів регулюється національними законами в галузі освіти та відомчими нормативними актами, а з іншої – підпорядковується постановам Міжнародної морської організації (ІМО) і комісії Євросоюзу.

Для морської галузі питання професійної компетентності є дуже важливим тому, що Резолюцією 7 Міжнародної Конвенції з підготовки та дипломування моряків і несення вахти 1978 р. зі змінами (ПДНВ) встановлено відповідальність судноплавних компаній за добір і підготовку моряків. Також визнається, що ефективність процесів відбору, підготовки та дипломування моряків може бути оцінена лише на підставі навичок, умінь та компетентності, які демонструють моряки під час роботи на судні [10]. У Кодексі ПДНВ зазначено, що стандарт компетентності означає рівень професійної підготовки, який повинен бути досягнутий для належного виконання функцій на судні відповідно до критеріїв, узгоджених на міжнародному рівні, і включає прописані стандарти або рівень знань, розумінь та продемонстрованих навичок.

Таким чином, у системі професійної підготовки кваліфікованих робітників морського транспорту мають місце суперечності між:

- практикою навчання, яка набула поширення в усьому світі, в якій використовувалися інші підходи до організації навчання, і теоретичним осмисленням та обґрунтуванням цих підходів;

- швидкими змінами соціально-економічних умов життя, наявністю у ньому кризових явищ і дезорієнтацією в цих умовах людей та їх неспроможністю адаптуватися до нових життєвих ситуацій;

- зростанням потреби в удосконаленні різних параметрів освіти й відсутністю програм, проектів, спрямованих на розвиток професійно важливих якостей (ПВЯ) у процесі навчання робітників морського транспорту, які б дозволили значно підвищити ефективність їхньої підготовки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Академічний тлумачний словник української мови [Електронний ресурс]. URL: <http://sum.in.ua/>

2. Ничкало Н.Г. Неперервна професійна освіта: міжнародний аспект / Н.Г.Ничкало// Матеріали Міжнародної наукової конференції «Творча особистість у системі неперервної професійної освіти»/ за ред. С.О. Сисоевої і О.Г. Романовського. - Харків: ХДПУ, 2014. - С. 54-80.

## ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ МОРЯКІВ ХХІ СТОРІЧЧЯ

Шапар Л.А., Шпілевая Т.М.  
Херсонська державна морська академія (Україна)

За даними міжнародних організацій BIMCO (Baltic and International Maritime Council) та ISF (International Shipping Federation), на сьогоднішній день загальна кількість робочих місць для моряків на міжнародному ринку праці складає 1545 тис. При цьому кількість робочих місць за останні десять років виросла на 45%, що відповідає загальному росту світового флоту [1].

Щороку близько 80 тисяч фахівців займають свої місця у навігаційних містках і машинних відділеннях суден усього світу. За рівнем професійної підготовки, комунікабельності і дисципліни українські моряки займають другі місця в світі. Слід зазначити, що 75 % усіх найнятих кадрів – командний склад. Для підготовки фахівців такого рівня потрібна серйозна система навчання, роки практики і величезний сукупний галузевий досвід.

Професійна підготовка членів екіпажів – це одна зі складових забезпечення системи безпеки в судноплаванні.

Морські держави ратифікували Міжнародну конвенцію по підготовці і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) та взяли на себе обов'язок забезпечити якість підготовки плавскладу на рівні міжнародних стандартів. Прийняття цієї Конвенції обумовлено аналізом й узагальненням катастроф на морі та аварійних ситуацій на флоті, який показує, що на частку «людського чинника», за статистикою ІМО (International Maritime Organization), припадає близько 80% усіх аварій світового торговельного флоту [2]. У більшості випадків причиною є некомпетентність членів екіпажу суден, слабка підготовленість до діяльності в нетипових та екстремальних умовах.

**Актуальність дослідження.** Завдання підготовки сучасного фахівця морського транспорту із сформованим високим рівнем психологічної готовності до екстремальних ситуацій професійної діяльності є актуальною задачею морської освіти в Україні. Особливістю морської освіти ХХІ ст. є те, що вона регламентується не лише вітчизняними, але й обов'язковими нормативними документами Міжнародної морської організації [3; 4]. Зокрема, підготовка фахівців морського транспорту в Україні повинна відповідати вимогам Міжнародної Конвенції по підготовці, дипломуванню моряків та несенню вахти ПДНВ-78/95 та Кодексу ПДНВ з Манільськими поправками 2010р. [5; 6].

**Постановка проблеми.** Згідно з Всесвітньою програмою зайнятості Міжнародної організації праці відповідну увагу слід приділяти потребам судноплавання в людських ресурсах, що постійно змінюються.

Міжнародна організація праці може надавати технічну допомогу для планування й розвитку людських ресурсів у судноплаванні, включаючи введення та пристосування програм навчання моряків з метою задоволення потреб, що виникають на сучасних торговельних судах, беручи до уваги положення існуючих міжнародних конвенцій і рекомендацій, які можуть стосуватися проблем зайнятості, що виникли в результаті технічних змін, і, зокрема, Конвенції 1920 року про працевлаштування моряків (993\_316), Конвенції 1946 року про пенсії морякам (993\_220), Конвенції (993\_224) і Рекомендації 1948 року про організацію служби зайнятості (993\_225), Рекомендації 1963 року щодо припинення трудових відносин, Конвенції і Рекомендації 1963 року про політику в галузі зайнятості. Беручи до уваги вищезазначене у морських закладах вищої освіти постало завдання так організувати навчальний процес молодих фахівців, щоб вони були більш конкурентноспроможними на ринку праці, задовольняли потреби судовласників у робочій силі та були підготовлені для роботи на сучасних судах з новим та модернізованим обладнанням суден [7].

**Метою статті** є розкриття особливостей підготовки сучасних моряків у морських закладах вищої освіти України. Розглядаючи з цього приводу, комплекс вимог, до сучасних моряків, які склалися у системі підготовки рядового та командного плавскладу морських суден в умовах виробництва, стратегія професійного навчання зазнає постійного реформування у зв'язку з економічними, науково-технічними змінами на міжнародному ринку праці, збільшенням вимог роботодавців до рівня і темпів підготовки кваліфікованих робітників, міжнародних вимог у морській галузі [8].

Відповідно до Рекомендацій щодо професійного навчання моряків [9] в усіх країнах, які мають торговельний флот або планують його створити, органи влади, що розробляють національну політику в галузі освіти і професійної підготовки, повинні стежити за тим, щоб у загальній мережі учбових закладів були створені відповідні можливості для підготовки моряків, що сприятиме досягненню таких цілей:

- підтримання і підвищення професійної кваліфікації і навичок моряків, з урахуванням потреб моряків у галузі освіти, економічних і соціальних інтересів країни;
- забезпечення відповідної навчальної підготовки молодих спеціалістів на березі або на борту судна;
- надання можливостей для професійного навчання, яке відповідає сучасним потребам морського транспорту;
- забезпечення всіх моряків, які мають відповідні здібності, можливістю навчання, підвищення кваліфікації та просування по службі до найвищих посад на борту судна, і заохочувати тим самим підвищення ефективності їхньої праці, поліпшення їхньої продуктивності й отримання задоволення від роботи;
- забезпечення вступу на роботу всіх, хто навчався, після закінчення ними курсу навчання [9].

Особливою специфікою підготовки фахівців морської галузі є те, що:

- початок морської кар'єри молодих спеціалістів розпочинається у період навчання в навчальному закладі;
- постійно зростають вимоги судновласників до кваліфікаційної підготовки моряків;
- оснащення суден з кожним роком вдосконалюється і стає більш технологічним і сучасним для їх кращої експлуатації.

Зважаючи на все вище зазначене, перед морськими закладами вищої освіти для виконання усіх цих критеріїв постало завдання так організувати навчальний процес молодих спеціалістів, щоб у стислі терміни надати максимально велику кількість знань необхідних для виконання своїх функціональних обов'язків на борту судна. Саме тому учбові програми у морських навчальних закладах, за якими відбувається навчання моряків розробляються у співпраці з урядовими службами, учбовими закладами та іншими органами, які мають глибокі знання в галузі професійного навчання моряків, і складаються таким чином, щоб вони задовольняли вимогам морського транспорту.

Учбові програми морських закладів вищої освіти включають:

- підготовку в галузі навігації, морської справи, управління судном, сигналізації, обробки вантажів, догляду за судном та інших питань, пов'язаних із використанням торговельних суден;
- навчання використання такої електронної та механічної апаратури, як радіо і радіолокаційні прилади, радіопеленгатори і компаси;
- теоретичне і практичне використання рятувних та протипожежних засобів, методів збереження життя на морі та інших питань безпеки людського життя на морі;
- теоретичне і практичне навчання управління, обслуговування і ремонту головних двигунів та допоміжних машин і механізмів з особливим наголосом на типи обладнання, в тому числі електронного, яке встановлене на суднах відповідної країни;
- навчання запобігання нещасних випадків на борту судна і, зокрема, безпечних методів роботи в усіх службах, включаючи забезпечення особистої безпеки як елемента

навчання професійних дисциплін; навчання методів першої медичної допомоги та інших питань;

- викладання елементів соціального та трудового законодавства, що стосуються роботи на торгівельних суднах і взаємодії на виробництві, положень та правил, що стосуються моряків, економіки транспорту, морського страхування, основ морського права тощо [9].

У морських закладах вищої освіти використовуються різноманітні методи навчання для більш ефективного і повного засвоєння знань, а саме: теоретичне навчання у навчальному закладі; практичне навчання моряків на торгівельних суднах, судноремонтних заводах та механічних майстернях на період практики; навчання на відповідному демонстраційному обладнанні (тренажери, двигуни, макети суден, бортові установки, рятувчі засоби, навігаційні та вантажні прилади), яке підбирається з урахуванням типів судових машин і установок, якими ті, хто навчаються, будуть працювати в майбутньому; кінострічки та інші аудіо-візуальні посібники, які використовуються як додаток до демонстраційного обладнання.

Сучасний підхід до навчання молодих спеціалістів морської галузі дає можливість швидко та ефективно засвоїти набуті знання у безпосередньому наближенні до виробничих умов, або імітації виробничих умов на сучасних тренажерних комплексах, і у більш стислі терміни опанувати нові знання здобуті під час навчання.

Особливу увагу необхідно приділити впровадженню тренажерної підготовки у морських навчальних закладах України. Підготовка фахівців у тренажерних комплексах та лабораторіях відповідає вимогам Міжнародної морської організації (ІМО) та Міжнародної Конвенції ПДНВ 78/95. Під час проходження навчання на тренажерах молоді спеціалісти опановують та засвоюють нові знання та навички в умовах наближених до виробничих. Тим самим вони отримують певний практичний досвід і знання, до того як опиняться на судні у відкритому морі. Працюючи на тренажерах, курсанти навчаються не просто виконувати операції, але й швидко реагувати та приймати рішення в нестандартних ситуаціях.

Тренажер дозволяє задати будь-яку обстановку, змоделювати будь-які умови, при цьому параметри будуть максимально наближені до реальних. Більше того, курсанти можуть у стінах навчального закладу багаторазово повторювати одну й ту ж операцію, відпрацьовуючи навички до автоматизму, що практично неможливо зробити на судні. Головне – зробити це з малими затратами та безпекою для життя людини, техніки й навколишнього середовища.

У системі тренажерної підготовки можна виокремити два основні напрямки використання віртуальних тренажерів: 1) для освоєння та закріплення навчального матеріалу. У цьому разі навчання на тренажері є складовою частиною програми підготовки, а функції тренажера визначаються методикою підготовки спеціалістів; 2) для отримання навичок роботи з певним технологічним устаткуванням у тренажерній підготовці плавскладу. Тренажер має відтворювати процес управління технологічним обладнанням відповідно до вимог нормативно-технічної документації. Використання віртуальних тренажерів має низку переваг. Вони дозволяють не тільки багаторазово й безпечно відтворювати аварійні ситуації, але й скорегувати поведінку людини в ній [10].

Такий вид навчання дає можливість підготувати більш конкурентноспроможних фахівців своєї галузі, аніж ті, що пройшли тільки теоретичне навчання в начальних закладах.

Професія моряка на теперешній час користується високим попитом, що пов'язано із постійним зростанням світового флоту (рис. 1). Це в свою чергу призводить до зростання попиту на молодих і кваліфікованих фахівців. Тому перед морськими навчальними закладами постає завдання не тільки забезпечувати якісну підготовку моряків, але й сприяти заохоченню вступу на навчання достатньої кількості осіб, придатних для роботи в морі на торгівельних суднах.



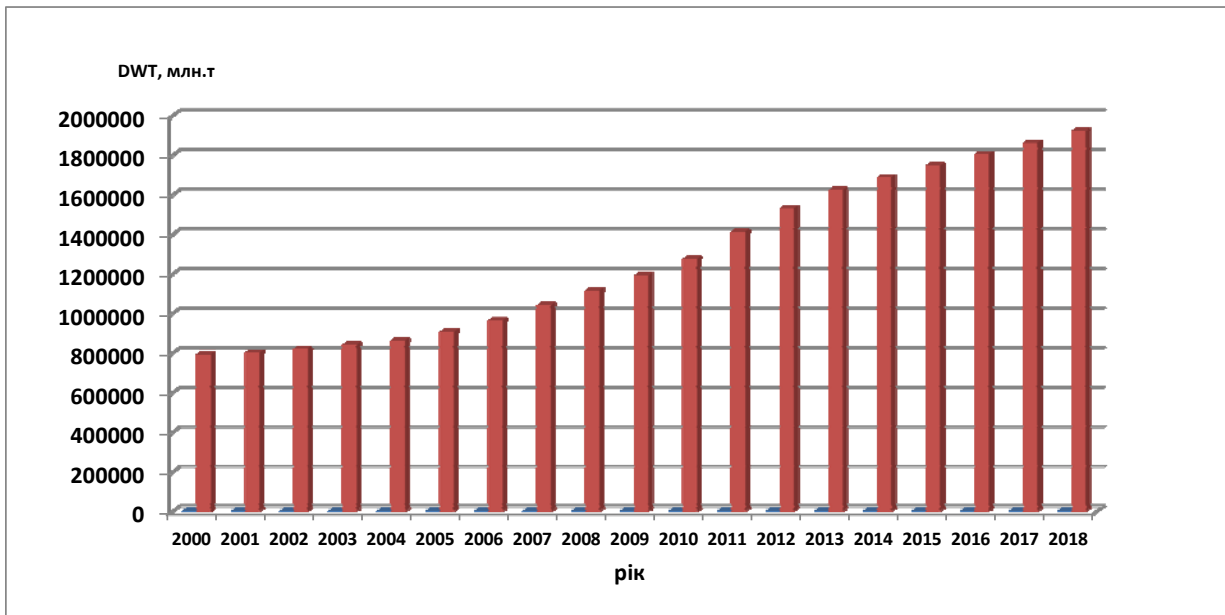


Рисунок 1. Динаміка зростання світового флоту, млн.т

Джерело: при побудові графіку використовувалися розрахунки секретаріату ЮНКТАД на основі даних «Ай-Уйч-Ус Ферплей» 2018

**Висновки.** Отже, особливістю підготовки моряків ХХІ ст є:

- забезпечення підтримки престижності та привабливості роботи моряків в судноплавстві;
- сприяння отриманню курсантами практичної підготовки на суднах шляхом розширення кадетської програми;
- розвиток матеріально-технічної бази морських закладів вищої освіти шляхом забезпечення їх сучасними лабораторними та тренажерними комплексами та обладнанням;
- комплектування викладацького складу морських закладів вищої освіти персоналом з достатнім досвідом роботи на суднах;
- забезпечення сприятливих умов праці та відпочинку моряків;
- ведення національної політики в галузі судноплавства з урахуванням розвитку світової економіки і потреби в моряках на світовому ринку праці.

Світова морська громадськість, зокрема ІТФ (International Training Federation), високо оцінює роботу громадян України в системі забезпечення потреби ринку праці моряків і стійкості торговельного мореплавства. Своєю діяльністю вони забезпечують зростання міжнародної торгівлі та ефективність позиціонування окремих країн. Таким чином, Україна має досить високий потенціал і хороші перспективи для подальшої успішної конкуренції на світовому ринку праці за високооплачувані робочі місця командного складу в умовах зростаючої потреби морських перевезень у висококваліфікованих морських фахівцях.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Міусов М.В. Перспективи підготовки та працевлаштування моряків. URL: <https://ports.com.ua/articles/perspektivy-podgotovki-i-trudoustroystva-moryakov> (дата публікації 07.03.2018).
2. Даниленко О.Б. До проблеми комплексного підходу до професійної підготовки командного складу екіпажів суден цивільного флоту. Сучасні підходи до вискоефективного використання засобів транспорту: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Ізмаїл: ДІ НУ «ОМА», 2017. С. 47-50.

3. Зайцева Т.Г. Теорія і практика самоменеджменту психофізичних станів моряка з активізації людського ресурсу та подолання проблеми аварійності на флоті: монографія / за ред. Т. Г. Зайцевої. Херсон: ХДМА, 2012.- 170 с.

4. Чернявський В.В. Компетентісний підхід як чинник забезпечення вимог до підготовки фахівців морської галузі. Збірник наукових праць Кам'янець-подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна. 2014. Вип. 20. С. 230-232.

5. Манільські поправки 2010 р. до Додатка Міжнародної Конвенції про підготовку та дипломування моряків та несення вахти 1978 р. (ПДНВ 78/95); Манільські поправки до Кодексу з підготовки та дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) 25.06.2010 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://SEARCH.LIGAZACON.UA/L\\_DOC2.NSF/LINK1/MU10242.HTML](http://SEARCH.LIGAZACON.UA/L_DOC2.NSF/LINK1/MU10242.HTML)

6. International Convention on Standarts of Traininig, Certification and Watchkeeping for Seafarers as amended, including the 1995 and 2010 Manila Amendments. STCW Convention and STCW Code. 2011 edition. Language(s):ENG, FRE, SPA, RUS, CHI, ARA (IMO-IC938).

7. Міжнародна організація праці. Рекомендація щодо проблем зайнятості, пов'язаних з технічними змінами на борту суден №139 від 29.10.1970, URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993\\_256](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993_256)

8. Радкевич В. О. Сучасні чинники розвитку професійного навчання в умовах виробництва. *Професійне навчання на виробництві*: зб.наук.праць / [ред.кол. : В. О. Радкевич (голова) та ін.]. К.: Вид-во Інституту професійно-технічної освіти НАПН України, 2011. Вип.4. С. 18 – 27.

9. Міжнародна організація праці. Рекомендації щодо професійного навчання моряків №137 від 28.10.1970, URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993\\_254](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993_254)

10. Фомина И. К. Виртуальные тренажеры при дистанционном обучении плавсостава [Текст]. *Интерактивная наука*. 2017. № 11. С. 145 – 148.

# МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ

Ярмаки А.Х.

Дунайский институт Национального университета «Одесская морская академия» (Украина)

Для примера произведем анализ величин параметров рабочего тела в теоретическом цикле жидкостного двигателя, т.е. по циклу «Sabatte» или Г.Тринклера.

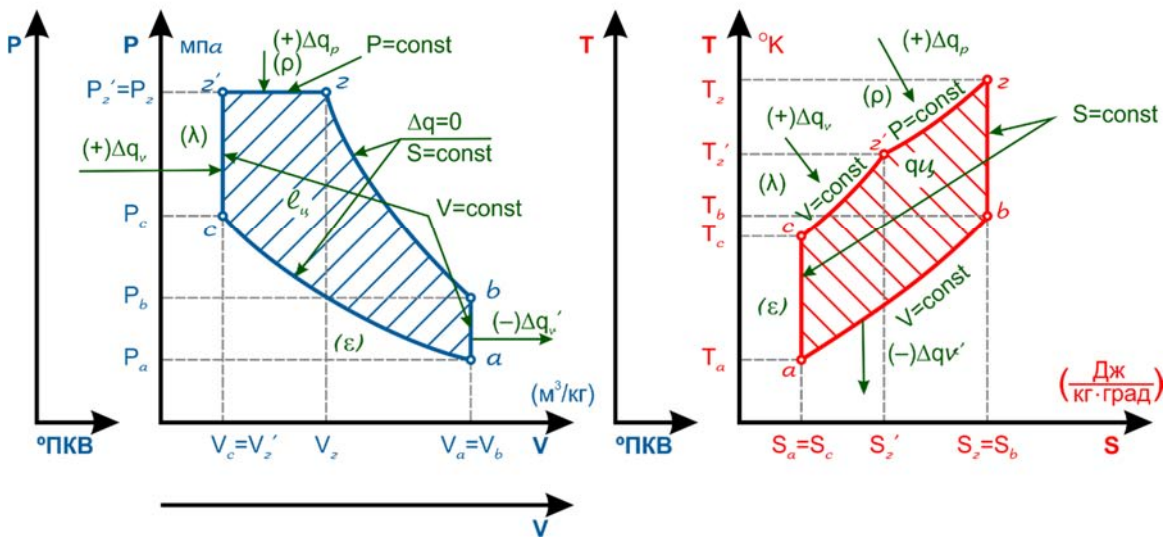
Предварительно, до начала проведения анализа необходимо изобразить теоретический цикл в двух системах координат «P–V» (давление и удельный объем рабочего тела) и «T–S» (абсолютная температура — энтропия) (смотри Рисунок «А» и «Б») [1].

Также необходимо связать диаграммы цикла с дополнительными шкалами давления, удельного объема и абсолютной температуры, отнесенных к углу поворота коленвала двигателя с результатами, полученными в расчетах данных величин при проведении их анализа.

Дополнительные шкалы желательно отобразить или отнести к диаграмме цикла в системе координат «P–V» (смотреть Рисунок «А»).

Рисунок А–Б

Цикл Sabatte (Тринклера)



Полученные при анализе параметров значения величин P, V и T, необходимо перенести из характерных точек цикла (точки a, c, z', z b) на соответствующие дополнительные шкалы «P – °ПКВ», «V – °ПКВ» и «T – °ПКВ», °ПКВ — градус поворота коленчатого вала двигателя или угол поворота» [2].

1. При этом будем иметь: три значения удельных объемов рабочего тела (точки «a» в которой  $V_a=V_b$ ; точка «c» в которой  $V_c=V_{z'}$ ; и точка «z» имеющая значение  $V_z$ )

2. Четыре значения величины давления ( $P_a, P_c, P_{z'}=P_z, P_b$ ).

3. Пять значений температуры во всех характерных точках цикла.

Площадь диаграммы цикла в «P-V» координатах будет графически соответствовать работе цикла, а в «T-S» координатах — количеству теплоты, превращенную в работу.

При этом дополнительные шкалы должны иметь соответствующий масштаб (т.е. масштаб должен быть выбран в рамках  $P_{ц}^{\min} < P_i < P_{ц}^{\max}$ , и так для величин температуры и удельного объема).

На изохорах «с-z'» и «b-a» определить количество подведенной и отведенной (потерянной) теплоты, а на изобаре «z'-z» — количество подведенной теплоты.

По найденным значениям теплоты в цикле вычисляем величину теплового КПД цикла  $\eta_t^s$

В качестве проверки значения полученного КПД производим его перерасчет через основные характеристики:  $\varepsilon$ ,  $\lambda$  и  $\rho$ .

Таким образом будем иметь два следующих выражения:

$$\eta_t^s = \frac{\Delta q_V + \Delta q_P + \Delta q_V'}{\Delta q_V + \Delta q_P} \text{ и } \eta_t^s = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^k - 1}{(\lambda - 1) + k \lambda (\rho - 1)}$$

Для завершения анализа цикла необходимо построить три графика зависимости величин КПД от основных его характеристик

a)  $\eta_t^s = f_1(\xi_i)$ , при условии  $\lambda = \text{const}$  и  $\rho = \text{const}$ ;

b)  $\eta_t^s = f_2(\lambda_i)$ , при условии  $\varepsilon = \text{const}$  и  $\rho = \text{const}$ ;

c)  $\eta_t^s = f_3(\rho_i)$ , при условии  $\varepsilon = \text{const}$  и  $\lambda = \text{const}$ ;

При этом графики зависимостей КПД должны быть построены в допустимых рамках изменений значений степени сжатия « $\varepsilon_i$ », степени повышения давления — « $\lambda_i$ » и степени предварительного расширения рабочего тела « $\rho_i$ ».

По построенным графикам зависимостей величин КПД в процентном отношении от характеристик цикла необходимо сделать соответствующие выводы.

Касательно построения графиков смотри рис. В, Г и Д.

Рисунок В

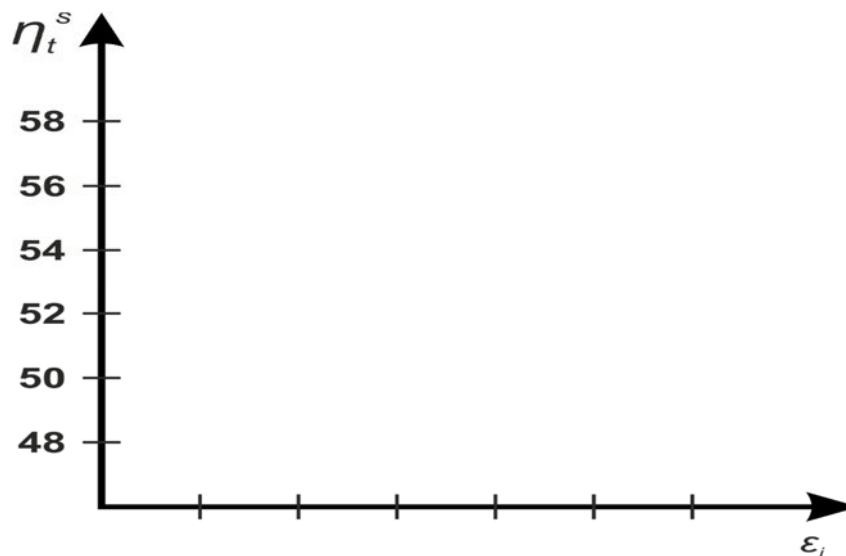


Рисунок Г

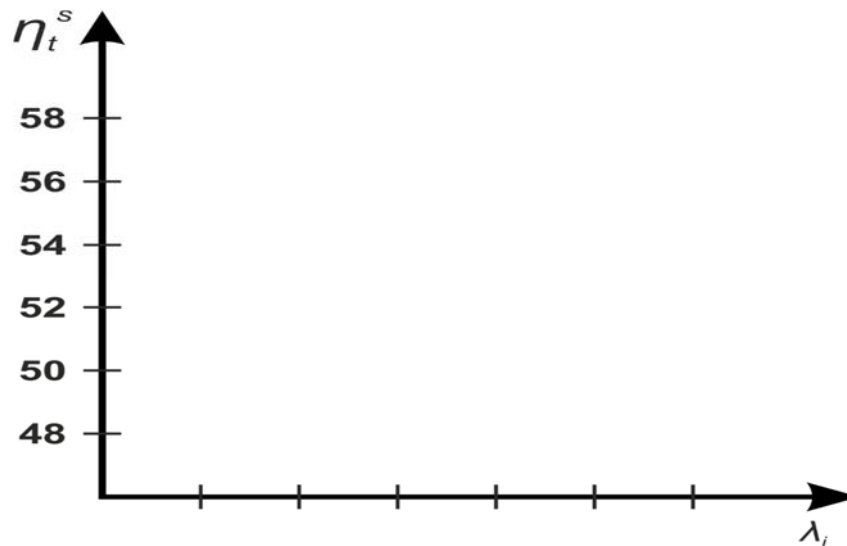
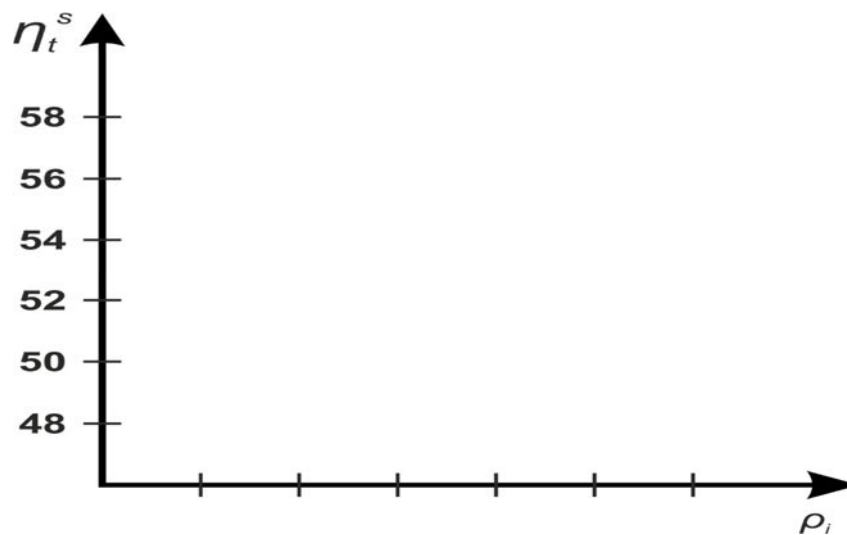


Рисунок Д



Пример задания начальных параметров рабочего тела для проведения анализа цикла:

1. параметры рабочего тела в начале процесса адиабатного сжатия точка «а»  $[P_a, t_a, (T_a, ), V_a]$  или в конце рабочего хода поршня — точка «б»  $[P_b, T_b]$ .
2. величины основных характеристик цикла ( $\varepsilon$ ,  $\lambda$  и  $\rho$ );
3. количества подведенных теплот в изохорном или изобарном процессах, количество потерянной теплоты.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бэр, Г.Д. Техническая термодинамика / Г.Д. Бэр. – М.: Мир, 1977. – 519 с
2. Вукалович, М.П. Термодинамика / М.П. Вукалович, И.И. Новиков. – М.: Машиностроение, 1972. – 671 с.

## НОТАТКИ

Відповідальний за випуск *Р.Є. Врублевський, В.П. Савчук*  
Технічний редактор *Д.В. Курносенко*  
Друк, фальцювально-палітурні роботи *В.Г. Удов*

Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк 18,76  
Підписано до друку 02.09.19 р.  
Тираж 300 прим.

Видавництво  
Херсонська державна морська академія,  
Просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000  
Тел. 091-32-65-473

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої  
справи до Державного реєстру  
ДК №4319 від 10.05.2012