

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



Матеріали
першої міжнародної
науково-технічної конференції
**ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ**

23 - 24 вересня 2021 р., Харків-Миргород, Україна

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
АТ «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
ТОВ «УКРАЇНСЬКА ЛОКОМОТИВОБУДІВНА КОМПАНІЯ»
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
TRANSPORT ACADEMY, RIGA
POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY
UNIVERSITY OF ŽILINA
SUKHOI STATE TECHNICAL UNIVERSITY OF GOMEL
GONCHAROV KAZAKH AUTOMOBILE AND ROAD INSTITUTE**

**МАТЕРІАЛИ
першої міжнародної
науково-технічної конференції
«ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»**

Харків - Миргород 2021

Науковий комітет:

- Бень А. П.**, – д.т.н., професор, ХДМА;
Білоусов Є. В., – д.т.н., доцент ХДМА;
Буцько Т.В. – д.т.н., професор УкрДУЗТ;
Варбанець Р. А. – д.т.н., професор ОНМУ;
Вичужанін В. В., – д.т.н., професор ДУ «ОП»;
Воронін С.В. – д.т.н., професор УкрДУЗТ;
Ганжа А.М. – д.т.н., професор НТУ «ХП»;
Горбов В.М. – к.т.н., доцент НУК;
Грицук І. В – д.т.н., професор ХДМА;
Дудка Є.І. - АТ «УЗ»
Каграманян А.О. – к.т.н., доцент, УкрДУЗТ;
Капіца М.І. – д.т.н., професор, ДНУЗТ;
Кірілова О.В – д.т.н., професор ОНМУ;
Кобдікова Ш. М. – д.т.н., професор КазАДІ, (Казахстан);
Крот В.С. - ТОВ «Українська локомотивобудівна компанія»;
Любарський Б.Г. – д.т.н., професор НТУ «ХП»;
Максимчук В.Ф. – к.т.н., АТ «Укрзалізниця»;
Мямлін С.В., – д.т.н., професор, АТ «УЗ»;
Нагорний Є.В. – д.т.н., професор ХНАДУ;
Нікольський В.В. – д.т.н., професор НУ «ОМА»;
Онищенко О. А. - д.т.н., професор НУ «ОМА»;
Ткаченко В.П. – д.т.н., професор ДУІТ;
Федорович О.Є. – д.т.н., професор, НАУ «ХАІ»;
Чередніченко О.К. – д.т.н., доцент НУК;
Шраменко Н.Ю. – д.т.н., професор ХНТУС;
Bureika G. – Dr., prof., Vilnius Gediminas Technical University (Литва);
Gerlici J. – Dr., prof., University of Žilina (Словаччина);
Mezitis M. – Dr.sc.ing. Transport Academy (Латвія);
Thierry Horsin – Prof., Conservatoire national des arts et métiers, (Франція);
Tomaszewski F. – Prof., Dr. hab.inz, Poznan University of Technology, (Польща).

Організаційний комітет:

Голова – Панченко С.В., д.т.н., професор, ректор УкрДУЗТ, м. Харків;

Співголови:

Asta Radzevičienė, Prof, Dr. Vice-Rector for International Relations Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania;

Руденко С.В., д.т.н., професор, ректор ОНМУ, м. Одеса

Чернявський В.В., д.п.н., професор, ректор ХДМА, м. Херсон

Путято А.В., д.т.н., професор, ректор ГГТУ ім. П.О. Сухого, м. Гомель;

Буреш Ф., член правління АТ «Укрзалізниця», м. Київ;

Заступники голови:

Ватуля Г.Л., д.т.н., професор, проректор з наукової роботи УкрДУЗТ, м. Харків.

Пузир В.Г., д.т.н., професор, завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу», УкрДУЗТ, м. Харків.

Прогресивні технології засобів транспорту. Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції, 23-24 вересня 2021 р. Харків-Миргород: УкрДУЗТ, 2021. 178 с.

Збірник містить матеріали доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за трьома напрямками: розвиток інтелектуальних технологій в транспортних системах; проектування, виробництво, сервіс та експлуатація засобів транспорту; енергоефективність та енергоменеджмент засобів транспорту та інфраструктури.

© Український державний університет залізничного транспорту, 2021

ЗМІСТ

ВІТАЛЬНЕ СЛОВО ГОЛОВИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ, РЕКТОРА УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПАНЧЕНКА СЕРГІЯ ВОЛОДИМИРОВИЧА	11
Секція РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ	
МІСЦЕ І РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ	
<i>С.В. Руденко, А.І. Головань</i>	13
КОМПЛЕКСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ СУДНОВОГО РОТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ	
<i>С.В. Руденко, А.І. Головань, І.П. Гончарук</i>	15
ПІДХОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЯВІВ ФАКТОРА ЛЮДИНИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ	
<i>В.В. Чернявський, А.П. Бень, П.С. Носов</i>	17
AUTOMATIC CONTROL OF THE ON-BOARD SYSTEMS TECHNICAL CONDITION	
<i>V. V. Cherniavskiy, A. P. Ben, S. M. Zinchenko</i>	19
ВИКОРИСТАННЯ КОНТАКТНОГО ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИВАТНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ ТЯГИ НА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»	
<i>Т.В. Бутько, М. Мезітіс, С.В. Харланова</i>	21
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІЖНАРОДНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В ЧАСТИНІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
<i>Т.В. Бутько, Є.В. Ходаківська, О.М. Ходаківський, В.Ф. Чеклов</i>	23
ІНТЕГРАЦІЯ КРАЇН І ПОРТІВ У ГЛОБАЛЬНІ МЕРЕЖІ ЛІНІЙНОГО СУДНОПЛАВСТВА: ОГЛЯД ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ЮНКТАД І ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ	
<i>О.В. Кириллова, В.Ю. Кириллова</i>	25
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ	
<i>Н.Ю. Шраменко, В.О. Шраменко</i>	27
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВЗАЄМОДІЇ ПІДПРИЄМСТВ МАГІСТРАЛЬНОГО ТА ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАСПОРТУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗЕРВІВ ПОТУЖНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	
<i>Г.М. Сіконенко, Т. Хорсін, А.А. Висідалко</i>	29

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА <i>Ш.М. Кобдикова</i>	30
УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЦИКЛІВ РУХУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ НА АВТОСТРАДАХ <i>М.С. Оліскевич</i>	32
СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ <i>В.П. Сахно, С.М. Шарай, В.М. Поляков</i>	34
РОЗВИТОК СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДОСТАВЛЯННЯ ВАНТАЖІВ <i>О.О. Шапатіна, Л.М. Зінов'єва</i>	36
ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ З ПОРОЖНІМИ ВАГОНАМИ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ <i>П.В. Долгополов, О.С. Мігільова, В.В. Серьогін</i>	38
ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ <i>О.А. Малахова, В.І. Міщук</i>	39
АДАПТИВНА СИСТЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ТРАНСПОРТНОМУ ВУЗЛІ <i>В.В. Габа, Т.М. Грушевська, В.П. Костюшко</i>	41
STRESS FACTORS' IMPACT ON NAVIGATIONAL SAFETY <i>Yu. Vuchkovsky, O. Melnyk</i>	43
ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ <i>І.О. Воронко</i>	44
ВПЛИВ ПАНДЕМІЇ НА ПЕРЕВАЛКУ ВАНТАЖІВ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ <i>Д.М. Решетков, І.М. Іванова</i>	46
СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЦЕССА ПЕРЕВАЛКИ ГРУЗОВ <i>А.О. Мурадьян</i>	48
ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТКОВОЇ РЕЙСОВОЇ МОДЕЛІ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ <i>В.М. Прохоров, Т.Ю. Калашнікова, Л.І. Рибальченко</i>	50
МОНІТОРИНГ КІБЕРСТІЙКОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СУДНАМИ <i>К.В. Шумілова</i>	52

Секція

**ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО, СЕРВІС ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ**

ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ НА РАННІХ СТАДІЯХ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИМ АДАПТИВНИМ МЕТОДОМ ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ	
<i>С.В. Панченко, С.В. Михалків</i>	55
ВИПРОБУВАННЯ ПО ОЦІНЦІ ВІДПОВІДНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ – ВАЖЛИВИЙ ЕТАП ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ РУХОМОГО СКЛАДУ	
<i>В.Г. Пузир, Ю.М. Дацун, А. Феллер, В.В. Карпенко, О.М. Обозний</i>	57
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ УКРАЇНИ	
<i>Т.В. Бутько, О.С. Крашенінін, О.М. Обозний, С.С. Яковлєв</i>	59
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	
<i>С.В. Мямлин</i>	60
КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ	
<i>Д.С. Жалкін, Ф. Томашевський, В.В. Вялько М.О. Мельничук</i>	62
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ	
<i>В.Г. Пузир, Ю.М. Дацун, В.В. Пиво, В.А. Гогаєв</i>	64
МОНІТОРИНГ СТАНУ ПРОПУЛЬСІВНИХ УСТАНОВОК СУДЕН ЗМІШАНОГО РАЙОНУ ПЛАВАННЯ	
<i>І.В. Худяков, Ю. Герличі, І.В. Грицук, М.С. Агєєв, Д.С. Погорлецький, В.В. Черненко</i>	66
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАНТОГРАФІВ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	
<i>В.Г. Пузир, М.В. Максимов, В.І. Задесенець, О.В. Кібкало, Л.В. Коваленко</i>	68
МІСЦЕ І РОЛЬ ЛОКОМОТИВНОГО ГОСПОДАРСТВА У ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ УКРАЇНИ	
<i>О.В. Устенко, М.О. Устенко</i>	70
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАВДАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНИМИ ВИРОБНИЦТВАМИ ЗАЛІЗНИЦЬ	
<i>Ю.М. Дацун, Г. Бурейка, О.А. Семіошко, А.В. Вівдич</i>	71
ДО ПИТАННЯ ШЛЯХІВ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	
<i>В. Ткаченко, С. Сапронова, Є. Зуб, В. Могилко</i>	73

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ DEPAS D4.0H та EPM-XP+(IMES GmbH) ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ	
<i>Р.А. Варбанець, В.І. Кирнац, В.І. Холденко, О.І. Кирилаш, В.Г. Абросімов, В.Г. Клименко, В.В. Бондаренко</i>	75
ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАПОВНЮВАЧІВ В НЕСУЧІЙ КОНСТРУКЦІЇ НАПІВВАГОНА	
<i>А.О. Ловська, О.В. Фомін, А.В. Рибін</i>	77
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПОМИЛКИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ МІНІМАЛЬНО-ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ ГРЕБЕНЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО КОЛЕСА	
<i>С.Ю. Сапронова, В.П. Ткаченко, І.М. Старков</i>	79
ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІС РУХОМОГО СКЛАДУ ІЗ РЕЙКАМИ	
<i>С.В. Воронін, В.О. Стефанов, Д.В. Онопрейчук, О.М. Лялікова</i>	81
СУДОВІЕ ГАЗОДИЗЕЛЬНІЕ ДВИГАТЕЛИ, ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ	
<i>Е.В. Белоусов, В.П. Савчук, О.Е. Самарин, Н.Е. Рыбальченко, Т.П. Белоусова</i>	83
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ НАХИЛУ КУЗОВА ЕЛЕКТРОПОЇЗДА КОМПАНІЇ «TALGO» ТА ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЇЇ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ УКРАЇНСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ	
<i>О.А. Сидоренко, В.П. Ткаченко</i>	85
МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ РЕМОНТНОГО ОБЛАДНАННЯ ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО	
<i>О.С. Крашенінін, О.О. Шапатіна, О.М. Обозний, О.В. Лагерєва, І.С. Борисенко, В.М. Потапенко</i>	87
ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛ НА РОЗПОДІЛУ ТИСКУ В ПАРАХ КОВЗАННЯ В СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ	
<i>С.В. Сагін, М.О. Кривий</i>	89
ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА В ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	
<i>В.В. Мадей, С.В. Сагін</i>	91
ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ЗНАНЬ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ	
<i>Ю.М. Дацун, В.І. Задесенець, І.І. Кордубан, Я.О. Івченко</i>	93
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ	
<i>А.С. Сагін, Ю.В. Заблоцкий</i>	95
ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОНОВЛЕННЯ РЕМОНТНОГО ОБЛАДНАННЯ В ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО	
<i>О.С. Крашенінін, О.М. Обозний, С.М. Фомін, Д.С. Зубенко</i>	97
АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ПАЛИВА ДЛЯ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	
<i>С.В. Сагін, Д.Ю. Руснак</i>	98

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ РЕЙКОВИХ АВТОБУСІВ У ПРИМІСЬКОМУ РУСІ <i>С.Г.Жалкін, В.В.Сирик, В.М. Березной</i>	100
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕПЛОВОЗІВ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ <i>О.С. Крашенінін, О.М. Обозний, М.В. Черкашников, О.О. Ниципорик</i>	102
СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПАЛИВА ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ <i>С.Г.Жалкін, М.А.Бондарев</i>	104
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ З КОЛЕКТОРНИМИ ТЯГОВИМИ ДВИГУНАМИ <i>Ю. Дубравін, О. Співак, В. Ткаченко</i>	106
СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА <i>В. В. Карпенко, В. В. Рогаль, Д. А. Мацегора, А. Е. Кривчиков, В. А. Буханцев</i>	108
ДІАГНОСТИКА СТАНУ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ РУХОМОГО СКЛАДУ <i>С.В. Бобрицький, О.О. Анацький, Д.Є. Петрищев, А.М. Плахін</i>	110
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН <i>Е.Ф. Кудина, А.С. Залата, В.В. Карпенко, И.В. Приходько, П.А. Курицын</i>	112
ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ З РЕМОНТУ ВАГОНІВ <i>Д.І. Волошин, Л.В.Волошина</i>	114
ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ УКРЗАЛІЗНИЦІ <i>А.Л. Сумцов, О.О. Анацький, Д.Є. Петрищев, А.І. Божко</i>	116
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ ВШР <i>Д.М. Глушков, В.В. Євсюков, Н.Д. Чигирик</i>	118
АВТОМАТИЗОВАНА ВИМІРЮВАЛЬНО-МОДЕЛЮЮЧА СТЕНДОВА УСТАНОВКА «МАШИНА ТЕРТЯ» ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНТАКТУ «КОЛЕСО-РЕЙКА» <i>М.В. Ковтанець, В.С. Ноженко, Т.М. Ковтанець, М.М. Вакулік, О.О. Винокуров</i>	119
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ОБЛАДНАННЯ ЛОКОМОТИВА <i>О.М. Обозний, В.М. Михайлишин, Ю.П. Коваленко, А.О. Мовчан</i>	121
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ГАЛЬМОВИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ <i>В.Г. Равлюк, В.В. Захарченко</i>	123

НАДІЙНІСТЬ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	
<i>В.П. Семенов</i>	125
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЗІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГАЗОМОТОРНОГО ПАЛИВА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	
<i>М.А. Міленко, Б.І. Струмілов, В.О. Лещенко, О.В. Клименко</i>	128
Секція	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ	
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ У ВАГОНАХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ	
<i>А.О. Каграманян, В.В. Бондаренко</i>	131
ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОТРЕБИ СТОРОННІХ СПОЖИВАЧІВ	
<i>А.О. Каграманян, О.В. Василенко, А.В. Онищенко, А.І. Підпригора</i>	132
ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ТА ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРАЦЮЮЧИХ НА ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ	
<i>І.В. Грицук, Д.С. Погорлецький, І.В. Худяков</i>	134
ДО ОЦІНКИ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ СТАБІЛІЗАЦІЇ КУРСУ АВТОНОМНОГО ПЛАВАЛЬНОГО АПАРАТУ	
<i>І.О. Бурмака, Я.Б. Волянська, І.І. Ворохобін, О.М. Мазур, О.А. Онищенко</i>	136
СТРУКТУРИЗАЦІЯ СИСТЕМНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОЄКТІВ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ	
<i>М.В. Хворост, А.І. Кузнецов</i>	138
ПЕРСПЕКТИВИ УЛУЧШЕННЯ ЕКОЛОГІЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ТРАНСПОРТЕ	
<i>В.Г. Пузырь, В.В. Кругляк, А.С. Залата</i>	140
МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ВИТРАТ РЕСУРСІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ	
<i>В.Х. Далека</i>	143
ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ СУДНОВИХ ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ	
<i>С.М. Волянський, Я.Б. Волянська, О.О. Онищенко</i>	145
АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ	
<i>О.О. Алексахін, Є.Є. Счастний</i>	147

ДО ВИЗНАЧЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ СТРУМУ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗМІННОГО СТРУМУ	
<i>С. Гулак, С. Сапронова, В. Ткаченко</i>	148
МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОВОЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ	
<i>О.А. Дакі, О.І. Тимочко</i>	150
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВ ПРИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ	
<i>А.К. Чередниченко, О.Ю. Басов, Н.В. Коробейникова</i>	152
ВИБІР КРИТЕРІВ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕРМОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ ШЛЯХОМ УТИЛІЗАЦІЇ СКИДНОГО ТЕПЛА ДВИГУНІВ	
<i>А.К. Чередниченко, О.Ю. Басов, Н.В. Коробейникова</i>	154
ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ БУДІВНИЦТВА АБО РЕКОНСТРУКЦІЇ	
<i>О.В. Василенко, Г.І. Пригорнєв, О.В. Кутянін</i>	156
ПІДХОДИ ДО НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТРАНСПОРТІ	
<i>М.А. Барибін, А.О. Каграманян, А.П. Фалендиш</i>	157
ЕНЕРГОЄМНІСТЬ – ЯК ОСНОВНИЙ ПОКАЗНИК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ	
<i>Р.Є. Прокоп'єв, А.І. Підпригора, Д.В. Чупахіна</i>	159
ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ МАНЕВРОВИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ	
<i>Є.С.Рябов, Л.В.Оверьянова, С.О.Гулак, Л.Ю. Кондратьєва</i>	161
ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	
<i>Р.С. Лавро, І.С. Ткаченко, Є.Є. Счастний</i>	163
ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
<i>А.В. Онищенко, Ю.А. Бабіченко, О.П. Бородін</i>	164
ДЕЯКІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗГЛЯДУ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ВНУТРІШНЬОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ У КОНТЕКСТІ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	
<i>Т.В. Тарасенко, В.І. Залож</i>	166
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТРІЧКОВИХ ЗАВИХРЮВАЧІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ У КАНАЛАХ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ	
<i>О.О. Алексахін, О.В. Панчук, С.С. Робейко</i>	168
ОЦІНКА ТЕПЛОВОГО СТАНУ МІКРОРАЙОННОЇ МЕРЕЖІ ОПАЛЕННЯ	
<i>О.О. Алексахін, І.С. Дубинська, І.С. Соляник, Ж.М. Домбровська</i>	169

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖІ

Г.В. Біловол, П.В. Рукавішников, В.В. Тимко, Д.В. Куницький

171

ФОРМУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ВОДІЇВ

Н.І. Кульбашина

173

**ВІТАЛЬНЕ СЛОВО ГОЛОВИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ
КОНФЕРЕНЦІЇ, РЕКТОРА УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ПАНЧЕНКА СЕРГІЯ ВОЛОДИМИРОВИЧА**

Шановні колеги!



У сучасних складних умовах до транспортної системи України пред'являються високі вимоги щодо якості, регулярності і надійності транспортних зв'язків, збереження вантажів і безпеки перевезення пасажирів, термінів і вартості доставки. Відповідно до цього стан транспортної комунікації країни має відповідати вимогам європейської інтеграції.

Століття високих швидкостей і нових технологій ставить перед транспортною галуззю нові завдання, а сучасні технології відкривають величезні перспективи. Тому тільки в умовах тісної співпраці науковців, виробників, експлуатаційників відкриваються нові перспективи для підвищення продуктивності, здійснення структурних змін та прискорення розвитку всіх галузей транспорту.

Конференція «Прогресивні технології засобів транспорту» має на меті презентацію та обговорення науково-технічних досягнень, сприяння активізації творчої діяльності фахівців, зайнятих в сфері наукових досліджень, проектування, виробництва та експлуатації транспортних систем, засобів транспорту та інфраструктури, обмін науково-практичним досвідом.

Висока актуальність тематики конференції підтверджується широким діапазоном її учасників, серед яких представники транспортних і технічних університетів України, Франції, Польщі, Словаччини, Литви, Латвії, Білорусі, Казахстану. Неабиякий інтерес до конференції проявили представники виробництва державного та приватного сектору.

Бажаю всім учасникам конференції міцного здоров'я, творчого натхнення, успіхів в науково-дослідній роботі і практичній діяльності.

З повагою, ректор УкрДУЗТ, д.т.н., професор С.В. Панченко

Секція

**РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ**

УДК 629.5.07

МІСЦЕ І РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

THE PLACE AND ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OPERATION OF WATER VEHICLES

*д.т.н. С.В. Руденко, к.т.н. А.І. Головань
Одеський національний морський університет*

*D.Sc. (Tech.) Rudenko Serhii, PhD (Tech.) Golovan Andrii
Odessa National Maritime University*

Відмови механізмів і обладнання на водному транспорті можуть привести до незапланованих простоїв, що обходиться судновласникам в сотні млн. дол. США упущеної вигоди [1]. Під час несправності судно не виконує роботу, і судновласник не отримує денну ставку за судно. Час необхідний для ремонту залежить від багатьох факторів, наприклад необхідності розбирання, транспортування, ремонту і складання несправних механізмів і обладнання. Часто ремонти можуть затягнутися на 30 і більше днів. З денною ставкою 600 тис. дол. США, втрати судновласника, від простою судна, складають не менше 18 млн. дол. США [2].

Традиційні підходи до виявлення і прогнозування відмов засновані на правилах і фізичних моделях, на розробку яких йдуть роки і які застарівають, якщо змінюється навіть один елемент механізму або обладнання [3].

Рішення Water Vehicle Predictive Maintenance System (WVPMS) для прогнозуючого, приписуючого та адаптивного обслуговування на основі штучного інтелекту дозволяє [4]:

- прогнозувати очікувану відмову обладнання,
- поліпшити процес експлуатації за рахунок скорочення або усунення незапланованих відмов критично важливого обладнання;
- ідентифікувати уразливості в експлуатаційних процесах,
- постійно покращувати точність прогнозів за допомогою автоматичного перенавчання моделей.

WVPMS - це рішення, яке [4]:

аналізує дані акселерометрів, датчиків тиску, вібрації і температури, системи моніторингу палива, масла і викидів, а також системи вимірювання моменту на гребному валу;

використовує машинне навчання для отримання корисної інформації, відзначаючи неоптимальні операції і виявляючи майбутні відмови до їх виникнення;

допомагає виконати швидкий і обґрунтований ремонт за допомогою зрозумілих індикаторів несправностей.

Завдяки розширеному використанню WVPMS з'являється можливість попереджати технічні відмови критичних систем, тим самим продовжуючи термін служби механізмів і обладнання засобів водного транспорту [5].

Рішення WVPMS засноване на концептуальній інформаційній моделі що зображено на Рисунок 1.

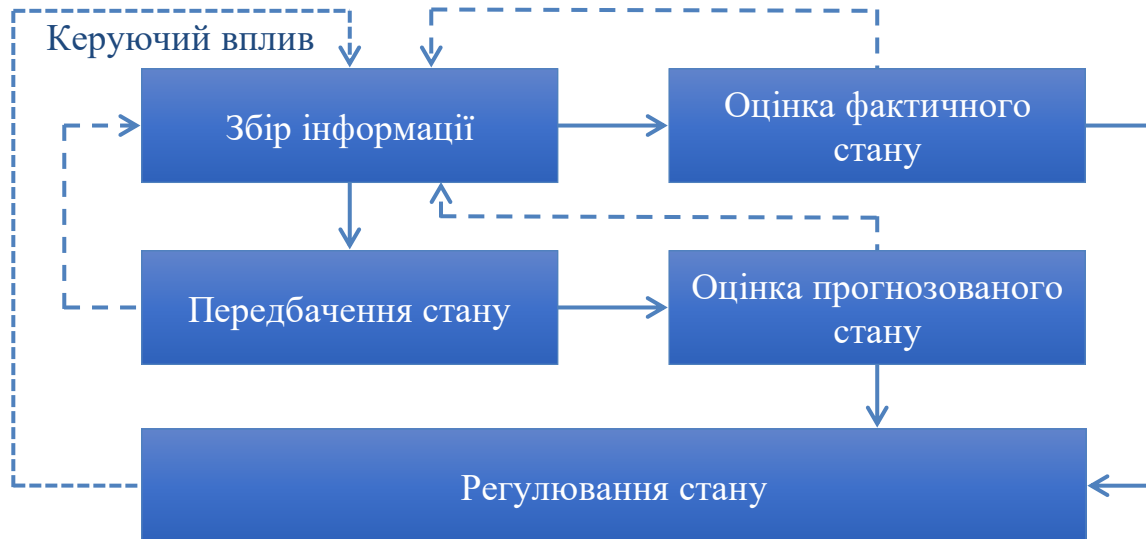


Рис. 1. Концептуальна інформаційна модель моніторингу

Основою організаційної структури моніторингу стану та викидів є автоматизована інформаційна система (АІС), яка створюється за допомогою комп'ютерних засобів [5].

Завдання моніторингу АІС складаються з [6]:

- пошук та зберігання інформації про технічний стан енергетичної установки засобу водного транспорту,
- постійна обробка та оцінка інформації,
- реалізація прогнозів розвитку технічного стану, вирішення оптимізаційних задач для контролю технічного стану.

[1] Golovan A, Gritsuk I, Kurtsev M, Ischuka O and Vrublevskiy R 2020 Aspects of remote monitoring of the transport vessel under operating conditions. ICTE in Transportation and Logistics 2019 pp 295-301 https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6_37

[2] Golovan A, Rudenko S, Gritsuk I and Shakhov A 2018 Improving the process of vehicle units diagnosis by applying harmonic analysis to the processing of discrete signals SAE Technical Paper 2018-01-1774 <https://doi.org/10.4271/2018-01-1774>

[3] Golovan A, Gritsuk I, Rudenko S, Saravas V, Shakhov A and Shumylo O 2019 "Aspects of forming the information V2I model of the transport vessel IEEE Int. Conf. on Modern Electrical and Energy Systems pp 390-393, <https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896595>

[4] Golovan A, Gritsuk I, Popeliuk V and Sherstyuk O 2020 Features of mathematical modeling in the problems of determining the power of a turbocharged engine according to the characteristics of the turbocharger SAE Int. J. Engines 13(1) 5-16 <https://doi.org/10.4271/03-13-01-0001>

[5] Honcharuk I, Golovan A, Voloshyn A, Kostenko O and Deli O 2021 Increase of Technical Condition Control Efficiency of Marine Railways IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.

[6] Golovan A, Honcharuk I, Deli O, Kostenko O and Nykyforov Y 2021 System of Water Vehicle Power Plant Remote Condition Monitoring IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.

УДК 629.5.058.64

**КОМПЛЕКСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ
СУДНОВОГО РОТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**THE COMPLEX APPLICATION OF TECHNICAL CONDITION
CONTINUOUS CONTROL AND SHIP ROTOR EQUIPMENT OPERATIVE
DIAGNOSTICS**

*д.т.н. С.В. Руденко, к.т.н. А.І. Головань, к.т.н. І.П. Гончарук
Одеський національний морський університет*

*D.Sc. (Tech.) Rudenko Serhii, PhD (Tech.) Golovan Andrii,
PhD (Tech.) Honcharuk Iryna
Odessa National Maritime University*

Роторні насоси набули широкого поширення в суднових енергетичних установках та суднопіднімальних гідротехнічних спорудах (далі СГТС). Як правило, вони використовуються для перекачування в'язких рідин - палива, масел, рідин для гідросистем. Насоси застосовуються в системах змащення суднових дизелів як транспортні насоси в системах перекачування палива і масел і як насоси гідравлічних приводів. Роторні насоси застосовуються в відповідальних суднових системах і потребують своєчасного ремонту і обслуговування [1]. Найбільш раціональним методом експлуатації роторних насосів є обслуговування та ремонт "по стану", коли технічне обслуговування і ремонт проводяться за результатами визначення технічного стану методами безрозбірної діагностики. При проведенні безрозбірної діагностики часто використовуються і методи прогнозування залишкового ресурсу агрегату [2,3]. Тому велике значення має методика проведення діагностики, а також достовірність і точність отриманих результатів. Найбільш поширеним методом діагностики роторних насосів є вібродіагностика [4, 5]. Стосовно до роторних насосів в суднових умовах вона має ряд особливостей, які необхідно враховувати при визначенні їх технічного стану.

Основні вимоги до вимірювання вібрації насосів, відповідності нормі і, отже, визначення технічного стану насосів наведені в правилах Українського морського реєстра судноплавства (УМРС) "Частина VII. Механічні установки". Зазначена норма поширюється на всі типи насосів, незалежно від їх конструктивних особливостей, коригується тільки по потужності (дві градації) і способу монтажу насоса (горизонтальне розташування або вертикальне). Це є недоліком зазначеного нормування.

При діагностиці технічного стану насоса може використовуватися вузькосмуговий спектр віброшвидкості, так як на частотний склад вібрації тиск і температура середовища, що перекачується, не роблять істотного впливу. При цьому за діагностичні параметри приймаються характерні частоти (роторні,

зубцеві), їх модуляція, вищі і субгармоніки. Більше значення для визначення дефекту має присутність вищих гармонік, наявність і вид модуляції, ніж амплітуда окремих дискретних складових, яка залежить від температури середовища, що перекачується. При діагностиці технічного стану насоса може використовуватися сигнал віброприскорення в діапазоні частот до 10 кГц. Віброприскорення в зазначеному діапазоні дозволяє використовувати для діагностики огинаючу високочастотної компоненти сигналу, крім того, по сигналу віброприскорення можливо визначити наявність кавітації в насосі. На первинному етапі діагностики можливе використання третьоктавного спектра віброприскорення в діапазоні до 5 кГц з наступним уточненням по спектру огинаючої або вузькосмугового спектру віброшвидкості. Огинаюча також застосовується і для діагностики підшипників кочення насоса і електродвигуна [1, 6].

З метою удосконалення методу діагностичного контролю технічного стану насосів з електроприводом, застосовується апроксимація функції, а саме метод інтерполяції фільтрованого вібраційного сигналу (рис. 1) кусочно-кубічними функціями. Це підвищує точність і надійність контролю основної гармоніки коливань, що дозволяє проводити якіснішу оцінку радіального і кутового зміщення осей насосів та силових агрегатів СГТС.

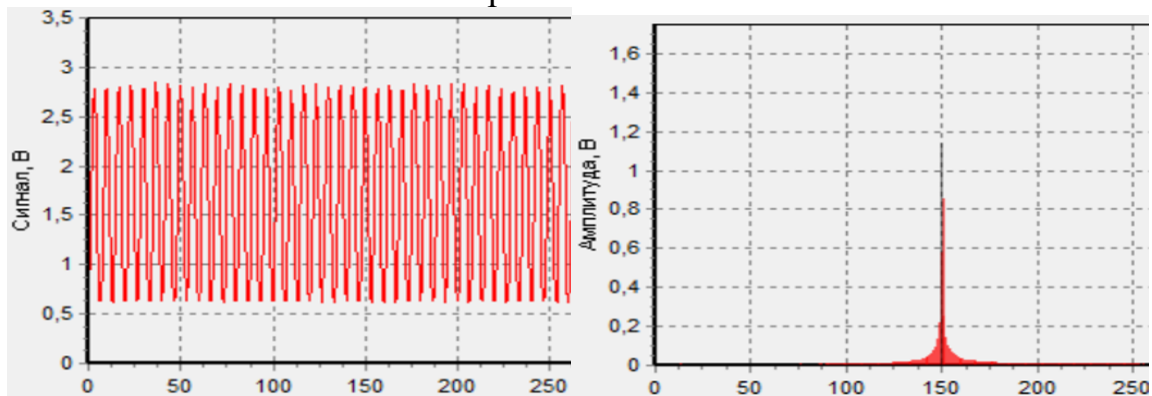


Рис.1 Сигнал у часі віброшвидкості і спектрограма віброшвидкості насосу

Ідея удосконалення методу полягає в наступному. Вібраційний сигнал на кожному відрізку $[X_i, X_{i+1}]$ апроксимується поліномом третього ступеню, тобто функцією виду:

$$f_i(x) = a + b(x - X_i) + c(x - X_i)^2 + d(x - X_i)^3 \quad (1)$$

При цьому, у вузлах співпадають не тільки значення сусідніх поліномів, а і їх перші похідні, тобто - $f_i(X_{i+1}) = f_{i+1}(X_{i+1})$ та $f_i'(X_{i+1}) = f_{i+1}'(X_{i+1})$. Значення похідних інтерполюючих поліномів вибираються довільно, виходячи з попереднього аналізу спектру сигналу.

[1] Сергеев К.О., Панкратов А.А. Особенности безразборной диагностики судовых роторных насосов / Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 4. С. 681–690. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-4-681-690

[2] Жуков А. С., Сергеев К. О. Проблемы перевода редукторов дизель-редукторных агрегатов на ремонт по состоянию // Эксплуатация морского транспорта. 2012. № 4 (7). С. 45–50.

[3] Равин А. А., Хруцкий О. В. Прогнозирование технического состояния оборудования объектов морской техники и морской инфраструктуры // Региональная информатика : материалы XIV Санкт-Петербургской междунар. конф., Санкт-Петербург, 29 октября 2014 г. СПб., 2014. С. 465–466.

- [4] Hasanli Sh. M., Mehdizadeh R. N., Huseynov E. K. et al. Vibro-acoustic diagnostics of rotary type machines and mechanisms // Second international conference on technical and physical problems in power engineering. Iran, University of Tabriz, 6–8 September. Tabriz, 2004. P. 509.
- [5] Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации — СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2000. — 169 с.
- [6] Zimmer S., Bently D. E., Palatier G. E. et al. Interpreting vibration information from rotating machinery // Noise and vibration control worldwide. 1986. June–July. P. 202–209.

УДК 656.61.052

**ПІДХОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЯВІВ ФАКТОРА ЛЮДИНИ
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ**

**APPROACHES FOR IDENTIFYING MANIFESTATIONS OF THE HUMAN
FACTOR TO ENSURE SAFETY IN MARITIME TRANSPORT**

*д.п.н. В.В. Чернявський, к.т.н. А.П. Бень, к.т.н. П.С. Носов
Херсонська державна морська академія*

*D.Sc. (Tech.) V.V. Cherniavskiy, PhD (Tech.) A.P. Ben, PhD (Tech.) P.S. Nosov
Kherson State Maritime Academy*

Аналіз аварій на морському транспорті все частіше вказує на проблеми, що пов'язані із точністю ідентифікації навігаційних ситуацій з боку судноводіїв [1]. У більшості випадків, причиною виникнення критичних ситуацій під час управління судном, є неповнота даних для прийняття управлінських рішень [2–4]. При цьому, слід враховувати, що вирішальним фактором, як правило, виступає рівень кваліфікації. Виходячи з того, що навігаційна ситуація у кожен момент часу має набір інформаційних сигналів (візуальне спостереження; звукові команди; радар; ECDIS; ARPA; AIS; GPS і т.д.), то судноводій реагує на ці сигнали класифікуючи їх відповідно до свого рівня кваліфікації та досвіду. Формальний опис множини зазначених входних сигналів можна представити у вигляді матриць, що дозволяє визначити ймовірності виникнення критичних ситуацій. З кожним проходженням локацій, при виконанні завдань і маневрів, матриця перехідних ймовірностей судноводія нормується і уточнюється. Як показали експериментальні дані курсу "The Ship's Captain and the Pilot" [5], навігатори у віці понад 45 років вже мають сформовану матрицю перехідних ймовірностей для більшості типових ситуацій і на зміну їх поведінки набагато складніше впливати. Одним із головних факторів, що впливає на вище зазначені переходи може бути «суб'єктивна ентропія», яка характеризує емоційний стан судноводія та вказує на рівень проблемної ситуації [6].

Додатково можна припустити, що прояв суб'єктивної ентропії, виходячи з аналізу кривих швидкості та курсу руху судна, символізує на скільки впевнений у прийнятих рішеннях навігатор [7]. Цей факт дозволяє розпочати розробку програмно-апаратних засобів для ідентифікації інтервалів суб'єктивної ентропії

і визначити часові діапазони негативного впливу людського фактора на фізичній траєкторії руху судна [8].

З іншого боку, у якості негативного прояву людського фактора може також виступати зайва самовпевненість, як правило, це у більшій мірі відноситься до досвідчених капітанів [9-10]. Виходячи з того, що капітани за своєю кваліфікацією апіорі діють усвідомлено, спираючись на свій досвід і навички, то кожна операція управління судном $P(x, z)$ формує умову: $\forall x \in X \exists z \in Z P(x, z)$. При цьому потужність множини допустимих рішень: $\forall x \in X z \in A(x) P(x, z)$ і $\forall x \in X z \notin A(x) \neg P(x, z)$, де $A: X \rightarrow 2Z$. В умовах ситуації близькою до критичної, капітан зобов'язаний оперувати даними з максимальною точністю H , критерієм якої є $\Omega_t, H_t = \{x | x \in X_t, B_t(x) \equiv x\}$, що багато в чому зменшує альтернативу $U_t = \bigcap_{x \in H_t} C_t(x)$. Прояв таких ситуацій призводить до автоматичних дій капітана у випадках коли: $\exists x, x' \in H_t$ що, $C_t(x) \cap C_t(x') = \emptyset, U_t = \emptyset$ і $\forall x \in X_t \exists z x P(x, z)$, то виникає ситуація: $\forall x' \in C_t(x) \cap X_t \hat{P}(x', z)$.

Таким чином, у загальному виді представлено дві протилежні моделі прийняття рішень судноводіями, які залежать від досвіду і кваліфікації [11]. Це вимагає рішення завдань багатокритеріальної оптимізації із застосуванням нечітких систем ідентифікації даних на первинних етапах моделювання. Запропонований підхід дозволить значно знизити катастрофічні наслідки під час управління судном у складних навігаційних умовах.

- [1] Bakdi, A., Glad, I. K., Vanem, E., et al. AIS-Based multiple vessel collision and grounding risk identification based on adaptive safety domain, *J. Mar. Sci. Eng.*, 2020, Vol. 8, P. 5. DOI: 10.3390/jmse8010005.
- [2] Shevchenko, R., Cherniavskiy, V., Zinchenko, S., Palchynska, M., Bondarevich, S., Nosov, P., Popovych, I. (2020). Research of psychophysiological features of response to stress situations by future sailors. *Revista Inclusiones*, Vol: 7 num Especial. pp. 566-579.
- [3] Nosov, P.S., Popovych, I.S., Cherniavskiy, V.V., Zinchenko, S.M., Prokopchuk, Y.A., Makarchuk, D.V. Automated identification of an operator anticipation on marine transport // *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2020. - № 3. – P 158-172. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15>.
- [4] Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Serhii Zinchenko, Vasyl Cherniavskiy, Viktor Plokhikh, Halyna Nosova (2020). The research on anticipation of vessel captains by the space of Kelly's graph. *Revista Inclusiones*, Vol: 7 num Especial, pp. 90-103.
- [5] Popovych, I.S., Cherniavskiy, V.V., Dudchenko, S.V., Zinchenko, S.M., Nosov, P.S., Yevdokimova, O.O., Burak, O.O., Mateichuk, V.M. (2020). Experimental Research of Effective "The Ship's Captain and the Pilot" Interaction Formation by Means of Training Technologies. *Revista ESPACIOS*, Vol. 41(№11). Page 30.
- [6] Kasianov, V. Subjective entropy of preferences. Subjective analysis. Warsaw, Poland: Institute of aviation, 2013. – 644 p.
- [7] Nosov, P., Cherniavskiy, V., Zinchenko, S., Popovych, I., Prokopchuk, Y., Safonov, M. Identification of distortion of the navigator's time in model experiment // *Bulletin of University of Karaganda. Instrument and experimental techniques*, 2020. - № 4(100). P. 57-70. DOI: 10.31489/2020Ph4/57-70.
- [8] Vagushchenko, L.L., Vagushchenko, A.A. Enhancement of support for collision avoidance decisions, *Shipping & Navigation*, 2018, Vol. 27. pp. 24–34. DOI: 10.31653/2306-5761.27.2018.24-34.
- [9] Nosov, P.S., Cherniavskiy, V.V., Zinchenko, S.M., Popovych, I.S., Nahrybelnyi, Ya.A., Nosova, H.V. Identification of marine emergency response of electronic navigation operator // *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2021. - № 1. – P. 208-223. DOI:10.15588/1607-3274-2021-1-20.
- [10] Nosov, P., Zinchenko, S., Plokhikh, V., Popovych, I., Prokopchuk, Y., Makarchuk, D., Mamenko, P., Moiseienko, V., & Ben, A. (2021). Development and experimental study of analyzer to enhance maritime safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(3(112)), 27–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239093>.

AUTOMATIC CONTROL OF THE ON-BOARD SYSTEMS TECHNICAL CONDITION

*D.Sc. (Tech.) V.V. Cherniavskiy, PhD (Tech.) A.P. Ben,
PhD (Tech.) S.M. Zinchenko
Kherson State Maritime Academy*

The article considers the issues of automatic control of the technical condition of onboard systems, which consists in the automatic detection of failures in the measurement and control circuits and automatic adaptation to new conditions. It is proposed to use an observation device based on a mathematical model of the vessel to predict the linear and angular movements of the vessel, to compare the true and predicted movements to detect failures in the measurement and control circuits. Previously, the issues of automatic control of the technical condition of onboard systems were considered in [1-3] and others. The use of automatic control modules in vessel automated systems deserves special attention, as it can significantly reduce the impact of the human factor and optimize control processes [4-8].

The control object moves under the external influences of wind, current, waves and controls in the linear and angular motion channel. Parameters of the state vector $\mathbf{X}_l = (V_x, V_y, V_z, X_g, Y_g, Z_g)$ - the components of the velocity and position vector are measured by sensors of the linear motion channel with the clock of information processing in the onboard controller. Parameters of the state vector $\mathbf{X}_a = (\omega_x, \omega_y, \omega_z, \theta, \psi, \varphi)$ - the components of the angular velocity and angular position vector are measured by sensors of the angular motion channel with the clock of information processing in the onboard controller. The parameters of the state vector measured by the sensors of the linear motion channel $\mathbf{X}_{ml} = (V_{mx}, V_{my}, V_{mz}, X_{mg}, Y_{mg}, Z_{mg})$, the parameters of the state vector measured by the sensors of the angular motion channel are fed to the observation device, which is based on a simplified mathematical model of the vessel

$$\dot{\mathbf{X}}_w = \mathbf{f}_n(\mathbf{X}_w, \mathbf{U}(\mathbf{P}_k)) + \mathbf{L}(\mathbf{X}_m - \mathbf{X}_w)$$

The vector of deviations of the state vector parameters estimates from their measured values $\Delta\mathbf{X} = \mathbf{X}_m - \mathbf{X}_w$ is given to the diagnostic unit of failures and adaptation which simplified work is described by system

$$\left\{ \begin{array}{l} FalMS_j = 0, n_j = 0; k_j = 0; \\ |\Delta X_j| \geq \Delta X_j^{\max} \rightarrow n_j = n_j + 1; \\ \xi_j = \frac{n_j}{n_b} \geq \xi_j^{\max} \rightarrow FalMS_j = 1, k_j = k_j + 1; \\ FalMS_j = 1 \rightarrow L(*, j) = 0; \\ FalMS_j = 0 \rightarrow L(*, j) = L_0(*, j); \\ k_j \geq 2 \rightarrow falED_j = 1, FalMS_j = 0. \end{array} \right.$$

The efficiency and effectiveness of the proposed methods, algorithmic and software are tested by mathematical modeling in a closed loop with a control object in the MATLAB environment.

- [1] [Ahmetov R.V., Makarov V.P., Sollogub A.V. Koncepcyja avtonomnogo upravlenija zhyvuchest'ju avtomaticheskyh kosmycheskyh apparatov dystancyonnogo zondirovaniya Zemly v anomal'nyh situacyjah](https://cyberleninka.ru/article/n/kontsepsiya-avtonomnogo-upravleniya-zhivucheNestyu-avtomaticheskikh-kosmicheskikh-apparatov-distantsionnogo-zondiroyaniya-zemli-v/viewer) <https://cyberleninka.ru/article/n/kontsepsiya-avtonomnogo-upravleniya-zhivucheNestyu-avtomaticheskikh-kosmicheskikh-apparatov-distantsionnogo-zondiroyaniya-zemli-v/viewer>
- [2] Zhyrnov A.V, Tymakov S.N. Algoritm dyagnostyky otkazov dvygatelej oryentacyy MKS na osnove samonastrayvajushhejsja bortovoj modely dynamyky uglovogo dvyzhenija, Vestnyk MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Pryborostroenye. - 2016. - № 4. DOI: 10.18698/0236-3933-2016-4-98-114
- [3] [Chen Y. M., Lee M. L. Neural networks-based scheme for system failure detection and diagnosis, *Mathematics and Computers in Simulation*. – 2002. - Vol. 58. - Issue 2. - P. 101-109. DOI: 10.1016/S0378-4754\(01\)00330-5](#)
- [4] [Nosov P. S., Cherniavskiy V. V., Zinchenko S. M., Popovych I. S., Nahrybelnyi Ya. A., Nosova H. V. Identification of marine emergency response of electronic navigation operator, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2021. - №1. p. 208-223. doi:10.15588/1607-3274-2021-1-20](#)
- [5] Zinchenko S., Tovstokoryi O., Ben A., Nosov P., Popovych I, Nahrybelnyi Ya. (2021) Automatic optimal control of a vessel with redundant structure of executive devices. In: Babichev S., Lytvynenko V. (eds) *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 77. P. 266-281, Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-82014-5_18
- [6] Zinchenko S., Ben A., Nosov P., Popovych I., Mateichuk V., Grosheva O. The vessel movement optimisation with excessive control, *Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics*, №3(99), p.86-96, 2020. DOI 10.31489/2020Ph3/86-96
- [7] Zinchenko S., Ben A., Nosov P., Popovich I., Mamenko P., Mateychuk V. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Motion Control Systems, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2020. - № 2, p. 183-195. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-19>
- [8] Nosov, P., Zinchenko, S., Plokhikh, V., Popovych, I., Prokopchuk, Y., Makarchuk, D., Mamenko, P., Moiseienko, V., & Ben, A. (2021). Development and experimental study of analyzer to enhance maritime safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(3(112)), 27–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239093>.
- [9] Pavlo Nosov, Serhii Zinchenko, Andrii Ben, Yurii Prokopchuk, Pavlo Mamenko, Ihor Popovych, Vladyslav Moiseienko, Dmytro Kruglyj. Navigation safety control system development through navigator action prediction by data mining means // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling system*, Vol. 2 No. 9 (110) (2021). DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229237>
- [10] Mamenko P., Zinchenko S., Kobets V., Nosov P., Popovych I. Solution of the Problem of Optimizing Route with Using the Risk Criterion. In: Babichev S., Lytvynenko V. (eds) *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 77. P. 252-265, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5_17
- [11] Zinchenko S., Moiseienko V., Tovstokoryi O., Nosov P., Popovych I. Automatic Beam Aiming of the Laser Optical Reference System at the Center of Reflector to Improve the Accuracy and Reliability of Dynamic Positioning. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education IV. ICCSEEA 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 83. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80472-5_1

УДК 656.22

ВИКОРИСТАННЯ КОНТАКТНОГО ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИВАТНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ ТЯГИ НА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

USE OF CONTACT SCHEDULE OF TRAIN OPERATION DURING CARRIAGE OF CARGO IN CONDITIONS OF INTRODUCTION OF PRIVATE LOCOMOTIVE TRACTION AT JSC "UKRZALIZNYTSIA"

д.т.н. Т.В. Бутько¹, М. Мезітіс², аспірант С.В. Харланова¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Транспортна академія (м. Рига)

*D.Sc. (Tech.) T.V. Butko¹, Dr.sc.ing. M. Mezitis²,
post graduate S.V. Kharlanova¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Transport Academy (Riga)

Допуск приватної локомотивної тяги на колії загального користування – є невід’ємною запорукою подальшого розвитку усієї залізничної галузі. Це створить конкурентний ринок та дозволить усій галузі розвиватись. Проте допуск приватних перевізників ставить перед АТ «Укрзалізниця» декілька важливих питань. Одне з таких запитань це можливість організації перевезень по загальній мережі з урахуванням особливостей перевізників та дотриманням часу на перевезення. Особливість вантажовласників та приватних перевізників обумовлена їх зацікавленістю у доставці вантажу безпосередньо до того часу, коли даний вантаж знадобиться для виробництва. Це створює додатковий плюс для організації роботи підприємств, оскільки дозволяє не накопичувати надлишки сировини. Для вирішення даної задачі доцільно використовувати «контактний» графік руху поїздів, який застосовують при внутрішньозаводських перевезеннях.

Контактний графік руху поїздів для загальної мережі АТ «Укрзалізниця»-це найоптимальніша організація перевезень вантажів в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури з точки зору мінімізації часу на їх доставку [1].

Організація перевезень вантажів за контактним графіком на загальній мережі АТ «Укрзалізниця» між підприємствами, дозволяє раціональніше використовувати пропускну та провізну спроможність усієї залізничної мережі в цілому. Даний графік дозволяє зменшувати простой вантажів та рухомого складу на усіх етапах перевізного процесу за рахунок синхронізації роботи підприємств, задіяних у виробництві сировини та готової продукції, а також на етапі доставки продукції між підприємствами задіяними у виробництві кінцевого продукту та до порту. Структурно цю схему представлено на рисунку 1. Таким чином організація виробництва має бути

максимально спрямована на формування та накопичення складу певної маси та довжини до моменту часу, на який викуплена нитка графіка руху поїздів.

Для розрахунку часу, на який потрібно придбати нитку графіку, необхідно орієнтуватись на час, коли потрібен вантаж на підприємстві, що перероблює сировину або, на час надходження судна у порт, якщо це стосується перевезення продукції на експорт.

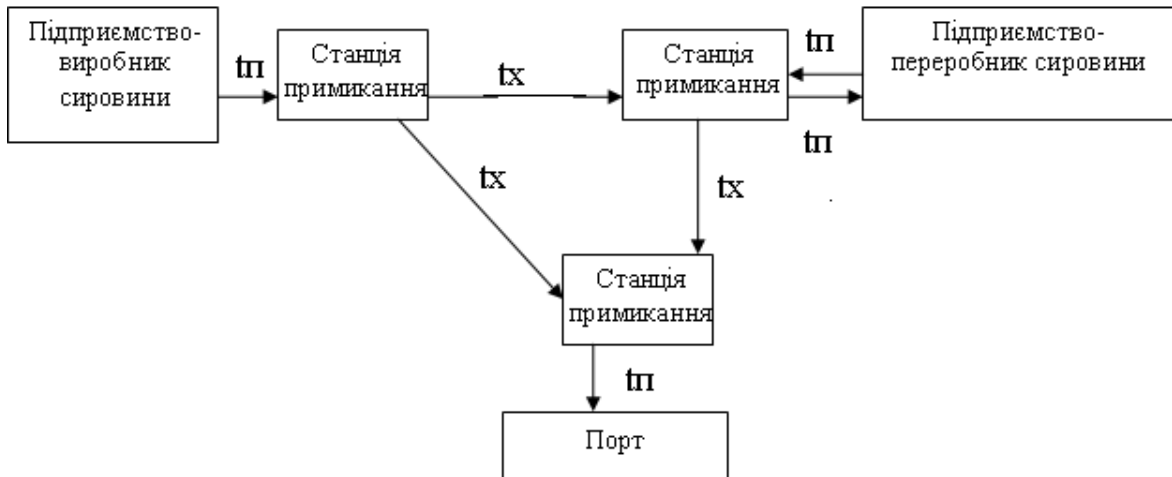


Рис. 1. Схема зв'язку між підприємствами для формування контактного графіка

На основі аналізу наданої на рис. 1 схеми стає очевидним, що час ходу ($t_{х}$) між підприємствами повинен бути визначеним для даного напрямку, а час подавання складу ($t_{п}$) на станцію примикання максимально наближеним до часу, за яким надана нитка у графіку руху поїздів, що є складовою величини $t_{п}$. При складанні графіка руху потрібно враховувати час на огляд складу перед виходом на колії загального користування для забезпечення безпеки руху поїздів. Також потрібно врахувати, чиїм власністю знаходиться локомотив — транспортній компанії або є власністю підприємства. Від даного факту залежить, де саме буде очікувати локомотив — на внутрішньозаводських коліях підприємства або на коліях станції примикання, які виділені для даного підприємства.

Реалізація контактної графіки руху дозволяє дотримуватись технологічного процесу виробництва усіх підприємств, які входять до ланцюга виробництва певного виду продукції, без затримок - тобто з мінімальними простоями вантажу, рухомого складу та виробництва в цілому. Інтеграція такої можливості у графік руху поїздів, на коліях загального користування в умовах впровадження приватної локомотивної тяги дозволить підняти ефективність роботи всієї залізничної галузі в цілому, фактично організувати «конвеєр» з визначеним тактом роботи. Економічну доцільність такої технології обґрунтовано у [2].

[1] Контактний графік по обслуговуванню основних цехів комбінату ЦПВ. Режим доступу URL: https://studopedia.su/20_48271_kontaktniy-grafik-po-obslugovuvannyu-osnovnih-tsehiv-kombinatu-tsppv.html.

[2] Т.В. Бутько, С.В. Харланова, А.В. Кіпрено А.В., Шахраюк В.А. Підходи до удосконалення контейнерних інтермодальних перевезень в умовах впровадження приватної локомотивної тяги. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Том 26, №1 – С.16-23.

УДК 656.078.01

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІЖНАРОДНОЇ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В ЧАСТИНІ
ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**RESEARCH OF THE MAIN PROPERTIES OF THE INTERNATIONAL
INTELLECTUAL TRANSPORT SYSTEM IN PART OF RAILWAY
TRANSPORTATION**

*д.т.н. Т. В. Бутько, к.т.н. Є. В. Ходаківська, к.т.н. О. М. Ходаківський,
к.т.н. В. Ф. Чеклов*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*Dr. Sc. (Tech) T. V. Butko , PhD (Tech.) Ye. V. Khodakivska ,
PhD (Tech) O. M. Khodakivskyi , PhD (Tech.) V. F. Cheklov
Ukrainian State University of Railway Transport, (Kharkiv)*

В умовах підвищення статусу учасника міжнародних перевезень, Україні необхідно активно долучитися до розробки та впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) на своїй території.

ІТС - це інтелектуальна система, яка використовує інноваційні розробки в моделюванні транспортних систем і регулювання транспортних потоків, що надає кінцевим споживачам більшу інформативність і безпеку, а також якісно підвищує рівень взаємодії учасників руху в порівнянні зі звичайними транспортними системами [1].

Основні функції ІТС- це відносно самостійні, спеціалізовані та відокремлені види діяльності, що відрізняються однорідністю змісту виконуваних робіт і їх цільовою спрямованістю.

Властивості і показники інтелектуальної транспортної системи:

- надійність - комплексна властивість ІТС зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність ІТС виконувати свої функції в заданих режимах і умовах експлуатації. Надійність ІТС включає властивості безвідмовності і ремонтпридатності ІТС, а в деяких випадках і довговічності технічних засобів ІТС;

- ефективність - властивість ІТС, що характеризується ступенем досягнення цілей, поставлених при її створенні. До видів ефективності ІТС, наприклад, відносять економічну, технічну, соціальну та ін.;

- максимізація ефективності функціонування підсистем - процес знаходження максимуму значення інтегрального індикатора ефективності функціонування підсистеми ІТС;

- індикатор ефективності ІТС - міра або характеристика оцінки ефективності інтелектуальної транспортної системи [2].

Розробка і застосування ІТС служить стимулом для розвитку інноваційних технологій ряду галузей промисловості. Серед них виділяють, наприклад такі галузі та інноваційні технології ІТС:

- зниження ризику і зменшення наслідків природних і техногенних катастроф;

- технології створення інтелектуальних систем моніторингу та управління;

- створення нових транспортних систем і технологій управління;

- створення енергозберігаючих систем транспортування, розподілу і споживання енергоносіїв в сфері залізничного транспорту;

- створення інноваційних технологій і систем обробки, зберігання, передачі і захисту інформації;

- створення інноваційних технологій і систем виробництва програмного забезпечення та ін. [3].

ІТС, відповідно до міжнародних нормативних документів та закордонного досвіду, переважно спрямовані на автомобільний транспорт. Для ефективної організації роботи транспортної системи в міжнародному сполученні необхідно докласти зусиль на розробку та впровадження ІТС в частині міжнародних залізничних перевезень. Для цього, на нашу думку доцільно використовувати таку властивість транспортної системи, як інтероперабельність. В результаті отримаємо ІТС, в якій всі елементи будуть працювати разом у безпечній, надійній, сумісній та ефективній формі.

Сумісність має вирішальне значення для трансформації безпеки на транспорті - забезпечення того, щоб усі транспортні засоби та пристрої могли взаємодіяти, дозволяє повідомляти про загрози та небезпеки, що формуються на шляху прямування. Ця сумісність надалі створює нові та динамічні дані, що призводять до оптимізації роботи системи, що в свою чергу може призвести до збільшення можливостей для мобільності або покращення екологічних показників [4]. Інтерактивна сумісність також дає змогу отримати спільний досвід для української транспортної мережі.

Отже, інтероперабельність дозволить сформувати сучасну технологію організації залізничних перевезень за рахунок не тільки забезпечення сумісності між транспортними засобами, пристроями та інфраструктурою, але і дозволить оптимізувати пошук операцій, які повторюються або є схожими, наприклад, на інших видах транспорту при організації перевезень пасажирів і вантажів у міжнародному сполученні.

[1] Интеллектуальная транспортная система [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интеллектуальная_транспортная_система. - (Дата обращения: 28. 08. 2021)

[2] Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения – РТС-тендер [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-56829-2015/> - (Дата обращения: 28. 08. 2021)

[3] Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Электронный ресурс]: пособие / В. В. Скалзуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с. - Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/2264/1/ITS.pdf>. - (Дата обращения: 28. 08. 2021)

[4] ITS research 2015-2019 interoperability [Електронний ресурс]. - Режим доступа: https://www.its.dot.gov/research_areas/WhitePaper_interoperability.htm. - (Дата звернення: 28. 08. 2021)

УДК 656.611:656.615

ІНТЕГРАЦІЯ КРАЇН І ПОРТІВ У ГЛОБАЛЬНІ МЕРЕЖІ ЛІНІЙНОГО СУДНОПЛАВСТВА: ОГЛЯД ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ЮНКТАД І ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

INTEGRATION OF COUNTRIES AND PORTS INTO THE GLOBAL LINEAR NETWORK: A REVIEW OF THE EXISTING SYSTEM OF UNCTAD INDICATORS AND THE PROPOSALS FOR ITS IMPROVEMENTS

*д.т.н. О.В. Кириллова, к.т.н. В.Ю. Кириллова
Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*D.Sc. (Tech.) O.V. Kyryllova, PhD (Tech.) V.Y. Kyryllova
Odessa National Maritime University (Odessa)*

У 2004 р. Комісія Генеральної асамблеї Організації Об'єднаних Націй з торгівлі та розвитку (ЮНКТАД) розробила Liner Shipping Connectivity Index, LSCI (офіційний переклад - Індекс Обслуговування Лінійним Судноплавством, ІОЛС). Починаючи з 2006 р., LSCI розраховується і публікується щоквартально, охоплює 178 країн і використовується для визначення їх положення у глобальних мережах лінійного судноплавства, а також демонструє, на скільки добре та чи інша країна пов'язана зі світовими транспортними ринками через мережу лінійних контейнерних перевезень [1]. При визначенні LSCI за базу порівняння прийнято його значення, яке дорівнює 100 %, що у 2006 р. відповідало максимальному значенню «підключення» країни (а саме Китаю) до глобальної транспортної мережі: Index LSCI (Maximum Q1 2006 = 100).

Слід відзначити, що Китай і досі залишається світовим лідером з точки зору його з'єднання з іншими країнами через регулярні морські контейнерні сервіси [2]. Так, з 2006 р. по 2021 р. індекс LSCI Китаю зріс на 68,53 % [1]. До 2017 р. розрахунок LSCI базувався на 5 компонентах: 1) кількість регулярних судноплавних ліній, які обслуговують порти розглянутої країни; 2) кількість судноплавних компаній, що оперують суднами регулярного плавання, які з'єднують розглянуту країну з іншими країнами; 3) загальна кількість суден регулярного плавання, які обслуговують порти країни; 4) загальна місткість суден (в TEU), які обслуговують порти країни; 5) контейнеромісткість найбільшого судна з множини залучених в лінійних перевезеннях на порти даної країни (в TEU).

У серпні 2019 р. підхід до визначення LSCI був дещо змінений. Оновлена методика розрахунку LSCI полягає у включенні до наведеного вище переліку додаткового показника, а саме: кількості пар країн, між якими організовані прямі регулярні контейнерні сервіси. Крім того, ЮНКТАД у співпраці з

Британською консалтинговою компанією «MDS Transmodal» запустили веб-додаток для розрахунку Port Liner Shipping Connectivity Index (PLSCI). Індекс для порту (PLSCI) розраховується аналогічно індексу для країни (LSCI). За індексом PLSCI щоквартально публікується Рейтинг контейнерних портів, в якому визначається позиція кожного з них в глобальній мережі лінійних перевезень [1]. За II квартал (Q2) 2021 р. опублікований Рейтинг, в якому дана оцінка 1300 портам.

З українських портів до Рейтингу за індексом PLSCI входять такі порти, як Одеса, Південний і Чорноморськ. Вони у II кварталі 2021 р. отримали такі оцінки: Одеса - 25,75 (для порівняння: 2006 р. - 12,19; 2019 р. – 24,88; 2020 р. – 25,37); Південний - 15,26 (2006 р. - не входив до рейтингу; 2019 р. – 15,23; 2020 р. – 15,26); Чорноморськ – 7,8 (2006 р. - 8,78; 2018 р. – 18,29; 2019 р. – 15,23; 2020 р. – 8,21). Таким чином, не зважаючи на кризу, викликану пандемією, порт Одеса згідно з індикатором PLSCI зміцнив свій стан. Порт Південний зберіг позиції. А порт Чорноморськ продемонстрував падіння індексу PLSCI практично у двічі, у порівнянні з 2019 р. Конкурент України - румунська Constantza отримала оцінку 26,52. Порти Туреччини на Чорному морі отримали такі оцінки: Eregli – 2,09; Trabzon - 2,86; Samsun – 4,32. Світовим же лідером Рейтингу у II кварталі 2021 р. залишається порт Shanghai – 145,85. Таким чином, PLSCI показує рівень інтеграції портів різних країн у глобальну мережу лінійного судноплавства.

Але є порти, на територіях яких розміщено декілька терміналів. Наприклад, в Україні діють 4 контейнерні термінали (Дочірнє підприємство «Контейнерний термінал Одеса» (ДП «КТО»); Термінал ТОВ «Бруклін-Київ порт»; ТОВ «ТІС-Контейнерний термінал» (ТОВ «ТІС-КТ»); Контейнерний термінал ТОВ «Чорноморський морський рибний порт»), з яких два розташовані на території порту Одеса (ДП «КТО» і ТОВ «Бруклін-Київ порт»). Кожний з таких терміналів, як правило: 1) є самостійним суб'єктом ринку портових послуг з певними діловими зв'язками та відношеннями; 2) обслуговує судна певних лінійних сервісів, що організовані різними контейнерними операторами; 3) має конкретні технічні характеристики причалів, їх операційних акваторій, підхідних каналів та ін. об'єктів портової інфраструктури, які обумовлюють обмеження щодо обслуговування суден-контейнеровозів певних розмірів.

На жаль, наявна в ЮНКТАД система показників не враховує вище визначене. Це обумовлює доцільність розгляду ЮНКТАД питання стосовно удосконалення існуючої системи шляхом введення додаткового індексу, а саме за окремими контейнерними терміналами, якщо у порту діє більш ніж один такий об'єкт інфраструктури.

Запропонований індекс під назвою, наприклад, «Terminal Liner shipping connectivity index» (TLSCI), дозволить врахувати згадане вище, а також продемонструвати: 1) внесок кожного терміналу, що здійснює свою діяльність на території одного порту, у розвиток цього порту, а також в цілому країни; 2) рівень конкурентоспроможності кожного терміналу; 3) рівень інтегрованості кожного терміналу до глобальних мереж лінійного судноплавства і

транспортного забезпечення міжнародної торгівлі через регулярні магістральні та/або фідерні контейнерні сервіси.

[1] Офіційний сайт статистики ЮНКТАД «UNCTADstat». – URL: <http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=92>.

[2] Китай визнаний країною з найбільш розвиненим повідомленням по морю. - URL <https://mtwtu.org.ua/en/news/kitaj-priznan-stranoj-s-naibolee-razvitym-soobseniem-po-moru?fbclid=IwAR0eOgXlc0OrUWa2MR3anVRaxPuQ2Rd-k8rpRxIf0IPSTh6ygTRg7PjG5Dg>.

УДК 656.025

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

SIMULATION MODEL OF SELECTING A RATIONAL TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL SYSTEM OF CARGO DELIVERY

д.т.н. Шраменко Н.Ю.¹, студент Шраменко В.О.^{1,2}

¹Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенка,
г. Харьков; Сумской национальный аграрный университет, г. Сумы,

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина,

D.Sc. (Tech.) Shramenko N.Yu.¹, student Shramenko V.O.^{1,2}

¹Kharkiv Petro Vasilenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Sumy National
Agrarian University, Sumy

²V. N. Karazin Kharkiv National University

Эффективное функционирование логистических транспортно-распределительных систем осуществляется путем оптимизации управления и планирования товарно-материальных и связанных с ними информационных и финансовых потоков на основе системного подхода [1] и согласования экономических интересов всех участников логистической системы [2, 3].

Многофункциональная деятельность невозможна без использования современных информационных технологий [4-6] и автоматизированных систем [7]. Использование таких систем позволяет уменьшить сроки доставки и повысить качество переработки грузов.

Проведенные исследования доказывают целесообразность применения современных информационно-коммуникационных технологий [8, 9] и имитационного моделирования [10] для принятия корректного решения по выбору рационального варианта доставки грузов с целью минимизации расходов логистических компаний.

В результате анализа технологии доставки мелких партий грузов между терминалами в интермодальном сообщении выбраны альтернативные транспортно-технологические системы (ТТС).

Предложена математическая формализация процесса доставки грузов между терминалами в интермодальном сообщении в условиях применения различных транспортно-технологических систем.

Для выбора рациональной транспортно-технологической системы доставки грузов (с учетом случайного характера времени выполнения определенных технологических операций) разработана имитационная модель процесса доставки мелких партий грузов в международном сообщении, которая позволяет определить приоритетные параметры альтернативных систем доставки на основе теории рисков.

Случайной величиной при выборе рациональной межтерминальной системы доставки является время доставки груза. Моделирование межтерминальной перевозки осуществляется с учетом нормативных временных показателей, которые представляют собой математическое ожидание времени выполнения определенных технологических операций, и генерирования их случайных величин.

В результате имитационного моделирования и проведенного регрессионного анализа получены зависимости суммарных затрат на доставку мелких партий грузов в международном сообщении от объема партии отправки для рассмотренных альтернативных транспортно-технологических систем. Данные зависимости позволяют определить рациональную транспортно-технологическую систему для заданных условий.

- [1] Shramenko, N. Y. and Shramenko, V. O., 2018. Mathematical model of the logistics chain for the delivery of bulk cargo by rail transport. *Scientific Bulletin of National Mining University*, Vol. 5 (167), pp. 136-141. doi: 10.29202/nvngu/2018-5/15
- [2] Shramenko, N., Shramenko, V.: Optimization of technological specifications and methodology of estimating the efficiency of the bulk cargoes delivery process. *Scientific Bulletin of National Mining University* Vol. 3, pp. 146–151 (2019).
- [3] Shramenko Natalia Y. (2016) Methodology for evaluation of synergy effect in terminal cargo delivery system. *Actual Problems of Economics*, 8(182), pp. 439-444.
- [4] Петрашевський О.Л. Удосконалення інформаційного забезпечення моніторингу автотранспортних систем / О.Л. Петрашевський, О.В. Алексеевко / Вісник Національного транспортного ун-ту. – К.: НТУ, 2006.– №13 – С. 53 – 58.
- [5] P. Gruer, V. Hilaire, A. Koukam, Multi-agent approach to modeling and simulation of urban transportation systems, in: *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference*, 2001, pp. 2499–2504.
- [6] Semenov, I., Filina-Dawidowicz, L., Trojanowski, P.: Integrated approach to information analysis for planning the transport of sensitive cargo. *Archives of Transport* 51(3), 65-76 (2019).
- [7] P. Davidsson, L. Henesey, L. Ramstedt, J. To'rniquist, F. Wernstedt, Agent-based approaches to transport logistics, in: *Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2004) – Workshop on Agents in Traffic and Transportation*, 2004. *TEM Journal*. Volume 6, Issue 1, Pages 97-102, ISSN 2217-8309, DOI: 10.18421/TEM61-14, February 2017. 102 *TEM Journal – Volume 6 / Number 1 / 2017*.
- [8] Muzylyov, D., Shramenko, N.: Blockchain Technology in Transportation as a Part of the Efficiency in Industry 4.0 Strategy. In: Tonkonogyi V. et al. (eds) *Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 216-225 (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-030-40724-7_22
- [9] Bawa M., Caganova D., Szilva I., Spirkova D.: Importance of Internet of Things and Big Data in Building Smart City and What Would Be Its Challenges. In: Leon-Garcia A. et al. (eds) *Smart City 360°. Smart City 360 2016, Smart City 360 2015. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 166. Springer, Cham (2015).
- [10] Shramenko, N., Muzylyov, D. and Shramenko, V. (2020) 'Methodology of costs assessment for customer transportation service of small perishable cargoes', *International Journal of Business Performance Management: Special Issue on: TBM 2019 Transformative Business Models – Disruptive Innovation in Finance, Logistics and Tourism*, Vol. 21, Nos. 1/2, pp.132–148 <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2020.10027632>

УДК 656.225:656.27

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВЗАЄМОДІЇ ПІДПРИЄМСТВ
МАГІСТРАЛЬНОГО ТА ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАСПОРТУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗЕРВІВ ПОТУЖНОСТІ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ**

**IMPROVED METHODS OF INTERACTION BETWEEN RAILWAY
TRANSPORT AND INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT THROUGH
THE USE OF RESERVE POWER OF TECHNICAL MEANS**

к.т.н. Г.М. Сіконенко¹, Т. Хорсін², магістрант А.А. Висідалко¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Консерваторія мистецтв і ремесел (м. Париж)

PhD (Tech.) G. Sikonenko¹, Prof. T. Horsin², master A. Vysidalko¹

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Conservatoire national des arts et métiers (Paris)

Одним із основних пріоритетів розвитку залізничного транспорту є підвищення ефективності використання технічних засобів. Перевізному процесу притаманна нерівномірність, що зумовлює значні коливання обсягів роботи, і як наслідок, недовикористання потужності технічних засобів у найменш напружені періоди. Тому, в умовах значного рівня зносу технічних засобів, у останні роки спостерігається тенденція до приведення озброєності не на пікові, а на середні обсяги робіт, що приводить до ускладнень та затримок в напружені періоди.

Зменшити негативний вплив нерівномірності перевізного процесу можливо за рахунок удосконалення взаємодії підприємств магістрального та промислового залізничного транспорту на основі використання резервів потужності технічних засобів. На сьогодні взаємодія станції примикання та під'їзної колії зведено до прагнення дотримання нормативних параметрів вагоно- та поїздопотоку з боку магістрального транспорту, а з боку промислового – дотримання норми простою вагону та часу готовності.

Підвищити ефективність взаємодії магістрального та промислового транспорту можливо за рахунок узгодженого використання потужності технічних засобів станції примикання, технічних станцій, промислових станцій та вантажних фронтів. Використання колійного розвитку, рухомого складу, технічних пристроїв потребує не лише розробки нормативно-правової основи а й вирішення складних задач оперативного планування та управління експлуатаційною роботою даних підприємств.

Підвищення якості транспортного обслуговування планується за рахунок використання наступних технологічних способів: управління вагонопотоками; управління порядком розташування вагонів у складі подач та поїздів, що формуються; динамічне управління розмірами подач та поїздів, що

формується; розподіл маневрової роботи та її оперативне узгодження. Результатом застосування запропонованих технологічних способів корегування системи організації вагонопотоків на дільниці взаємодії магістрального та промислового транспорту є зміна кількості груп у складі поїздів, використання додаткових колій, зменшення загальних вагоно-годин. Забезпечити ефективність та обґрунтованість оперативних управлінських рішень можливо лише за умов використання системи підтримки прийняття рішень, яку пропонується розробити на комплексі імітаційних моделей досліджених транспортних систем.

УДК 656.13.001.25(038)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

AUTOMATIC TRAFFIC CONTROL UNDER UNIFORM CONDITIONS OF TRANSPORT FLOW

д.т.н. Ш.М. Кобдикова

Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Гончарова (Республика Казахстан, г. Алматы)

D.Sc. (Tech.) Sh.M. Kobdikova

Kazakh Automobile and Road Institute named after L. Goncharov (Republic of Kazakhstan, Almaty)

Внедрение в практику методики управления пропуском автомобилей по магистральным улицам крупных городов может дать значительный эффект как сокращение задержек автомобилей, так и недопущение появления длительных заторов в движении автомобилей. Также данный вариант должен будет обеспечивать недопущение появления длительных пробок, которые в последние годы возникли в черте самых крупных городов мира. Быстрое увеличение парка автомобилей, особенно в крупных городах, будет приводить к резкому увеличению задержек автомобилей на перекрестках магистральных улиц и к крупным затратам. В этом случае совершенствование системы пропуска автомобилей, учитывающих эксплуатационную обстановку в целом во всем крупном городе, может дать значительный экономический эффект в деле работы городского транспорта.

Имеющаяся сейчас система автоматического регулирования движения автомобилей на магистральной улице путем применения светофоров позволила обеспечивать высокую безопасность движения на перекрестках магистральных улиц. Строгая регламентация порядка движения автомобилей не позволяет в целом обеспечивать высокие показатели работы городского транспорта на пересечениях магистральных улиц при сравнительно малой насыщенности

территории городов малым парком автомобилей. В то же время, по магистральным улицам периодические потоки автомобилей значительно изменяются по периодам суток и по направлениям движения [1].

При этом не обеспечиваются пропуск повышенным потокам автомобилей в пункты, обеспечивающие нормализацию движения автомобильного парка в черте самых крупных городов. Так, в сторону повышенного парка автомобилей обычно сигналы светофоров открыты на короткий период. Поэтому система разрешающегося сигнала светофоров, не учитывающая возможностей применения вновь разработанных способов пропуска автомобилей, не обеспечивает высоких экономических показателей и на стабилизацию эксплуатационной обстановки в целом в крупных городах страны.

Одним из средств быстрой ликвидации заторов в движении автомобилей на магистральных улицах является временное установление постов полиции. Нахождением сотрудников полиции в самых ответственных точках, возможно, будет существенно сокращать задержки автомобилей. Открытием сигналов светофоров в зависимости от характера эксплуатационной обстановки на прилегающих магистральных улицах появляется возможность в целом сокращать суммарные задержки автомобилей, по сравнению с вариантом автоматического открытия светофоров по средним данным продолжительности их открытия для средних данных.

В то же время, сотрудники полиции могут добиваться значительного сокращения суммарной величины задержек автомобилей, по сравнению с существующим вариантом автоматизации разрешающегося сигнала светофоров за счет внедрения автоматизированной системы, которая учитывает данные новой теории, обеспечивающие недопущение длительных сбоев в движении автомобилей на перекрестках магистральных улиц. Установлением системы открытия светофоров в зависимости от размещения парка автомобилей на магистральных улицах, возможно, будет сокращать их задержки в черте самых крупных городов [2].

При отсутствии крупных сбоев в движении на пересечениях преимущество отдается повышенному потоку автомобилей на перекрестках с улицы. В случае появления первых заторов в движении автомобилей утром в центральной части города начинается процесс ограничений в продолжительности разрешающегося сигнала светофоров по радиальным улицам в сторону центральной части крупного города.

Резюмируя выше сказанное, можно сделать следующие выводы:

1) Для малых размеров движения время разрешающегося сигнала светофоров рационально иметь малой величины по продолжительности. С увеличением размеров движения становится целесообразным увеличивать среднее время открытия каждого светофора.

2) С увеличением продолжительности разрешающегося сигнала светофора сокращается доля непроизводительных периодов, когда при переключении светофоров значительно снижается пропускная способность пересечения магистральных улиц.

- [1] Айхимбеков Б.Е., Дмитренко А.В., Кобдикова Ш.М. Принципы проектирования городских улиц в крупных городах. Современные проблемы транспортной техники: Труды Международной научно-технической конференции. – Алматы, КИИЭУ, 2006 – с. 222-226;
- [2] Кобдикова Ш.М., Айхимбеков Б.Е. Принципы установления задержек автомобилей в зависимости от различных факторов. «Наука и инновации на железнодорожном транспорте». Материалы международной научно-практической конференции. Алматы: КазАТК, 2007, т. 6, с.174-179.

УДК 629.1.07 : 62-5 : 656.13

УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЦИКЛІВ РУХУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ НА АВТОСТРАДАХ

CONDITIONS OF USE OF OPTIMAL ENERGY-SAVING CYCLES OF TRUCKS ON HIGHWAYS

д.т.н. М. С. Оліскевич,

Львівський національний аграрний університет, (м. Львів)

D.Sc. (Tech.) M. S. Oliskevych

Lviv National Agrarian University (Lviv)

Одним із способів заощадження палива та зниження забруднення довкілля є застосування автоматизованих систем керування автотранспортними засобами (АТЗ), які діють в рамках інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Використання мінімуму енергетичних ресурсів для дорожнього транспорту є можливим, якщо вдало використовувати дорожні і транспортні умови і не розпорощувати енергію на гальмування, чи пригальмовування. Засоби телеметрії, які стрімко розвиваються останнім часом, поки ще не дають належних підстав для впровадження ІТС [0]. Для підвищення ефективності прогнозування використовують мережу бортових телеметричних систем, які взаємодіють [0]. Тим не менше, циклічна робота як двигунів внутрішнього згорання, так і електричних двигунів, а також гібридних енергоустановок в транспортних циклах становить великий інтерес дослідників як засіб зниження витрат палива та зменшення забруднення довкілля.

Мета – встановити відповідність вибору програми руху умовам безпеки руху і максимальної енергетичної ощадності важковагового автотранспортного засобу (АТЗ) по автостраді. Було досліджено вплив горизонту прогнозування на досягнення оптимального енергоощадного циклу, а також рух автомобіля в магістральному транспортному потоці на міжміських маршрутах. Ми розглядаємо автомобіль як суб'єкт ІТС, що керується бортовою автоматизованою системою і наглядом водія. Круїз-контроль вантажівки може бути забезпечений необхідними вхідними даними на достатньо велику протяжність автостради. Програма керування АТЗ має відповідати критеріям оптимальності при обмеженнях на час виконання завдання. Прийнято гіпотезу, що під час руху по заданому маршруту при відомих дорожніх і транспортних умовах енергія силового агрегату АТЗ не буде витрачатись на сповільнення.

Також враховано, що додатну роботу може виконувати не тільки рушійна сила $P_k(t)$, а й горизонтальна складова гравітаційної сили $P_i(x)$ на схилах автомагістралі. Потрібно вибрати такі режими руху, які дозволяють прибути з початкового в кінцевий пункт заданого маршруту з мінімальними витратами енергії при дотриманні заданого часового графіка. Критерій оптимізації – циклові витрати енергії, запишемо так:

$$E = \int_{t_0}^T (P_k(t) - P_i(x)) \dot{x} dt \rightarrow \min \quad (1)$$

де t_0, T – час початку і завершення циклу; x – координата автомобіля, м.

Обмеження цих досліджень стосуються обох закріплених кінців фазової траєкторії руху автомобіля, мінімальної і максимальної швидкості. Упродовж руху на кожній прогнозованій ділянці можуть виникати декілька перешкод, внаслідок чого автомобіль має знизити швидкість до мінімально дозвolenої на автостраді. Враховуючи принцип оптимальності Понтрягіна [0], а також алгоритми динамічної оптимізації Беллмана [0], маршрут можна поділити на ділянки так, щоб загальна програма керування, що складається з часткових оптимальних програм, була також оптимальною. Розв'язок було знайдено методами варіаційного числення. Виконана оптимізація горизонту прогнозування швидкості АТЗ на автомагістралі. Виявлено, що загальний обсяг інформації зростає при збільшенні дистанції процесу сканування трафіку. Виконано оптимізацію при різних умовах інформаційного забезпечення руху. Теоретичну модель застосовано для синтезу реальних енергоощадних циклів для дорожніх умов на прикладі міжміського автомобільного маршруту Львів-Стрий (Україна) на ділянці дороги Е-471. Приклад оптимальної фазової траєкторії показана на рис. На прямолінійній горбистій ділянці дороги оптимальне керування – це коливний режим, тобто такий, при якому рушійна сила (привід силових агрегатів) автомобіля зростає для досягнення номінального режиму. Після досягнення цього режиму привід вимикається, або перемикається у частковий і швидкість автомобіля знижується до мінімальної. Такі ж закономірності і фазові траєкторії було отримано на прямолінійній горизонтальній дорозі.

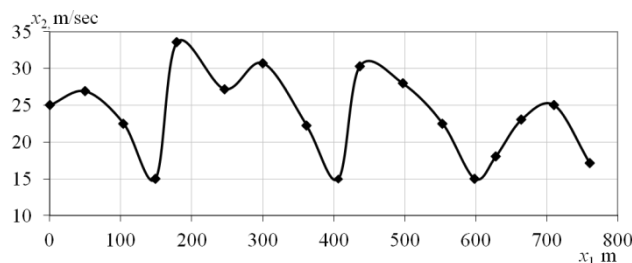


Рис. 1. Оптимальна фазова траєкторія руху вантажівки при 100% відомому прогнозі дорожніх умов на горбистій ділянці дороги довжиною 760 м

Для того, щоб перевірити теоретичні твердження на основі моделі (1), було проведено експерименти, які доводять, що циклічний коливний рух автомобіля є оощаднішим за витратою палива, ніж режим сталого руху. Розроблені

енергоощадні цикли можуть використовуватись в управлінні важковаговим АТЗ при русі по автомагістралі, при взаємодії з телеметричними засобами ІТС.

[1] Xu, Chu, et al. Engine-in-the-Loop Study of a Hierarchical Predictive Online Controller for Connected and Automated Heavy-Duty Vehicles. SAE Technical Paper, 2020.

[2] Farag, Wael. Complex-track following in real-time using model-based predictive control. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2021, 19.1: 112-127.

[3] Понтрягин, Л. С. Принцип максимума в оптимальном управлении. Москва: Едиториал УРСС, 2004, 64.

[4] Bellman R. On the theory of dynamic programming. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1952, 38.8: 716.

УДК 656.13

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

SYSTEMATIC APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE PROCESS OF GOODS DELIVERY IN AN INTERNATIONAL TRAFFIC

д.т.н. В.П. Сахно¹, к.т.н. С.М. Шарай¹, к.т.н. В.М. Поляков¹

¹ Національний транспортний університет

D. Sc. (Tech.) V.P. Sakhno¹, PhD (Tech.) S.M. Sharai¹,

PhD (Tech.) V.M. Polyakov¹

¹ National Transport University

При здійсненні перевезень вантажів у міжнародному сполученні як у виконавця такої послуги, так і у її замовника, не рідко виникають проблеми, пов'язані з процедурами забезпечення виконання замовлення. Розвиток ринку транспортно-логістичних послуг може бути ефективним інструментом логістичної оптимізації діяльності транспортних підприємств. Підвищення ефективності виконання міжнародних перевезень вантажів можна досягати за рахунок використання раціональнішого типу рухомого складу, вибору ефективного маршруту прямування, скорочення витрат на паливо, вибору варіанту доставки вантажу одним або декількома видами транспорту, на основі таких критеріїв, як собівартість перевезень, час доставки вантажу, продуктивність роботи автотранспортних засобів тощо.

Вирішенню задач організації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні сприяє застосування принципів системного підходу та інструментарію системного аналізу до організації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні. Системний підхід до організації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні дозволяє об'єднати в єдине ціле різнохарактерні частини процесу доставки. Його складовими частинами є компоненти системи, які мають свої властивості або характеристики [1-4].

Аналізуючи систему доставки вантажів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні можна виділити такі її ланки: «вантаж –

автотранспортний засіб – маршрут – підприємство, що забезпечує виконання процесу доставки». Кожна ланка такої системи має свої компоненти, які можна представити у вигляді схеми, наведеної на рис. 1, але не обмежуючись її складовими.

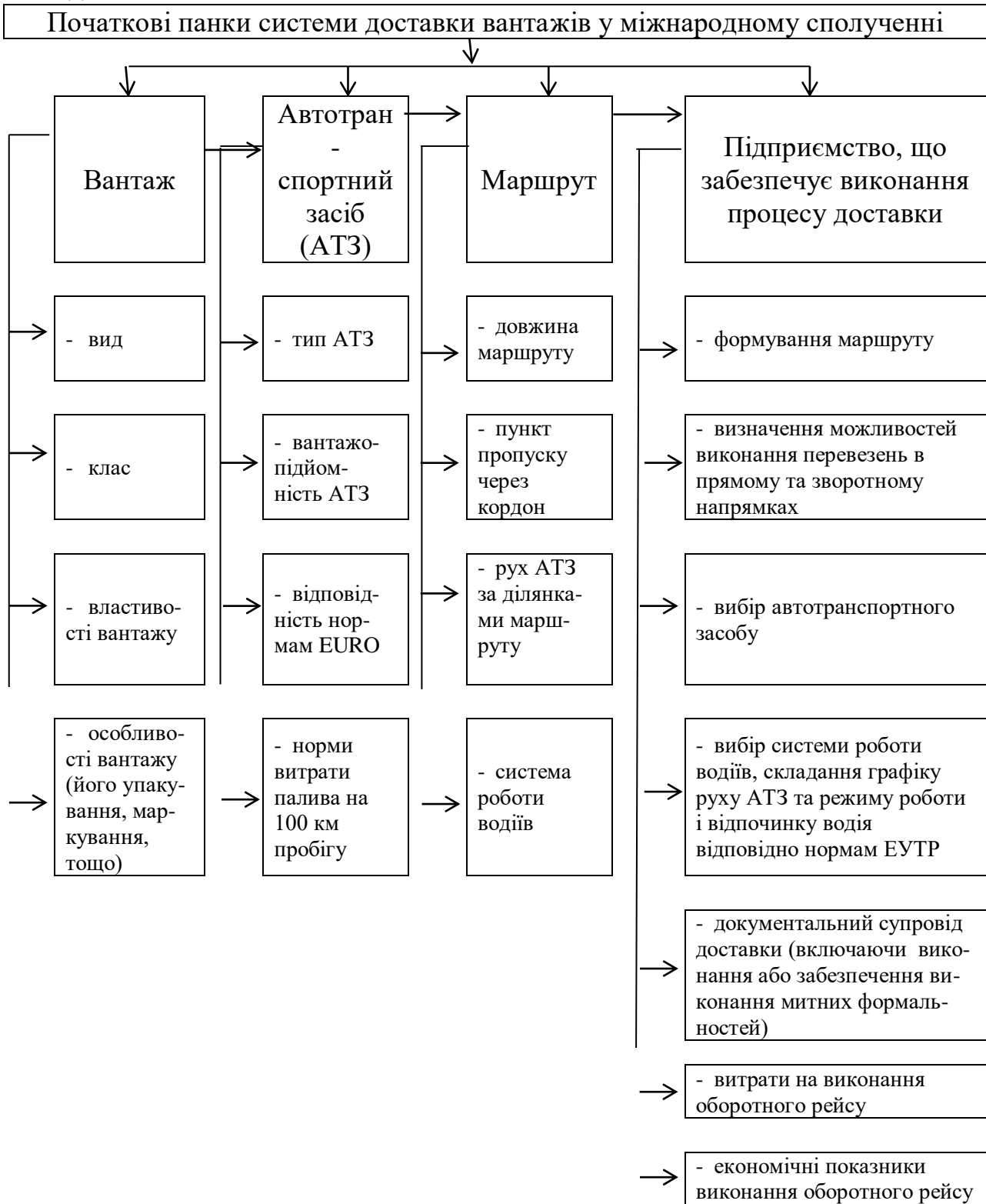


Рис. 1. Орієнтовна схема взаємодії початкових панок системи доставки вантажів у міжнародному сполученні

Після проведення дослідження складових системи доставки і її компонентів подальшим кроком є розробка імітаційної моделі процесу доставки вантажів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні з урахуванням різних технологій доставки, дотриманням логістичних принципів, зокрема принципу «точно в строк».

[1] Нагорний Є.В. Системний підхід до оптимізації процесів логістичного управління в транспортних вузлах / Є.В. Нагорний, В.С. Наумов, Я.В. Літвінова // Залізничний транспорт України. – 2014. – № 3(106). – С. 46–51.

[2] Сурмін Ю.П. Теорія систем і системний аналіз: навчальний посібник / Ю.П. Сурмін. – Київ: МАУП, 2003. – 368 с.

[3] Марценюк Л.В. Вдосконалення процесу вантажних перевезень та механізму управління ними / Л.В. Марценюк, А.В. Вишнякова // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 2. – С. 41-48. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2014_2_6

[4] Лотиш В.В. Модельовання транспортних систем : конспект лекцій : для студентів спеціальності 8.05020203 – Автоматика та автоматизація на транспорті (за видами транспорту) денної форми навчання / В.В. Лотиш; Луцький НТУ. – Луцьк : Луцький НТУ, 2015. – 28 с.

УДК 656.073

РОЗВИТОК СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДОСТАВЛЯННЯ ВАНТАЖІВ

DEVELOPMENT OF MODERN TECHNOLOGIES OF CARGO DELIVERY

к.т.н. О.О. Шапатіна, магістр Л.М. Зінов'єва

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

PhD (Tech.) O. Shapatina, master L.M. Zinovieva

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Транспорт відіграє важливу роль у світовій економіці, сприяє розвитку країни в цілому та їх виходу на світовий ринок. Активний процес входження України до європейського економічного простору та світової транспортної мережі вимагає від залізниці нових підходів до організації доставляння вантажів від відправників до одержувачів при взаємодії з іншими видами транспорту. За таких умов особливої актуальності набувають інтермодальні, комбіновані та мультимодальні перевезення як перспективні напрямки розвитку транспортної галузі за участю залізниці. В теперішній час найбільше застосування із всіх видів комбінованих перевезень на залізницях України знайшли контейнерні перевезення, які забезпечують безпеку доставляння вантажів.

Система контейнерних перевезень дозволяє залучати до комбінованих перевезень автомобільний, залізничний, морський, річковий та повітряний транспорт. У деяких країнах контейнери завантажують у два яруси, що дає можливість знизити витрати на транспортування.

Перспективним напрямком у розвитку транспортної галузі є використання сучасних транспортних технологій. Як показує світовий досвід традиційні

системи доставляння вантажів можуть бути доповнені сучасними системами, такими як поїзди на магнітній подушці, гіперлупи та квадрокоптери з великою вантажопід'ємністю.

У Німеччині, Японії, Китаї та Південній Кореї набули розвитку поїзди на магнітній подушці. Така система доставки має ряд переваг, таких як: висока швидкість доставлення, ефективніше, ніж у авто- та авіатранспорту використання енергії, низький рівень шуму [1].

А у США було протестовано перший поїзд-гіперлуп, який зможе досягати швидкості від 480 до 1220 км/год та перевозити не тільки пасажирів, а й їх транспортні засоби [2].

В сучасних умовах все більшої актуальності набирає доставляння вантажів за допомогою квадрокоптера. Квадрокоптер з великою вантажопід'ємністю має можливість перевозити не тільки товари широкого вжитку, а й у майбутньому перевозити і людей, переміщуючи їх на невеликій висоті задля їх безпеки. Шлях квадрокоптера буде простягатися прямо над існуючими шляхами та іншими елементами інфраструктури [3].

Таким чином, використання сучасних автоматизованих технологій управління перевезеннями є актуальним з точки зору реалізації передових технологій доставляння вантажів своєчасно і в повному обсязі, особливо за участі в перевезенні декількох видів транспорту.

Прогресивні технології доставляння вантажів дозволяють обирати маршрут з мінімальними експлуатаційними витратами або мінімальним строком доставляння. Це в свою чергу надає можливості скоротити термін доставлення вантажів та збільшити фінансові надходження у бюджет України від транзитних перевезень і за рахунок цього підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту.

[1] Теряєв В.І, Ліберт Н.Є. Монорейки КПП: історія магнітного польоту. *Київський політехнік*. Газета НТУУ КПП ім. Ігоря Сікорського. 2018. № 3 (3219). С. 6-7.

[2] Скоростной пневмопоезд на магнитной подушке соединит шесть городов Украины со всем миром. URL: <https://traffic.od.ua/news/railua/1187500>.

[3] У Китаї випробували літаючий дрон-таксі з пілотом усередині. URL: <https://hromadske.ua/posts/u-kytai-vyprobuvaly-litaiuchy-dron-taksi-z-pilotom-useredyni>.

УДК 656.254.5

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ З ПОРОЖНІМИ ВАГОНАМИ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

OPTIMIZATION OF OPERATION WITH EMPTY WAGONS BASED ON THE THEORY OF INVENTORY MANAGEMENT

*к.т.н. П.В. Долгополов, магістрант О.С. Мігільова,
магістрант В.В. Серьогін*

Український державний університет залізничного транспорту, (м. Харків)

*PhD (Tech.) P.V. Dolgoplov, graduate student O.S. Mihilova,
graduate student V.V. Serohin*

Ukrainian State University of Railway Transport, (Kharkiv)

На даний час актуальною задачею є оптимізування процесу управління резервами порожніх вагонів на полігоні навантаження масових вантажів. Дану задачу доцільно вирішувати на основі впровадження програмних продуктів та додаткових оперативних функцій персоналу та створення на базі цього інтелектуалізованих керуючих систем [1,2].

Для оптимізації процесу управління резервами порожніх вагонів на основі досліджень запропонована модель управління резервами вагонів на станціях масового навантаження на основі математичного апарату теорії управління запасами. В якості запасу прийнято відповідні обсяги резерву вагонів на станціях найбільшого навантаження на залізничному полігоні.

При дослідженнях встановлено доцільність застосування на станціях масового вивантаження насипних вантажів стратегію управління резервом вагонів з фіксованим інтервалом часу між замовленнями. Саме вона дозволяє суттєво скоротити обсяг резерву вагонного парку та його простої на станціях.

На основі запропонованої моделі запропоновано удосконалення диспетчерського управління в умовах масового нерівномірного навантаження із застосуванням інформаційних технологій [3].

Також розроблено заходи з удосконалення структури інформаційно-керуючої мережі залізниці, бази даних та інтерфейсів користувачів автоматизованих робочих місць.

Реалізація запропонованих розробок дозволяє скоротити експлуатаційні витрати залізниці та компаній-операторів, а також отримати додатковий прибуток, який може бути спрямовано на розвиток транспортної інфраструктури та ресурсозбереження.

[1] Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р.: [Електрон.ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/> 10.12.2009. (Дата звернення 15.08.2021)

[2] Долгополов, П.В. Оптимізація порожніх вагонопотоків з використанням математичного апарату задач на графах [Текст] / П.В. Долгополов, В.В. Петрушов // 36. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. 16. – С. 14–19.

УДК 656.225:656.27

**ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ
ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ**

**IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF RAILWAY TRANSPORT
BASED ON RAISE THE QUALITY OF CUSTOMER SERVICE**

к.т.н. О.А. Малахова, магістрант В.І. Міщук

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

PhD (Tech.) O. Malakhova, master V. Mishchuk

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Ринкові відношення вимагають формування нових принципів управління міжгосподарськими зв'язками на основі комплексних маркетингових досліджень. Для залізничного транспорту це визначає необхідність надання вантажовласникам таких умов перевезення, які дозволили б клієнтурі зміцнити своє становище на ринку і отримати прибуток для подальшого розвитку, створюючи тим самим умови для збільшення обсягів перевізної роботи.

Основними вимогами удосконалення роботи з клієнтами забезпечується через реалізацію принципів: доступність, оперативність, комплексність, надійність в наданні послуг. Підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту і розширення своєї сегментної зони на ринку транспортних послуг, усунення численних посередницьких ланок у ланцюзі обслуговування, вдосконалення системи формування замовлень та вантажів, підвищення рівня сервісу дозволить збільшити доходи залізниць від основної діяльності та створити умови для зниження собівартості перевезень і транспортних витрат в сфері економіки країни за рахунок збільшення обсягів продажів транспортних послуг, через систему гнучких цін, підвищення якості та переліку пропонованих послуг клієнтурі.

Основним видом діяльності Київ – Дніпровського міжгалузевого підприємства промислового залізничного транспорту, створеного ще 50 років тому, є транспортне обслуговування підприємств і організацій (перевезення вантажів залізничним транспортом між станціями примикання і вантажовласниками, маневрова робота на під'їзних залізничних коліях та вантажних фронтах, вантажні операції з навантаження та вивантаження вантажів з вагонів, утримання та ремонт під'їзних залізничних колій та рухомого складу) [1].

Теоретичні аспекти економічної ефективності реорганізації управління галуззю для підвищення якості транспортного обслуговування вантажовласників і розвитку маркетингових принципів управління залізничним транспортом досліджувалися у багатьох працях вчених. Однак, в цих дослідженнях до теперішнього часу практично не вивчені в методичному плані проблеми якісного транспортного обслуговування як системи, яка надає оптимізують вплив на всю діяльність залізничного транспорту і впливає на фінансові результати і ефективність діяльності його користувачів.

Світовий досвід показує, що конкурентна боротьба з іншими видами транспорту з метою залучення нових вантажопотоків змушує закордонні залізниці безперервно проводити роботу щодо поліпшення транспортного обслуговування вантажовласників, підвищенню рівня сервісу, розширення переліку пропонованих послуг. В даний час на транспортному ринку на перший план висуваються проблеми, пов'язані з відповідністю цін транспортним послугам, а також транспортному маркетингу. В першу чергу такий стан пояснюється підвищенням вимог клієнтів залізничного транспорту до якості їх обслуговування.

На залізницях Великобританії, США і Канади постійно створювалися та реалізовувалися програми підвищення якості роботи з клієнтами. З усіх чинників, що впливають на економічний стан залізниць США, найважливішим був визнаний чинник взаємодії залізниць і клієнтури. Все інше - технічне, технологічне, інформаційне забезпечення, підпорядковувалося одній меті - обслуговування клієнта на вищому рівні.

В результаті ретельного маркетингового обстеження послуг залізничного транспорту були визначені основні вимоги:

- дотримання договірних термінів доставки вантажу.
- якісне, швидке і безтурботним оформлення перевезення;
- можливість отримання в будь-який момент часу інформації про місцезнаходження власного вантажу.
- узгодження договірного рівня тарифів з урахуванням платоспроможного попиту на конкурентне перевезення.

Виконання даних умов є можливим за рахунок удосконалення взаємодії станції та під'їзних колій підприємств.

[1] Офіційний сайт ПрАТ «Київ – Дніпровське МППЗТ». Режим доступу : <http://mppzt.com.ua/>. – (Дата звернення 31.08.2021).

УДК 656.025.2

**АДАПТИВНА СИСТЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ТРАНСПОРТНОМУ ВУЗЛІ**

**ADAPTIVE SYSTEM OF ORGANIZATION OF PASSENGER
TRANSPORTATION IN THE TRANSPORT NODE**

к.т.н. В.В. Габа¹, к.т.н. Т.М. Грушевська¹, В.П. Костюшко²

¹Державний університет інфраструктури та технологій (м.Київ)

²Регіональна філія «Південно-Західна залізниця»

PhD (Tech.) V.V. Gaba¹, PhD (Tech.) T.M. Hrushevska¹, V.P. Kostiuszko²

¹State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

²South-Western RailwayRegionalBranch

Приміські пасажирські перевезення є важливим сегментом транспортного ринку залізничних пасажирських перевезень. Завдяки високій провізній спроможності, надійності та регулярності руху більшість населення здійснює щоденні поїздки в приміському сполученні на роботу і навчання, а у вихідні та святкові дні – в зони масового відпочинку, на дачні ділянки та ін. Найбільші приміські транспортні потоки здійснюються на примиканнях до великих транспортних вузлів [1]. Незважаючи на те, що залізничні приміські пасажирські перевезення є збитковими, вони залишаються конкурентоспроможним видом транспорту. Це особливо яскраво проявляється при транспортному обслуговуванні великих міст, де приміські залізничні перевезення часто витісняються маршрутними таксі, які надають кращу якість послуг за співставною вартістю проїзду [2].

Основною сферою застосування приміського залізничного транспорту має бути ранкове завезення населення із передмістя на роботу, навчання та ін. з приміських пунктів збору (пересадочних вузлів, таких як Буча, Ірпінь, Боярка, Вишневе) до Києва, та вечірнє вивезення пасажирів із Києва у передмістя.

Автомобільний транспорт є найбільш мобільним та доступним. Однак ціна проїзду є більшою проїзд та й проїзд у ранкові та вечірні години значно ускладнений із-за заторів на дорогах. Основною сферою застосування автомобільного транспорту є підвезення та розвезення пасажирів між пунктами їх безпосереднього проживання у передмісті та зупинними пунктами приміських електропоїздів, а також обслуговування приміського пасажиропотоку не у піковий період.

Власний (приватний) автомобільний транспорт вважається найзручнішим (для тих, хто може собі його дозволити мати). Однак в часи пік автомобільні дороги перевантажені, що є причиною численних заторів та автомобільних пробок. Собівартість перевезень збільшується, особливо зараз, коли середня вартість пального перевищує 28 грн за літр.

Аналізуючи величини розмірів відправлення і прибуття пасажирів на станції приміської ділянки, можна зробити висновок про те, що їх кількість за останні десять років збільшилася. Це пов'язано з тим, що більшість молодих сімей купують житло в приміській зоні та заможні власники приміського житла, які потребують певної якості обслуговування, а для залізничного транспорту – це нові платоспроможні пасажиропотоки[3].

Посилення конкурентної боротьби на ринку транспортних послуг, зокрема у приміському сполученні, вимагає від перевізників урахування в процесі якісних факторів послуги. Враховуючи міжнародний досвід перевезення пасажирів у залізничному приміському пасажирському сполученні, доцільно було б поділити вагони на перший та другий класи. Перший клас – вагони підвищеної комфортності, сидячими місцями та підвищеної вартості проїзду. Другий клас – менш комфортні вагони, менша вартість проїзду та допускаються стоячі пасажирів. При перевезенні пасажирів у приміському пасажирському сполученні будь-яким із конкуруючих видів транспорту найголовнішими якісними характеристиками є тривалість поїздки та комфортність пасажирів у рухомому складі перевізника. Спостерігається така ситуація, коли приміські поїзди відправляються з головної станції з неповною населеністю вагонів, оскільки найбільший пасажиропотік, як правило, спостерігається на передвихідних станціях і зупиночних пунктів в межах міста. Пробіг електропоїздів від головної станції до передвихідної станції з низькою кількістю пасажирів у вагонах призводить до подорожчання перевезень пасажирів і збільшенню збитковості приміського залізничного транспорту.

Адаптувати приміський залізничний транспорт до вимог конкурентного середовища можливо, враховуючи в ціні його послуг умови перебування пасажира під час поїздки в рухомому складі перевізника, а також загальний час, що він витрачає на поїздки в приміському сполученні. У зв'язку з цим становиться актуальною, маючи практичну значимість, рекомендація про використання човникового способу руху приміських поїздів, але не на повну довжину двох ділянок обороту приміських поїздів, а лише при умові продовження ділянки обороту електропоїздів до першої зонної станції іншого приміського напрямку. Це дасть можливість вдосконалити графік руху приміських поїздів в сучасних транспортних вузлах із врахуванням використання нових швидкісних, комфортабельних електропоїздів, які здатні зменшити тривалість доставки пасажирів до пункту їх призначення.

Високий рівень якості транспортних послуг є запорукою, перш за все, безпеки перевезень, надійності, задоволеності попиту пасажирів.

[1] Габа В.В., Грушевська Т.М. Організаційні і технологічні фактори формування попиту на залізничні приміські пасажирські перевезення. Автошляховик України. 2017. №1–2 (249–250) С. 73–77.

[2] Грушевська Т.М. Удосконалення організації залізничних приміських перевезень при транспортному обслуговуванні великих міст: автореферат дис... на здоб. наук. ст. к-та техн. наук: 05.22.01. К.: ДЕТУТ, 2015. 20 с.

[3] Поздняков А.А., Мироненко В.К., Позднякова О.О, Гудков О.М. Дослідження факторів, що впливають на формування пасажиропотоків залізничних приміських перевезень у великих міських агломераціях. Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2016. Вип. 29. С. 261 – 276.

UDC 656.61

STRESS FACTORS' IMPACT ON NAVIGATIONAL SAFETY

*Senior lecturer Yuriy Bychkovsky, PhD (Tech.) Oleksiy Melnyk
Odessa National Maritime University*

Working at sea has its own characteristics and is considered one of the most stressful professions. This is due to the increased level of responsibility, unstable mental activity, hard physical work, conditions of real threat to life and health, including the absence of many components of psychological comfort. All this inevitably affects the level of safe operation of both the vessel and the industry as a whole. The urgent task in maritime safety, therefore, is primarily to raise awareness of the importance of the human factor among seafarers and to increase knowledge of the emotional problems and stresses faced by seafarers while at sea and how to deal with the consequences of these problems.

It is well known that in order to reduce the impact of negative stress it is advisable to increase the proportion of positive stress in activities on board ship. Essentially, positive stress (eustress) means, "good stress" (derived from the Greek "eu" meaning "good"). Not all stressful motivations are harmful. There are many stimuli that everyone interacts with every day: laughter, humor, visual harmony and more. "Positive stress" is very useful as it increases situational awareness; improves motivation; promotes better harmony between crewmembers; creates a better working environment; reduces mental and physical dissonance.

The results of the survey to determine the level of understanding of 'positive stress' amongst Ukrainian seafarers can be considered unsatisfactory, with less than 20% of the older generation of seafarers answering this question honestly and just over 7% of the younger generation confirming their understanding and use of 'positive stress' in their day-to-day work. These points to one of many untapped resources for reducing existing stress during a ship's voyage.

It should also be noted that stress levels could be either too low or too high. Too low stress level results in a task or operation having a low priority and low motivation, leading to repeated performance without feedback. When stress levels are too low, people or crewmembers can become complacent, feel unrestrained; low stress levels can reduce performance, seafarers do not take the necessary safety measures and thus react rather than anticipate.

In addition to increasing the overall stress associated with the task, it is important for the overall safety of the vessel that the seafarer maintains his or her own ability to cope with stress. There are no mechanisms and no way to select seafarers with a guaranteed high level of stress tolerance when recruiting crewmembers. It is therefore very important that the seafarer is able to maintain his/her stress level at the highest possible level for the required period during the voyage. Today there are many simple techniques for achieving this that do not require special equipment or conditions. However, using these methods can help a seafarer maintain their stress tolerance at the highest possible level for a long period.

It is clear from the data above that Ukrainian seafarers are not receiving serious training on how to cope with high levels of stress. The results of the survey indicate some understanding and are generally close to existing methods of stress reduction, but the number of respondents who mentioned a particular factor indicates a lack of widespread understanding of the issue. Therefore, among the challenges in seafarers' training is to focus on increasing the level of knowledge of stress factors by incorporating new modules on the human factors components of the training process.

[1] Istomina O.A. *Professional psychology of a sailor*. Vladivostok: Marine State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, 2006. - 83 p.

[2] *Caring for Seafarers' Mental Wellbeing*. [2017] The American club. [Online source] Available at: https://www.american-club.com/files/files/seafarers_mental_wellbeing_russian.pdf.

[3] Melnyk O., Bychkovsky Yu. (2021) *Modern methodology of ship safety level evaluation and ways to improve it*. *Transport development*. No. 2 (9).

[4] Melnyk O., Bychkovsky Yu. (2021) *Risk assessment as an element of the ship's safety*. *International scientific-practical conference "Science, education, suspension in the minds of globalization"*, pp 44-47.

[5] Quick, J. C., Quick, J. D., Nelson, D. L., & Hurrell, J. J. (1997), *Preventative stress management in organizations*. Washington, DC: American Psychological Association.

[6] Dr. Martinez de Oses F. Xavier, Ventikos Nikolaos P. (2003) "A critical assessment of human element regarding maritime safety: issues of planning, policy and practice". <https://pdfs.semanticscholar.org/57ee/74a3fdf168e1273ec891e0c47b90f13cbb02.pdf>

УДК 681.5

ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

INTRODUCTION OF PERSPECTIVE INTELLECTUAL TECHNOLOGIES ON RAILWAY TRANSPORT

к.т.н. І.О. Воронко

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

PhD (Tech.) I.O. Voronko

State University of Infrastructure and Technology (Kyiv)

Застосування передових транспортних технологій для покращення якості обслуговування у будь якій транспортній галузі робить транспортну систему ефективнішою, більш надійною, та орієнтована на підвищення безпеки руху. Одним із видом таких технологій є інтелектуальні транспортні системи (ІТС), як об'єднане застосування комп'ютерних, інформаційних та комунікаційних технологій для управління транспортними засобами та мережами у реальному часі [1]. Досвід таких великих та успішних країн, як Японія, Канада, США та Китай показує значні успіхи в застосуванні інтелектуальної транспортної системи, тому можна стверджувати, що розвиток ІТС в сучасних умовах є одним з найбільш ефективних шляхів вирішення складних транспортних проблем, як в самих містах, так і на заміських дорогах [2]. Основні задачі, що

вирішуються масштабним впровадженням ІТС це оптимізації алгоритмів керування світлофорними об'єктами; автоматична фіксація порушень Правил дорожнього руху; надання пріоритету руху громадського транспорту; моніторинг умов руху в режимі реального часу; інформування учасників руху про дорожні умови, щодо наявності вільних паркувальних місць; управління рухом транспорту; інформування щодо графіків руху транспорту та прокату велосипедів тощо.

Питання інтелектуальні транспортні системи є актуальним і для України, так як залишається не вирішеним як в теоретичному так і в практичному плані, оскільки знаходиться на початковому етапі (розробляються стандарти, законодавча база, технології та загальні принципи системи) [3]. Основним фінансовим ризиком впровадження вдосконаленої моделі ІТС є недофінансування, який мінімізуються за рахунок поетапного фінансування, що вимагає інвестування в достатньому обсязі для робіт в рамках кожної стадії розробки [4].

Для забезпечення конкурентоспроможності української залізниці в умовах розвитку ринку транспорту та інтеграції до європейських транспортних систем перспективним напрямком є застосування ІТС. Так як на залізниці є потреба в прийнятті значної кількості обґрунтованих управлінських рішень, що ускладняється масштабністю самої галузі.

На сьогодні на українських залізницях діє багато автоматизованих систем різного функціонального призначення [5]. Наприклад, основні автоматизовані системи управління, контролю та діагностики орієнтовані на реалізацію функцій з передачі інформації і здійснення моніторингу з ряду технічних параметрів транспортних засобів, як щодо їх бортових датчиків, так і щодо бортових комп'ютерів - контролерів електронних систем керування робочими процесами вузлів та систем залізниці, які об'єднанні в корпоративні та багаторівневі інформаційні системи управління різними об'єктами [6, 7]. Одним із перспективним напрямком ІТС було створення автоматизованої системи обліку оплати проїзду та електронного квитка для всіх видів транспорту, наступним - набуває значної популярності впровадження технологія Інтернет речей [8]. Це і є передумовою для розвитку та вдосконалення інтелектуальної транспортної системи залізниці.

Адже ІТС дає можливість зниження рівня завантаженості вулиць та доріг; зменшення затрат часу на переміщення; підвищення безпеки дорожнього руху; інформування учасників дорожнього руху щодо поточної дорожньо-транспортної ситуації та оптимальних маршрутів руху; збір оплати за проїзд; забезпечення безперебійної роботи громадського транспорту; підвищення рівня обслуговування пасажирів, покращення екологічної ситуації, тощо.

[1] Саег Філ, Чарльз Філ. Інтелектуальні транспортні системи. Стійкий розвиток системи: Збірник матеріалів для політиків міст / Філ Саег, Філ Чарльз. // Німецьке товариство з технічної співпраці (GIZ). [Електронний ресурс], 2007.– Режим доступу: https://city2030.org.ua/sites/default/files/documents/GIZ_SUTP_SB4e_Intelligent-Transport-Systems_UA.pdf.

[2] Біліченко Н. О. Світовий досвід розвитку інтелектуальних транспортних систем [Електронний ресурс] / Н. О. Біліченко, С. В. Цимбал, Я. Ю. Крупський // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів

ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/5175>.

[3] Скалозуб В. В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий): пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

[4] Жанказиев, С.В. Интеллектуальные дороги - современный взгляд/ С.В.Жанказиев, А.А. Тур, Р.Ф. Халилев// Наука и техника в дорожной отрасли.- 2010 – 2 - стр. 1-7.

[5] Основная деятельность информационно вычислительного центра – ИВЦ/ [Электронный ресурс]. - Режим доступу: <https://gioc.uz.gov.ua/>.

[6] Калинюк І. О. Організація корпоративної системи моніторингу та діагностики тягових електричних мереж / І. О. Калинюк // Зб. наук. праць ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – К., 2011. - № 61. - С. 37-41.

[7] Воронко І. О. Сучасний стан комп'ютерних технологій моніторингу, контролю та діагностики електроенергетичних об'єктів та систем / І. О. Воронко // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: мат. Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 16-20 березня 2015 р., м. Черкаси: тези доп. – Черкаси, 2015. – С. 81-83.

[8] Интернет речей / [Электронный ресурс]. - Режим доступу: <http://harika.com.ua/tehnologiya-40/nternet-rechey/>.

УДК 336.762.3

ВПЛИВ ПАНДЕМІЇ НА ПЕРЕВАЛКУ ВАНТАЖІВ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ

THE IMPACT OF A PANDEMIC ON CARGO TRANSSHIPMENT IN THE SEAPORTS OF UKRAINE

*к. т. н. Д.М. Решетков, асистент І. М. Іванова
Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*PhD (Tech.) Reshetkov D., Ivanova I.
Odesa national maritime university*

Тенденції в портах усього світу і України показують масштаби, а також диференційований вплив пандемії COVID-19 на морський транспорт. Це вимагає подальшого вивчення, щоб визначити, чи пов'язані ефекти і тенденції, що спостерігаються, до структурних зрушень або є тимчасовими явищами, які зникнуть разом із зникненням пандемії і її наслідків.

Незважаючи на те, що карантинні обмеження, пов'язані з розширенням вірусу в Україні, мали місце вже з першого кварталу 2020 року, результати першого півріччя 2020 року перевищували або були на рівні першого півріччя 2019 року [1].

В цілому ж після зростання перевалки майже на 20% в 2019 році, 2020 рік українські порти завершили з невеликою негативною динамікою -0,5% до 2019 року.

Однак, вже в 1 півріччі 2021 року результати роботи портів України показують помітну тенденцію до їх зниження в порівнянні з аналогічним періодом попереднього року:

- загальний вантажообіг портів склав всього 83,2% (рис.1), причому, це відноситься в рівній мірі і до експорту (83,7%), і до імпорту (89,9%), і до

транзиту (71,5 %). Кількість оброблених в портах суден скоротилася на 7,3% і склала 4928 одиниць;

- вантажообіг найбільших морських портів знизився на 20,9% - МП «Південний», 16,9% - Миколаївський МП, 13,6% - Одеський МП, 13,3% - МП Чорноморськ (рис. 1) При цьому, вантажообіг Маріупольського МП збільшився на 4,0%;

- обсяги перевалки основних вантажів у портах зменшилися по чорним металам – на 3,2%, по зерну – на 27,1%, по руді всякої – на 15,9%, по контейнерам, т - на 10,8%, по контейнерам TEU – на 3,5% (рис.2).

Прогнозування повної і довгострокової дії кризи COVID-19 на морський транспорт і торгівлю, а також форму відновлення загрожує невизначеністю. В цілому, подолання затяжної економічної кризи в будь-якій галузі прискорює, з одного боку, відмирання неефективних підходів, а з іншого - розвиток прогресивних технологій і тенденцій.

Саме тому для розуміння впливу COVID-19 на портову галузь стоїть в першу чергу звернути увагу на світові тренди її розвитку [2]:

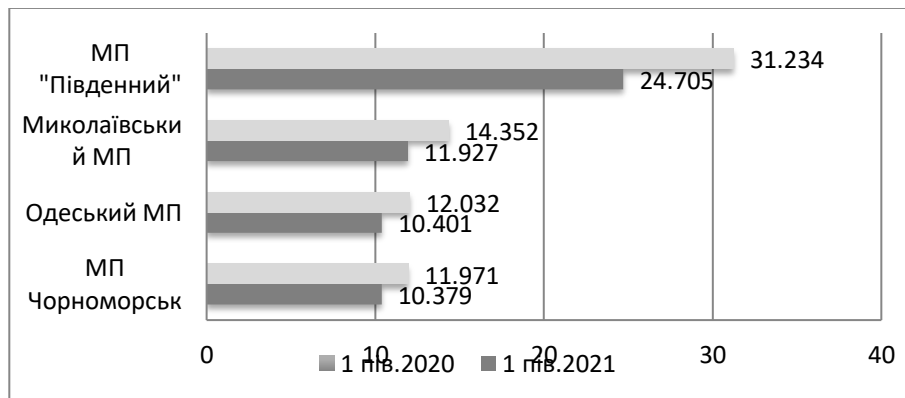


Рис. 1. Вантажообіг найбільших морських портів України за 1 півріччя 2020-2021 рр., млн. т

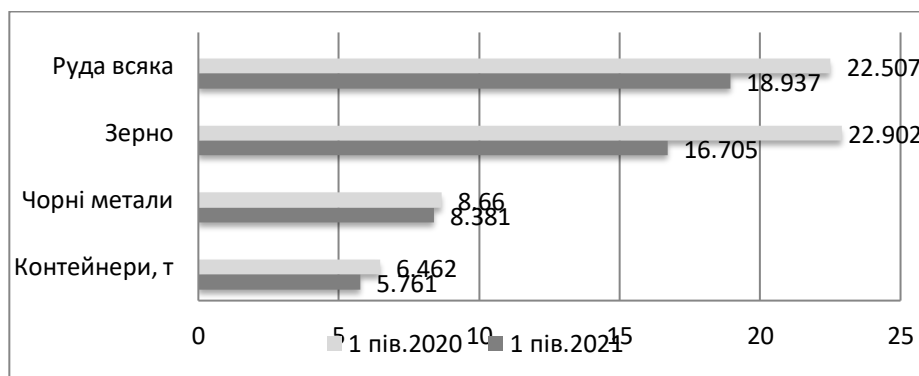


Рис. 2. Перевалка основних вантажів у морських портах України за 1 півріччя 2020-2021 рр., млн. т

1. Розвиток міжнародних коридорів, диверсифікація ланцюжків поставок.
2. Вертикальна інтеграція різних учасників логістичного ланцюжка.
3. Збільшуються вимоги до портів в частині сталого розвитку.

Під час гострої фази пандемії найбільш очевидною стала потреба в автоматизації та електронного документообігу. Порти, що йдуть в авангарді цифровізації і працюють із системами портового співтовариства (PCS), легше пристосувалися до нових умов.

Облік цих факторів повинен привести до подальшої модернізації морських портів України, що дозволить швидко і ефективно справлятися із зростаючим обсягом торгівлі України.

[1] Сайт ДП «Адміністрація морських портів України», www.uspa.gov.ua

[2] UNCTAD (2020). COVID-19 and maritime transport: Impact and Responses. UNCTAD/DTL/TLB/2021/1. Geneva.

УДК6.615.078.111/.117

**СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ
ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЦЕССА
ПЕРЕВАЛКИ ГРУЗОВ**

**NETWORKINTERACTION MODEL OF TRANSPORTHUB SUBJECTS
DURING IMPLEMENTATION OF CARGO TRANSSHIPMENT THE
PROCESS**

к.т.н. А.О. Мурадьян

Одесский национальный морской университет (г.Одесса)

PhD (Tech.) A. Muradian

Odessa national maritime university (Odessa)

Взаимоотношения между субъектами транспортных узлов (ТУ) целесообразно строить на принципах маркетинга взаимодействия, базирующегося на методологическом инструментарии экономических и поведенческих наук. При таком условии деловые отношения между упомянутыми субъектами ТУ могут устанавливаться на дуальной (двухсторонней) и сетевой (многосторонней) основе. Для исследования таких задач, конфликтных по своей сути, целесообразно применять методологический арсенал теории игр.

Будем рассматривать сеть, элементам которой соответствуют транспортные предприятия отдельно рассматриваемого ТУ: порт/стивидорные компании (ПСК), управление железной дороги (УЖД) в единстве с припортовой железнодорожной станцией (ПЖС) и операторами железнодорожного подвижного состава (ОПС), агентская компания (АК) а также экспедиторская компания, в статусе оператора смешанной перевозки грузов (ОСП) с возложенными на него функциями и координационными полномочиями. При этом предполагается, что ОСП имеет деловые связи, с одной стороны с

грузовладельцами (ГРВ), а с другой – с транспортными предприятиями, то есть с ТУ, УЖД и судовладельцами (СДВ).

Такого рода игрой имитируется совместная деятельность перечисленных выше субъектов ТУ, связанная с решением весьма важной задачи оперативного управления, формулируемой следующим образом.

Предположим, что ОСП осуществляет управление доставкой грузов по схеме «от двери до двери» во взаимодействии с транспортными предприятиями и сервисными организациями ТУ. При решении этой задачи ОСП, выступая в роли лица, принимающего решение (ЛПР), стремится к достижению минимума расходов ГРВ на доставку грузов за счет максимально возможного сокращения продолжительности выполнения операций обслуживания грузов и подвижного состава на этапах действия транспортных предприятий. При этом для повышения заинтересованности транспортных предприятий в реализации преследуемой ОСП цели считается, что ОСП наделен правом назначать субъектам ТУ бонусы, например, в процентах от тарифной платы за транспортировку и перевалку грузов.

Отметим, что при таком подходе к рыночному управлению взаимоотношениями субъектов ТУ и ОСП по осуществлению процесса доставки грузов выгода (выигрыш в формальном смысле) участников этого процесса определяется следующим образом:

- для субъектов ТУ – в виде бонусов от ОСП за ускорение процесса доставки грузов в пределах «своих» зон обслуживания;
- для грузовладельцев – как прирост прибыли за счет сокращения расходов благодаря ускорению доставки грузов;
- для ОСП – в виде бонусов от грузовладельцев за уменьшение транспортной составляющей расходов на доставку грузов.

Решение сформулированной задачи осуществляется по схеме пошагового регулирования процесса доставки грузов. При этом на каждом шаге регулирования предусматривается выполнение следующих действий:

- УЖД, ПСК и СДВ сообщают ОСП по его запросу прогнозные сроки осуществления процесса обслуживания грузов и транспортных средств в их зонах;
- ОСП на основе этих сведений определяет для каждого предприятия выгодные, с его точки зрения (в интересах ГРВ), сроки выполнения операций обслуживания грузов и транспортных средств;
- УЖД, ПСК и СДВ в случае согласия с предложением ОСП реализуют «свои» этапы процесса доставки грузов, стремясь к соблюдению назначенных ОСП сроков.

Взаимодействие между ОСП и каждым его контрагентом по дуальной паре осуществляется в интерактивном режиме с частотой, определяемой ОСП.

Логично предположить, что стратегии транспортных предприятий как участников характеризуемой игры будут основываться на их стремлении добиваться максимально возможного выигрыша (выгоды) в «своих» зонах обслуживания грузов и транспортных средств лично для себя. В то же время ОСП будет преследовать другую цель, состоящую в максимизации своего

выигрыша (выгоды) в пользу грузовладельца, то есть по процессу доставки грузов в целом. В обоих случаях выгоду игроков можно связывать с приростом их прибыли: для транспортных предприятий – за счет бонусов ОСП; для ОСП (а в его лице грузовладельцев) – за счет увеличения объемов доставляемых потребителям грузов благодаря сокращению сроков обслуживания грузов и транспортных средств на этапах перевозки и перевалки.

УДК 656.2

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТКОВОЇ РЕЙСОВОЇ МОДЕЛІ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

FORMATION OF THE MODEL OF OPERATIONAL PLANNING OF SWITCHYARD STATIONS FUNCTIONING IN THE CONDITIONS OF IMPLEMENTATION OF THE PARTIAL ROUTE MODEL OF FREIGHT TRAINS MOVEMENT

*к.т.н., В.М. Прохоров, к.т.н., Т.Ю. Калашнікова,
к.т.н., Л.І. Рибальченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*PhD (Tech.) V.M. Prokhorov, PhD (Tech.) T.Yu. Kalashnikova,
PhD (Tech.) L.I. Rybalchenko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сьогодні в Україні, зокрема зважаючи на стан локомотивного парку, єдиним шляхом підвищення транзитності вагонопотоків залишається зміна парадигми організації і просування вантажних вагонопотоків. Одним із перших методів організації вагонопотоків – метод відправлення поїздів за жорсткими нитками графіка. Цей метод у ХХ столітті вже неодноразово впроваджувався на залізницях нашої країни, але не витримав випробування часом навіть за часів радянської планової економіки. Одним із головних недоліків цього методу є додаткові витрати вагоно-годин при формуванні поїздів та очікуванні нитки графіка. Однак сучасний рівень інформаційних технологій, які вже впроваджені на Укрзалізниці, має високий потенціал для нівелювання цих недоліків. Зокрема налагоджений миттєвий онлайн зв'язок із вантажовідправниками із доступом до всієї необхідної інформації, з метою ліквідації недоліків, що викликані низьким рівнем узгодженості систем керування поїздопотоками, пов'язаних з децентралізованим управління рухом поїздів, створюються єдині диспетчерські центри.

До того ж, знос локомотивного парку, який становить більше 95%, нестача поїзних бригад, що викликана відтоком кваліфікованих машиністів до західних країн, нестача пропускнуої спроможності залізничних ліній, яка спричинена

зносом рейок та відсутності коштів для їх заміни або ремонту не залишають нічого іншого як оптимізувати роботу локомотивів та локомотивних бригад.

Технологія формування і відправлення вантажних поїздів за жорсткими нитками графіка руху, так звана рейсова модель, саме і спрямована на стабілізацію роботи локомотивів і локомотивних бригад, що сприяє підвищенню показників ефективності їх використання завдяки зменшенню холостого пробігу локомотивів та стабілізації графіка роботи локомотивних бригад.

Крім того дана технологія сприяє підвищенню маршрутизації вагонопотоків, що в свою чергу дозволяє зменшити обсяги переробки вагонопотоків на сортувальних станціях.

Більш того, в разі появи незалежних перевізників на транспортному ринку України, зазначена технологія буде для них основною, так як рух поїзних формувань з приватною локомотивною тягою буде здійснюватися по виділенім оператором інфраструктури ниткам графіка [1].

Однак слід зазначити, що перехід всіх вантажних поїздів на курсування за жорсткими нитками графіка за даних умов здійснити неможливо і недоцільно. Отже найбільш раціональний варіант – перехід на часткову рейсову модель. Згідно до такої моделі більша частина поїздів відправляється за традиційною технологією тобто за готовністю, і лише окремі поїзди відправляються за жорсткими нитками. Крім того, для підвищення ефективності таких поїздів, до них доцільно здійснювати причеплення і відчеплення груп вагонів, що прямують в попутному напрямку.

Була розроблена оптимізаційна модель планування роботи сортувальної станції в умовах формування поїздів, що відправляються за жорстким розкладом. Математична модель представляє собою цільову функцію, що підлягає мінімізації за критерієм технологічних витрат та систему обмежень, що обумовлені параметрами інфраструктури та технологічними нормами. Також дана модель враховує необхідність своєчасного розформування певних поїздів з метою приготування груп вагонів для причеплення до транзитних поїздів, що прямують за твердими нитками графіка. Таким чином, планування роботи сортувальної станції представляє собою задачу комбінаторної оптимізації. Для оптимізації сформованої моделі була розроблена процедура, що використовує генетичний алгоритм комбінаторного типу.

Результати моделювання довели ефективність розробленої моделі і запропонованого методу побудови оперативного плану роботи сортувальної станції, який дозволяє оптимізувати роботу станції за рахунок раціонального розподілу ресурсів, утримувати величину витрат вагоно-годин на накопичення составів та простій вагонів на сортувальних станціях у певних межах, і забезпечують здійснення переходу системи вантажних залізничних перевезень України на часткову рейсову модель управління вагонопотоками із збереженням певного рівня рентабельності.

[1] Козаченко, Д. Н. Исследование эффективности организации перевозок металлургических грузов по расписанию: [препринт] / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, Ю. Н. Германюк // Вестник Белорус. гос. ун-та : Наука и транспорт. – 2013. – Вып. 1 (26). – С. 52–54.

УДК 656.61

МОНІТОРИНГ КІБЕРСТІЙКОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СУДНАМИ

MONITORING OF CYBER RESISTANCE OF SHIP CONTROL SYSTEMS

аспірант К.В. Шумілова

Національний університет «Одеська морська академія» (м. Одеса)

PhD Student K.V. Shumilova

National University «Odessa Maritime Academy» (Odessa)

Криза, пов'язана з пандемією Коронавірусу (Covid-19) є основною причиною збільшення кібератак на інформаційні системи по всьому світу. Через пандемію морська галузь і сектор морської енергетики стали більш вразливими для кібератак, ніж раніше. Звернемо увагу на те, що Ізраїльська компанія NavalDome повідомляє про збільшення спроб злому у 2020 році на 400% [1]. У морській галузі збиток від кібератак оцінюється в 200 мільярдів доларів. Морська галузь дуже приваблива для кіберзлочинців, з огляду на те, що морський транспорт перевозить 90% усіх товарів світу [2]. Хакери можуть перервати доставку потрібних товарів, щоб завдати відчутної шкоди економіці цілої країни.

Актуальність цієї теми дослідження пов'язана зі світовою глобальною кризою і заходами соціального дистанціювання, які не дозволяють ІТ-фахівцям (ІТ – інтернет технології) бути мобільними в морському секторі і своєчасно модернізувати і обслуговувати критичні суднові системи операційних технологій.

За даними, представленими компанією CyberOwl, опитування 120 ІТ-фахівців з питань транспортування вантажів на конференції CyberSecure at Sea показало [3], що майже у більшості фахівців відсутнє розуміння своїх судових мереж і пристроїв, деякі з них не мають достатньої центральної видимості, а частина виявила набагато більше можливостей підключення «тіньових» ІТ, ніж вони припускали на борту судна.

Найбільш вразливими судовими системами є: системи ходового містка; системи обробки і управління вантажем; системи управління двигунами, машинами і живленням; системи контролю доступу; системи обслуговування і управління пасажирями; адміністративні системи та мережі; системи зв'язку [2].

Зауважимо, що кібератаки – це серйозний бізнес (рис. 1). За результатами досліджень хакерських атак в 2019 році компанія Positive Technologies повідомляє, що початкова вартість хакерської атаки на фінансові організації становить близько 45-55 тис. доларів США і витрати на таку атаку окупаються відразу після першого розкрадання.

Аналізуючи останні дослідження відомих компаній Microsoft, Positive Technologies, CyberOwl, Cargemini Cyber North America кібератаки, такі як NotPetya і WannaCry стали тривожним сигналом для великих логістичних

компаній [4]. Слід зазначити, що в період з 2017 по 2021 роки від кібератак постраждали порти Барселона і Сан-Дієго, потім австралійська суднобудівна компанія Austal, три основні контейнерні лінії Maersk, COSCO і MSC, а також порт Шахід Раджі в Ірані.

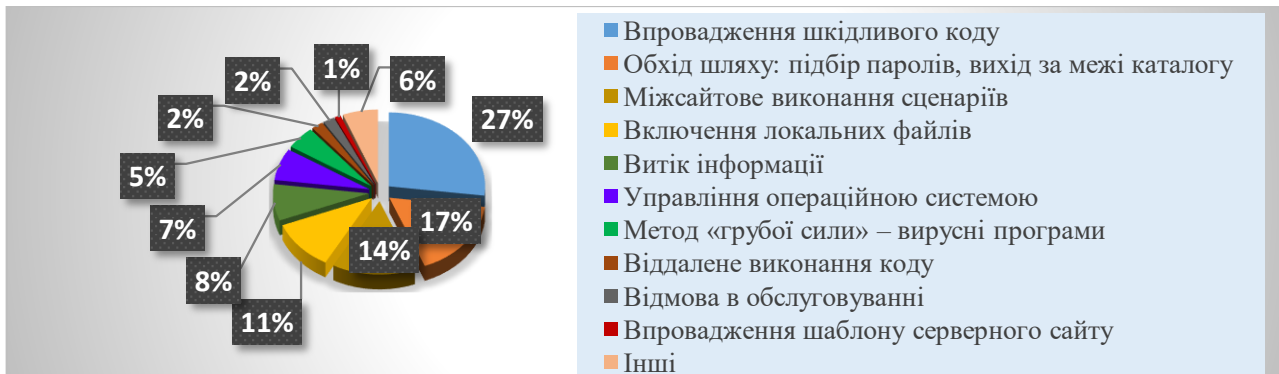


Рис.1. Розповсюджені світові кібератаки на веб-додатки

В першу чергу кіберзлочинці націлені не на судові системи, а на окремих працівників, в тому числі і на членів екіпажів, які часто виявляються найслабшою ланкою в ланцюгу безпеки [5]. Визначимо дії, необхідні для плану реагування на кіберінциденти: 1. Ідентифікація інцидента. 2. Оцінка ступеня небезпеки. 3. Ізоляція «зараженого» обладнання та негайне інформування органів влади, берегових служб і екіпажу про інцидент. 4. Визначення рівня захисту критично важливих систем. 5. Аналіз кіберстійкості судових систем. Таким чином, план реагування дозволяє визначити області уразливості, ранжувати ризики [6], ідентифікувати та автентифікувати всіх користувачів, візуалізувати потенційні втрати від можливих кібератак та здійснити захист морських інформаційних систем. З огляду на факт відсутності на сучасних судах висококваліфікованих аналітиків з кібербезпеки, найнебезпечнішою вразливістю є ненавмисні дії екіпажу. У зв'язку з цим необхідне створення плану реагування на кіберінциденти на судні з простими та чіткими інструкціями для екіпажу.

[1] FBI: Covid-19. Cyberattacks Spike-400% in Pandemic. <https://www.msspalert.com/cybersecurity-news/fbi-covid-19-cyberattacks-spike-400-in-pandemic/>

[2] Киберпреступність – бич судоходства XXI века. <http://mtelegraph.com/cybercrime-scourge-of-navigation-of-the-xxi-century.html>

[3] Ken Woghiren, Digital Ship magazine. Gaining visibility of your onboard systems: you can't secure something you can't see, 2020. Communications & Cyber Security <https://thedigitalship.com/news/maritime-satellite-communications/item/6673-gaining-visibility-of-your-onboard-systems-you-can-t-secure-something-you-can-t-see3>

[4] Компанія Positive Technologies. Оpubлікован список из 25 самых опасных уязвимостей ПО, 2019. <https://habr.com/ru/company/pt/blog/469687/>

[5] Кибербезопасность судна находится в руках моряков, 2017. <https://moryakukrainy.livejournal.com/3843048.html>

[6] Шумілова К.В., Онищенко О.А. / Shumilova K. V., Onishchenko O. A. Планування дій у комплексній ідентифікації ризиків судноплавства | Action planning in comprehensive shipping risk identification // The scientific heritage | International independent scientific journal. – Budapest, Hungary, N 49, 2020, P. – 40-46, ISSN 3547-2340. <http://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2020/09/VOL-1-No-49-49-2020.pdf>

Секція
ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО, СЕРВІС ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.423.3:681.518.54

ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ НА РАННІХ СТАДІЯХ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИМ АДАПТИВНИМ МЕТОДОМ ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ

д.н.н. С. В. Панченко, к.т.н. С.В. Михалків

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

D.Sc. (Tech.) S. V. Panchenko, PhD (Tech.) S.V. Mykhalkiv

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Підшипники кочення, що встановлюються в механічних вузлах рухомого складу відіграють важливу роль і працюють у важких умовах, які провокують появу небезпечних пошкоджень. Для запобігання катастроф у різних галузях промисловості впродовж тривалого часу застосовують ефективні засоби вібродіагностування, оскільки зареєстровані вібраційні сигнали містять розлогу інформацію стосовно наявних пошкоджень підшипників кочення та зубчастих зачеплень редукторів, тому постійне вдосконалення вібродіагностичних методів спрямоване на стійке зростання ефективності визначення діагностичних ознак технічного стану [1].

Найчастіше вібраційна реалізація підшипника кочення з ознаками пошкоджень є нестационарною і спричиняється нетривалими збуреннями, які призводять до появи на вібраційному спектрі збудження, яке простягається вздовж усього частотного діапазону й сильно ускладнює виявлення пошкоджень класичними методами, особливо на ранній стадії їх розвитку. Частково розв'язує згадану складність процедура розкладання за емпіричними модами (РЕМ), яка є адаптивною і не потребує зовнішніх материнських функцій, вібраційна реалізація зазнає саморозкладання на декілька коливних компонентів, які називаються вбудованими функціями мод (ВФМ) [2].

Основним недоліком РЕМ є змішування коливних компонентів, що можна пояснити потраплянням до складу однієї ВФМ декількох компонентів на різних масштабах, або компоненти на одному масштабі можуть потрапляти до різних ВФМ, що зрештою позбавляє ВФМ будь-якої здатності виявляти окремі частотні складові, які є ознаками пошкоджень на ранніх стадіях. Для подолання згаданих обмежень розроблялись удосконалені процедури РЕМ, зокрема розкладання за ансамблем емпіричних мод (РАЕМ), яке спочатку додає білий шум до вібраційного сигналу, а далі реалізує звичну процедуру РЕМ для отримання ансамблю розкладань, де середнє значення кожного ансамблю визначатиме дійсну ВФМ. Другим знаковим удосконаленням РЕМ є процедура додаткового розкладання за ансамблем емпіричних мод із адаптивним шумом (ДРАЕМАШ). Процедура ДРАЕМАШ спочатку додає різні реалізації білого шуму до вібраційного сигналу з подальшим використанням процедури РЕМ до відповідних ансамблів. Дійсними ВФМ обираються середні значення кожного ансамблю. На відміну від РАЕМ процедура ДРАЕМАШ використовує білий

шум у певному частотному діапазоні, що дозволяє мінімізувати його присутність у ВФМ після усереднення [2] і, нарешті, третя запропонована процедура, яка називається удосконалене додаткове розкладання за ансамблем емпіричних мод із адаптивним шумом (УДРАЕМАШ) додає шумову складову до залишкового сигналу, значно підвищуючи зниження результуючої шумової компоненти в отриманих ВФМ (рис. 1) [3].

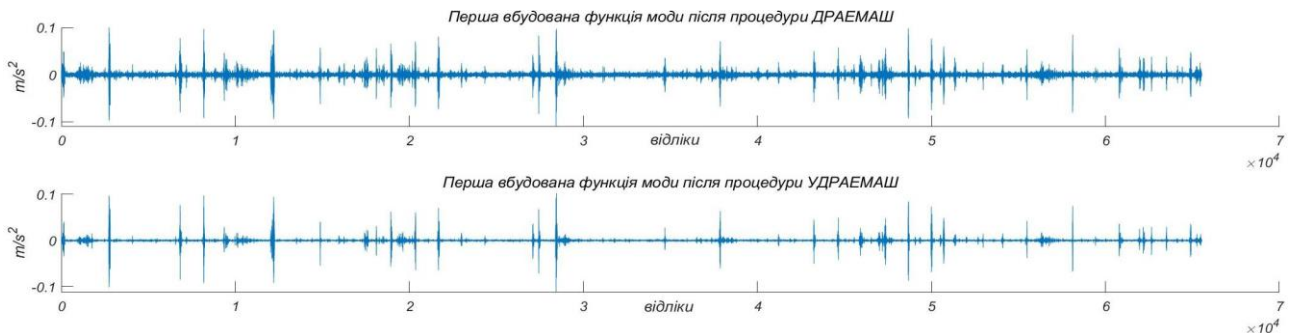


Рис. 1. Перші ВМФ за результатами розкладання найбільш досконалими процедурами

Розроблений новий гібридний адаптивний метод вібродіагностування роликів підшипника кочення буксового вузла рухомого складу використовує переваги процедури УДРАЕМАШ із усунення шумової складової у відібраному за відповідними критеріями ВМФ (рис. 1), та залучає процедуру оптимального розкладання з мінімальною ентропією, яка суттєво посилює імпульсні компоненти в отриманій вібраційній реалізації та усуває недоліки менш досконалої процедури розкладання з мінімальної ентропією, якій було властиве значне посилення одиничного імпульсу при збільшенні ширини інверсного фільтра, що спричиняло часткове викривлення результатів діагностування. Наступним кроком є виділення квадратичного спектра обвідної вібрації із частотного діапазону з найвищим спектральним ексцесом. Подібні спектри на відміну від класичних спектрів обвідної вібрації здійснюють додаткове посилення всього спектрального складу. Побудований квадратичний спектр обвідної вібрації підшипника кочення містив найбільшу кількість діагностичних ознак (сепараторні гармоніки, роликові гармоніки з сильно вираженими бічними смугами), притаманних пошкодженню тіл кочень за умови, що в експериментальних дослідженнях використовували пошкоджений ролик із незначними раковинами. Отже, запропонований метод суттєво підвищив ефективність діагностування пошкоджень на ранніх стадіях розвитку.

[1] Lei Y. A fault diagnosis method of rolling element bearings based on CEEMDAN / Y. Lei, Z Liu, J. Ouazri, J. Lin // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. — 2017. — Vol. 231(10). — P. 1804 — 1815. <https://doi.org/10.1177/0954406215624126>

[2] Tarek K. Comparative study between cyclostationary analysis, EMD, and CEEMDAN for the vibratory diagnosis of rotating machines / K. Tarek, D. Abderrazek, B. M. Khemissi, D. M. Cherif, C. Lilia, O. Nouredine // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2020. — Vol. 109(9 — 12). — P. 2747 — 2775. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05848-z>

[3] Cheng Y. An improved complementary ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise and its application to rolling element bearing fault diagnosis / Y. Cheng, Z. Wang, B. Chen, W. Zhang, G. Huang // ISA Transactions. — 2019. Vol. 91. — P. 218 — 234. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.01.038>

УДК 629.423.3 - 4.018

ВИПРОБУВАННЯ ПО ОЦІНЦІ ВІДПОВІДНОСТІ – ВАЖЛИВИЙ ЕТАП ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ РУХОМОГО СКЛАДУ

CONFORMITY ASSESSMENT TESTS – AN IMPORTANT STAGE OF EQUIPMENT OF ROLLING STOCK MOVEMENT SAFETY

*д.т.н. В.Г. Пузир¹, д.т.н. Ю.М. Дацун¹
к.т.н. В.В. Карпенко^{1,3}, к.т.н. О.М. Обозний¹, А. Феллер²*

¹Український державний університет залізничного транспорту

²Компанія TSA, м.Відень, Австрія

³АТ «Завод «ЕЛЕКТРОВАЖМАШ», м. Харків

*D.Sc. (Tech) V.G. Puzyr¹, D.Sc. (Tech) Yu.M. Datsun¹
PhD (Tech.) V.V. Karpenko¹, PhD (Tech.) O.M. Obozny¹, A. Feller²*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Company TSA, Vienna, Austria

³JSC Plant Electrotvazhmash, Kharkov

В останній час на ринку поставки комплектуючих для модернізованого рухомого складу та запасних частин до парку, що експлуатується спостерігається стійка тенденція збільшення кількості виробників, в тому числі закордонних, які поставляють свою продукцію для потреб АТ «Укрзалізниця» та приватних перевізників.

При погодженні ТУ та в подальшому при освоєнні випуску продукції Споживач наполягає на виконанні повного обсягу процедур по постановці виробу на виробництво, в тому числі випробувань по оцінці відповідності. Саме результати таких випробувань, які проведені в незалежній від виробника та Споживача лабораторії являються своєрідним пропуском на ринок якісного та безпечного товару [1].

Випробування для оцінки відповідності проводяться в лабораторіях, які акредитовані в Національному агентстві акредитації України. В ТОВ «Науково-впроваджувальний центр тягового рухомого складу» створено випробувальну лабораторію «ТРС-тест» (ВЛ), яка в теперішній час проходить акредитацію в НААУ (заявка № 202306 від 25.01.2021).

В сфері акредитації ВЛ знаходяться найбільш відповідальні компоненти рухомого складу, а саме гасники коливань, колодка гальмівна, плунжерна пара, пружина ресорного підвішування, розпилювач, буксові підшипники, тягове електрообладнання та компресори. Більш детальна інформація знаходиться на сайті ВЛ trs-test.com.ua.

Для проведення випробувань ВЛ застосовує стенди власного виробництва (стенди для випробувань гасників коливань, плунжерної пари, форсунок, паливних насосів, компресорів) та виготовлені на замовлення НВЦ ТРС (прес до 30 т), вібростенд вантажопідйомністю 1500 кг, машина розривна до 5 т, стенд ресурсних випробувань буксових підшипників), а також орендоване

випробувальне обладнання (кліматична камера, стенди електричних випробувань тягових електричних машин та інше).

Вимірювання геометричних, механічних, електричних, теплових та інших величин здійснюється приладами, які мають метрологічні характеристики що задовольняють вимогам методик випробувань. Серед засобів вимірювальної техніки слід зазначити найбільш поширені в використанні лінійка, манометри, термометри, аналізатор спектру вібрації, омметри, пробивна установка.

Для плідної співпраці з органами підтвердження відповідності та випробувальними центрами ВЛ уклала угоди з Державним випробувальним центром з підтвердження оцінки відповідності Державного підприємства «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», випробувальним центром ЗТ УО «Бел ГУТ», м. Гомель, Республіка Беларусь, випробувальним центром товариства з обмеженою відповідальністю «Казахстанський центр сертифікації на залізничному транспорті» (ВЦ ТОВ «Каз ЦС ЗТ»), м. Нур-Султан, Республіка Казахстан та ін., а також провела ряд порівняльних випробувань з акредитованими ВЦ.

В якості приклада приведемо окремі результати порівняльних ресурсних випробувань буксових підшипників в частині визначення назначеного ресурса. В випробуваннях взяли участь наступні учасники: Учасник 1: ВЦ ТЕО ДП ЗАВОД «ЕЛЕКТРОВАЖМАШ» (Атестат акредитації № 2Т1332, виданий 04.04.2016 г., дійсний до 03.04.2021 р.); Учасник 2: ВЦ ПАО «ХАРП» (Атестат акредитації № 2Т1336, виданий 12.12.2016 р., дійсний до 11.12.2021 р.); Учасник 3: ГИЦПОС (Атестат акредитації № 2Н545, виданий 03.02.2017 р., дійсний до 02.02.2022 г.); Учасник 4: ВЛ «ТРС-тест» ТОВ «НВЦ ТРС» (ВЛ знаходилась в стадії підготовки до акредитації в НААУ).

Основним показником при проведенні даних випробувань згідно стандарту ГОСТ 18572 є визначення явних та деградаційних відмов. Дослідження, які провели всі учасники випробувань, показали, що на бігових доріжках підшипникових кілець та роликів відсутні пошкодження, які можуть бути кваліфіковані як явні або деградаційні відмови.

Якість випробувань в лабораторіях – учасниках міжлабораторних порівняльних випробувань по визначенню назначеного ресурса підшипників (1500 годин) згідно методики [1] слід вважати задовільною.

[1] Карпенко В.В. Сертификационные испытания тягового электрооборудования. Підрозділ 5.3, А.Феллер, О. Чубко. Тяговые электрические машины для городского и железнодорожного транспорта компании TSA, Австрия – Днепр: Середняк Т.К., 2018, - 252с., ISBN 978-617-7599-82-0.

УДК 629.4.083

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ УКРАЇНИ

INTRODUCTION OF AN EFFECTIVE SYSTEM OF MAINTENANCE OF THE ACCELERATED ROLLING STOCK IN THE CONDITIONS OF UKRAINE

*д.т.н. Т.В. Бутько, д.т.н. О.С. Крашенінін
к.т.н. О.М. Обозний, асп. С.С. Яковлєв*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D.Sc. (Tech), T.V. Butko, D.Sc. (Tech) O.S. Krashwninin,
PhD (Tech.) O.M. Obozny, postgraduate S.S. Yakovlev
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

За останні декілька років Укрзалізниця отримала декілька серій і одиниць прискореного рухомого складу (ПРС) для забезпечення приміського сполучення, який повинен поступово стати основним видом пасажирських перевезень. На залізницях України зараз експлуатуються електропоїзди Шкода (Чехія), Хюндай (Південна Корея) та Тарпан (Україна).

Експлуатація цих серій електропоїздів показала, що інтенсивна експлуатація і неузгоджена з виробниками система утримання ПРС не забезпечує високий рівень надійності їх експлуатації. На відміну від вітчизняного рухомого складу (за винятком ПРС Тарпан, електровозів ДСЗ, ДЕ1) закордонний рухомий склад обладнаний вбудованою системою діагностування. Це дає можливість замість планово-попереджувальної системи ремонту запровадити адаптивну систему ТО, ПР ПРС. Як показали результати аналізу експлуатаційної діяльності закордонного ПРС, уникнути відмов окремого обладнання не вдається [1]. Причому слід відмітити, що відмови в більшості випадків мають раптовий характер виникнення, тобто їх можна описувати експоненціальним законом розподілу.

Але є частина обладнання, для якого характерний поступовий знос і для його формалізації доцільно використовувати розподіл Вейбула-Гнеденко [2, 3].

З урахуванням цього цільова функція оцінки ефективності запровадження адаптивної системи утримання ПРС включає обсяг позапланових робіт, які слід враховувати при проведенні ТО, ПР з відповідною ймовірністю виникнення відмов для різного характеру появи відмови.

При чому для врахування витрат на проведення заходів з усунення поступових відмов слід проводити оцінку обсягу позапланових робіт за умови спеціальних діагностичних обстежень і ймовірності виникнення відмови в міжремонтний період за допомогою функції Хевісайда. І остаточно потрібно враховувати витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу для проведення обов'язкового обсягу профілактичних робіт.

Порівняння системи утримання за адаптивним характером і традиційної планово-попереджувальної системи ремонту показує ефективність першої. Перехід до адаптивної системи ТО, ПР ПРС, за умови великої кількості ТО-3, ПР-1 дасть можливість забезпечити високу надійність і ефективність використання ПРС.

[1] Програма-методика дослідження і аналізу показників експлуатаційної роботи та надійності електропоїздів подвійного живлення. Узгоджено з Головним управлінням розвитку і технічної політики Укрзалізниці. Проміжний звіт н.д.р. «Експлуатаційні випробування електропоїздів EG675 і HRCS2 на надійність». Дніпропетровськ. 2021. с. 7 – 14.

[2] Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. – К.: Либідь. 2003. – 424 с. ISBN 966-06-0215-4.

[3] Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург. 2006. – 560 с. ISBN 5-94157-572-4.

УДК 625.04

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

IMPROVING DIAGNOSTIC SYSTEMS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE AND ROLLING STOCK

д.т.н. С.В. Мямлин

*Филиал «Центр диагностики железнодорожной инфраструктуры»
АО «Украинские железные дороги» (г. Киев)*

D. Sc. (Tech.) S.V. Myamlin

*Branch "Center for diagnostics of railway infrastructure"
JSC "Ukrainian Railways" (Kyiv)*

Развитие технических средств железнодорожного транспорта, как известно, связано с использованием существующих конструкций элементов инфраструктуры, так и с внедрением инновационных конструкций, имеющих качественно новые технические характеристики. С учетом значительной степени морального и физического износа существующей инфраструктуры железных дорог и имеющегося рабочего парка подвижного состава, включая локомотивы, пассажирские и грузовые вагоны, то приобретает особую актуальность направление исследований, связанное с совершенствованием систем диагностики инфраструктуры и подвижного состава железных дорог.

В научных исследованиях выполнялись работы по сравнению динамической нагруженности рельсовых экипажей в зависимости от характера геометрических неровностей рельсов [1-4]. Рассматривались при этом как грузовые и пассажирские вагоны, так и различные типы локомотивов. Но практическая реализация результатов теоретических исследований

динамических качеств подвижного состава в виде технических средств диагностики инфраструктуры не осуществлялась.

Достаточно хорошо известны основные виды технических средств диагностики на железнодорожном транспорте. Это в основном мобильные средства на базе пассажирских вагонов, которые представляют собой вагоны-лаборатории по различным составляющим подсистемам инфраструктуры железных дорог. Например, вагоны-лаборатории для измерения геометрических параметров пути (вагоны-путеизмерители), вагоны-лаборатории для рельсовой дефектоскопии (вагоны-дефектоскопы), вагоны-лаборатории для контроля параметров систем: автоматики, телемеханики и связи, контактной сети, приборов контроля за состоянием подвижного состава и другие. В дополнение к мобильным средствам диагностики используются ручные средства на базе тележек. У каждого из средств технической диагностики элементов инфраструктуры, безусловно, имеются свои преимущества и недостатки. Но одним из основных критериев оценки технических параметров инфраструктуры является возможность оперативного влияния на установление допускаемых скоростей движения поездов из условий обеспечения безопасности движения.

Известно, что железнодорожный транспорт представляет собой сложную многофакторную технико-технологическую систему, в которой, во многом, общий уровень безопасности движения зависит от целого ряда факторов и характеристик практически всех подсистем или технических средств, которые участвуют в обеспечении перевозочного процесса. При этом, как правило, к нарушению безопасности движения могут приводить различные неблагоприятные сочетания факторов технического или технологического характера. Поэтому совершенствование систем диагностики железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава должны учитывать не только возможные отклонения в техническом содержании тех или иных подсистем, а и учитывать возможные неблагоприятные сочетания этих отклонений.

Одним из направлений совершенствования мобильных средств диагностики инфраструктуры может служить комплексная система диагностики на базе путеизмерительного вагона-лаборатории, в которую в дополнение к существующей системе измерения геометрических характеристик пути входит система оценки динамической нагруженности подвижного состава.

Данная комплексная система позволит определять не только отклонения в техническом содержании пути, но и интегрально оценивать существующее состояние пути с учетом динамического взаимодействия пути и подвижного состава как для грузовых, так и для пассажирских вагонов, что позволит более точно определять допускаемую скорость движения, исходя из учета сочетания геометрических неровностей пути и динамической нагруженности различных типов подвижного состава.

Использование комплексной оценки технического состояния верхнего строения пути позволит максимально исключить влияние сочетания неблагоприятных факторов на показатели безопасности движения поездов и оперативно устанавливать допускаемые скорости движения.

Таким образом, рассмотрен один из вариантов технической реализации совершенствования мобильных систем диагностики инфраструктуры железных дорог с учетом динамического взаимодействия подвижного состава и пути.

- [1] Мямлин С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей: монография. Днепропетровск : Новая идеология, 2002. 238 с.
- [2] Динамика грузовых вагонов с учетом поперечного смещения тележек / Н. И. Луханин, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Швец // 36. наук. пр. Донец. ін-т залізн. трансп. Укр. держ. акад. залізн. трансп. Донецьк, 2012. Вип. 29. С. 234–241.
- [3] Приходько В. И., Мямлин С. В. Научные основы создания пассажирских вагонов для скоростных перевозок: монография. Днепропетровск : Изд-во Маковецкий, 2011. 355 с.
- [4] Математическая модель пространственных колебаний четырехосного рельсового экипажа / Блохин Е.П., Данович В.Д., Морозов Н.И.; Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта. Днепропетровск, 1986. 39 с. Рус. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 29.09.86, №7252 ж.д.

УДК 621.226:629.424

КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ

COMPREHENSIVE ASSESSMENT AND METHODS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF DIESEL ENGINES LOCOMOTIVES

д.т.н. Д.С. Жалкін¹, Ф. Томашевський², В.В.Вялько¹, М.О. Мельничук¹
Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)
²Познанський політехнічний університет (м. Познань)

*D.Sc. (Tech.) D.S. Zhalkin¹, Dr. hab. inz. F. Tomaszewski²,
V.V. Vialko¹, M.O. Melnychuk¹*
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)
Poznan University of Technology (Poznan)

Деградація енергетичного стану дизеля відбувається тому, що при експлуатації всі види енергії - механічна, теплова, хімічна, електромагнітна - впливають на нього й викликають оборотні й необоротні процеси, що змінюють початкові характеристики. Відмітними особливостями основ аналізу і контролю енергетичної ефективності дизелів тепловозів є безперервність і етапність [1], (рисунок 1).

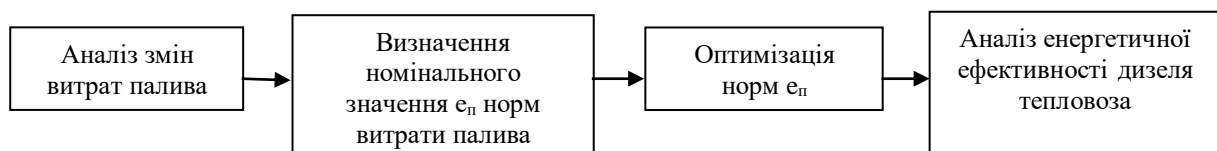


Рис. 1. Етапи аналізу енергетичної ефективності дизелів тепловозів

Всі параметри дизеля можна розглядати як складові загального вектору $X(t)$, що змінюється в процесі функціонування в n - мірному, так званому фазовому

просторі. Тому зміну енергетичного стану дизеля можна характеризувати деякою траєкторією випадкового процесу $X(t)$ у фазовому просторі.

Зміну рівня енергоефективності дизелів тепловозів зручно описувати за допомогою інтегрального показника:

$$K_{\text{ПЕ}} = \frac{B_{\text{ЕУ}} + \text{ЕВ}}{\sum I_{\Gamma} U_{\Gamma} \times \sum T_{\text{КР}} \times \eta_e \times \eta_{\Gamma}}, \quad (1)$$

де $B_{\text{ЕУ}}$ – вартість енергетичної установки, грн;
 $\sum I_{\Gamma} U_{\Gamma}$ – сумарна потужність енергетичної установки, кВт;
 $\sum T_{\text{КР}}$ – напрацювання до капітального ремонту, год;
 ЕВ – експлуатаційні витрати, включаючи витрати на ремонт (або заміну) функціональних вузлів з напрацюванням менше даного періоду.

При подібному підході дане завдання є типовим завданням однофакторного дисперсійного аналізу, фактором групування у якому виступає сезон експлуатації тепловозів (місяць або квартал року).

Загальний вид регресійної моделі з фіктивними змінними для розглянутого випадку сезонної експлуатації:

$$y = a_0 + \sum_1^q b_i x_i + \sum_{q+1}^m \sum_1^{11} a_{ij} z_{ij} + \varepsilon_x. \quad (2)$$

Коефіцієнти регресії моделі характеризують:

b_i – чистий ефект впливу зміною (фактора) x_i ;

a_{ij} – вплив k -ї градації r -го фактору ($k \neq r$) на змінну y ; тобто це різниця середніх значень функції y між k -ю градацією та градацією, що узята за базу порівняння.

Використовують три основних джерела інформації для аналізу можливих змін енергоефективності, що будуть мати місце, у процесі експлуатації дизеля:

- статистична обробка даних по надійності зі сфери експлуатації й ремонту;

- випробування на надійність та енергоефективність експлуатації;

- розрахунки й прогнозування енергоефективності.

Інформація зі сфери експлуатації дозволяє судити про фактичний стан дизеля, про реалізацію тих характеристик, які були закладені при проектуванні.

Аналітичні розрахунки, включаючи статистичне моделювання й прогнозування, є тим джерелом інформації про майбутнє поведіння дизеля, що по своїх можливостях позбавлений недоліків попереднього.

Для прогнозування зміни показників ефективності використання дизеля за тривалий період експлуатації необхідно опиратися не стільки на статистичні дані, скільки розробляти фізико-імовірнісні моделі, що враховують вплив процесів старіння на вихідні параметри дизеля [2].

Основними напрямками підвищення енергетичної ефективності дизелів тепловозів є застосування енергетичних установок нового покоління або модернізація існуючих, в основному на тепловозах промислового транспорту.

Вимоги до нових енергетичних установок, що використовують при модернізації - циліндрова потужність не менше 250 – 300 кВт, питома ефективна витрата 190 – 192 г/кВтгод, застосування систем електронного керування, напрацювання до капітального ремонту - 3 млн. км. пробігу тепловоза.

Для тепловозів маневрової роботи, дизель поїздів, рейкових автобусів підвищення енергетичної ефективності можливо за рахунок застосування комбінованих енергетичних установок або установок на основі водневих електрохімічних генераторів [3], що дозволяє зменшити шкідливі викиди та вуглецеве забруднення.

[1] Игин В.Н., Научные основы анализа и контроля энергетической эффективности эксплуатируемого парка тепловозов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук – М.: МГУПС, 2003.- 47 с.

[2] Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згорання / Серія підручників у 6 томах. т.4. - Харків: НТУ «ХП», 2004. – 360 с.

[3] Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect / M.Meinert, P.Prenleloup, S. Schmid, R.Palacin //Applied Energy. 2015. - 157. P. 619-629.

УДК: 621.358

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ

INVESTIGATION OF PRECISION PROPERTIES OF PARTS OF FUEL EQUIPMENT OF LOCOMOTIVE DIESELS

*д.т.н. В.Г. Пузир., д.т.н. Ю.М. Дацун, асп. В.В. Пиво, В.Гогоєв
Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*D.Sc.(Tech.) V. Puzyr, D.Sc.(Tech.) Y. Datsun, Ph.D Stud. V. Pyvo, V.Gogaev
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Надійна робота тепловозних дизелів у значній мірі залежить від технічного стану деталей паливної апаратури. Такі показники функціонування, як економічність та екологічність, визначаються майже виключно якістю подачі палива до циліндрів дизеля. Цілком закономірно, що у експлуатації приділяють значну увагу оцінюванню стану елементів паливної апаратури.

Умови надійної роботи двох найважливіших вузлів – форсунки та паливного насосу високого тиску – це забезпечення щільності у прецизійних парах: «голка-розпилювач» та «плунжер-втулка». У процесі ремонту їх стан перевіряють, намагаючись за відносними показниками оцінити співвідношення геометричних розмірів прецизійних пар. Для форсунок тепловозних дизелів правилами ремонту [1] передбачено декілька перевірок, серед яких щільність – як темп падіння тиску у паливопроводі. Для іншої прецизійної пари, а саме «плунжер-втулка», передбачена перевірка у вигляді оцінювання часу, необхідного для просочування певної кількості палива через зазори прецизійної пари.

Технологічне випробувальне обладнання для здійснення таких перевірок розроблялось досить давно, разом із опануванням тепловозної тяги і базувалось на доступних на той час технологіях.

Пропонується замінити підхід до реалізації випробувальних алгоритмів по прецизійній парі «плунжер-втулка». Щільність цієї пари залежить від геометричних розмірів (або ступеню зношеності) та густини рідини, яка протискується через зазори. За умови, що натискування на плунжер здійснюється із постійним зусиллям, визначальним параметром для оцінки стану прецизійної пари є час просочування.

З врахуванням сучасного розвитку техніки авторами запропоновано зміни у методиці випробувань. Розроблено конструкцію спеціалізованого стенду, який в змозі працювати у автоматизованому режимі та оцінювати стан прецизійної пари «плунжер втулка». На відміну від існуючої конструкції (рис. 1) [2] де зусилля до плунжера прикладається постійне і незмінне, у запропонованому стенді це зусилля може змінюватись, його величина реєструється у електронній пам'яті стенду. Також реєструється і час просочування певної порції палива та його температура (рис. 2). До переваг випробувального стенду слід віднести автоматизований режим проведення безпосередньо замірів та створення електронного протоколу. Це підвищить об'єктивність здійснення перевірок та дозволить переносити відомості до електронного паспорта цього вузла.

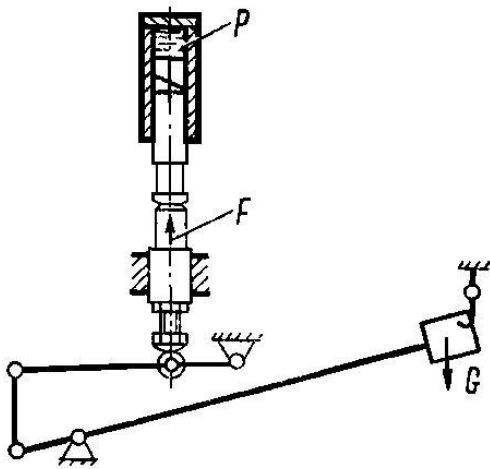


Рис. 1. Пристрій для випробування окремої плунжерної пари

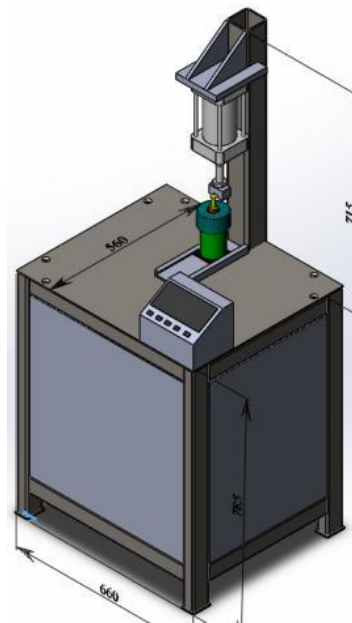


Рис. 2. Стенд для автоматизованого контролю окремої плунжерної пари

На етапі створення цієї технології постає суттєве завдання з оцінки взаємозалежностей між геометричними розмірами деталей, що утворюють прецизійну пару та отримуваними значеннями зусилля, температури та часу просочування. Передбачається проведення ряду дослідів на статистично

доцільній групі прецизійних пар з метою отримання емпіричних залежностей, які у подальшому будуть використовуватись для підбору та формування елементів паливної апаратури тепловозних дизелів.

[1] ЦТ-0042 - Правила технічного обслуговування і поточних ремонтів тепловозів серії ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ (на заміну ЦТ-0042), затверджена наказом Укрзалізниці від 24.06.2009 № 367-Ц.

[2] Ремонт тепловозов. Рахматулин М. Д. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Транспорт», 1977. 447 с.

УДК 621.431.74: 004.94

МОНІТОРИНГ СТАНУ ПРОПУЛЬСИВНИХ УСТАНОВОК СУДЕН ЗМІШАНОГО РАЙОНУ ПЛАВАННЯ

MONITORING OF THE CONDITION OF PROPULSIVE INSTALLATIONS OF VESSELS OF MIXED SWIMMING AREA

*к.т.н. І.В. Худяков¹, Ю. Герличі², д.т.н. І.В. Грицук¹, к.т.н. М.С. Агєєв¹,
к.т.н. Д.С. Погорлецький¹, В.В. Черненко¹*

¹*Херсонська державна морська академія (Херсон)*

²*Жилінський університет (м. Жиліна)*

*PhD (Tech.) I. Khudiakov¹, Prof. J. Gerlici², D.Sc. (Tech.) I. Gritsuk¹,
PhD (Tech.) M. Ahieiev¹, PhD (Tech.) D. Pogorletsky¹, V. Chernenko¹*

¹*Kherson State Marine Academy (Kherson)*

²*University of Zilina (Zilina)*

Однією з важливих передумов забезпечення технічної безпеки плавання є моніторинг параметрів суднових дизелів (головних і допоміжних) в процесі їх експлуатації. Інформація про поточні значення параметрів робочого процесу суднових дизелів під час експлуатації дозволяє обслуговуючому персоналу підтримувати нормальний технічний стан дизелів і попереджати виникнення аварійних ситуацій. На експлуатованих в даний час річкових суднах моніторинг параметрів двигунів найчастіше зводиться до періодичного контролю тисків і температур - за допомогою максиметра персонал визначає максимальні значення тисків газів по циліндрах (p_{max}) або тиску в кінці процесу стиснення (p_c) при відключеною подачі палива.

До теперішнього часу більшість систем моніторингу суднових двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ) було спроектовано як єдиний програмно-апаратний комплекс, що виробляє запис параметрів і частковий розрахунок робочого процесу в режимі реального часу. Найбільш характерними системами такого типу є NK-5, NK-100, NK-200 фірми Autronica A / S, а також ряд аналогічних систем, розроблених компаніями Terasaki Electric Co., Ltd, Kongsberg, JRCS, Hyundai, Samsung, Honeywell, Sulzer [2]. Системи такого типу покликані вирішувати два завдання: отримання даних в реальному часі і частковий розрахунок робочого процесу, що дозволяє виробникам випускати завершення комплекси моніторингу СДВЗ і надавати технічного персоналу

судна великий обсяг інформації, необхідної для якісної технічної експлуатації двигунів. Однак такий підхід до вирішення завдання моніторингу СДВЗ має ряд недоліків:

- недостатньо повне (неточне) моделювання робочого процесу;
- в якості вихідних даних використовується обмежена кількість вимірюваних параметрів;
- не виявляються прогнозуючі тренди технічного стану двигуна;
- з'єднання вимірювальної та розрахункової частин систем моніторингу ДВС значно збільшує їх складність; для передачі сигналів від двигуна до обчислювального комплексу використовуються довгі кабельні лінії; встановлюються додаткові підсилювачі і перетворювачі сигналів, що знижує надійність функціонування системи в цілому;
- вартість систем подібного типу залишається вельми високою, оскільки складається з вартості не тільки датчиків і первинних перетворювачів, а й усього проміжного обладнання, включаючи вартість обчислювального комплексу і програмного забезпечення. Крім того, комп'ютери в таких системах задіяні тільки для вирішення завдання моніторингу СДВЗ [1].

З аналізу існуючих діагностичних систем ДВС можна зробити наступні висновки:

- в даний час кожен виробник СДВЗ в першу чергу стурбований моніторингом параметрів (діагностикою) тільки свого двигуна [2,3], універсальні системи моніторингу для двигунів будь-яких моделей не створюються;
- установка спеціалізованих діагностичних комплексів здійснювалася на СДВЗ досить високої потужності, застосовуваних на морських судах; на річкових судах та судах змішаного (річка-море) плавання такі системи дотепер не застосовувалися. Технічна діагностика двигунів на судах з класом Річкового реєстру зводиться до зняття індикаторних гребінок, теплотехнічного контролю і подальшої «ручний» обробці отриманих результатів судовими механіками, або теплотехнічними партіями. Однак досягнення технічного прогресу і встановлені Урядом України орієнтири вимагають перегляду підходів в області технічної діагностики судових технічних засобів на внутрішньому водному транспорті, тим більше що прогрес в галузі управління об'єктами СЕУ і діагностики їх технічного стану неминуче вимагатиме переходу організацій за класифікацією на новий рівень реалізації процедур класифікації і огляду суден [4, 5].

На підставі виконаного аналізу можна констатувати, що в даний час рішення задачі технічної діагностики судових двигунів, а отже, і інших, менш складних об'єктів СЕУ річкових суден, стає можливим, оскільки сучасні електронні системи управління дозволяють здійснювати безперервний моніторинг технічних параметрів. У зв'язку з цим використання спеціалізованих діагностичних комплексів стає неактуальним, тому що інформація, яка отримана від електронних систем управління двигуном і іншими об'єктами СЕУ, може оброблятися центральним комп'ютером

управління або комп'ютером машинного відділення з метою управління та діагностування всієї СЕУ [6], а не тільки її окремих об'єктів.

- [1] Іванівський В. Г., Варбанець Р. А. Моніторинг робочого процесу судових дизелів в експлуатації. // Всеукр. наук.-техн. журн. 2004. Вип. 2. С. 138-141.
- [2] Данилян А. Г., Чимишр В. І., Разінкін Р. А., Найдьонов А. І. Удосконалення систем технічного діагностування малооборотних судових дизелів // Молодий вчений. 2015. № 2 (82). С. 138-142. URL: <https://moluch.ru/archive/82/14613/>.
- [3] Характеристика систем діагностики судової дизельної установки в судових дизелях. URL: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/puskoreversivnye-sistemy-dvigatelja/harakteristika-sistemdiagnotikisudovoj-dizelnoj-ustanovki-v-sudovyh-dizeljah.html>.
- [4] Соловійов А. В. Інтелектуальна система управління класифікаційної діяльністю на водному транспорті // Річковий транспорт (XXI століття). 2017. № 84. С. 40-42.
- [5] Сисоєва З. Нові тенденції та перспективні технології автомобільних датчиків систем Powertrain і контролю емісії. Ч. 1. Стан та перспективи ринку датчиків положення, швидкості, датчиків концентрації кисню (газу), масової витрати повітря і тиску // Компоненти та технології. 2006. № 60. С. 86-94.
- [6] Соловійов А. В. Концепція єдиного цілеорієнтованого управління судовою енергетичною установкою // Укр. держ. ун-ту мор. і реч. флоту ім. адм. С. О. Макарова. 2017. Т. 9. № 5. С. 1027-1039

УДК 629.423.33

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАНТОГРАФІВ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR DIAGNOSING PANTOGRAPHS OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK

*д.т.н. В.Г. Пузир, асистент М.В. Максимов,
аспірант В.І. Задесенець, магістранти О.В. Кібкало, Л.В. Коваленко
Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)*

*DSc. (Tech) V.G. Puzyr, assistant M.V. Maximov,
post-graduate student V.I. Zadesenets, magistrates O.V. Kibkalo, L.V. Kovalenko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Контактна мережа постійної напруги має додаткові елементи для пропуску підвищених значень тягового струму: подвійний контактний провід, що підсилює трос, струмопровідні мірні струни. Точка контакту з струмоприймачем постійно змінює своє положення уздовж контактного проводу, що знижує теплові навантаження на нього при русі електрорухомого складу.

Для струмоприймача точка контакту переміщається в межах ширини полоза контактного проводу. Досягнення і перевищення допустимих значень температури контактної вставки при сталому режимі обумовлено характеристикою контактної вставки. В штатних системах охолодження полозів на існуючих струмоприймачах не передбачено. Керовані системи охолодження мають складну конструкцію і знижують надійність системи струмознімання.

Причина, яка погіршує тепловий режим контактних елементів, полягає в нерівномірності нагріву полозів струмоприймача, яка обумовлена безліччю факторів [1,2]. Однак саме вони є керованими і дозволяють забезпечувати надійне, економічне і екологічне струмознімання. Рівномірне теплове навантаження елементів струмоприймача є складною і важливою задачею, а дослідження причин і пропозиції технічних рішень по її забезпеченню дуже актуальні.

Метою діагностування - перевірка максимально допустимих значень тривалого струму в режимі стоянки і при русі відповідно до вимог ГОСТ 32204-2013 [3] (рисунок 1).

Вимоги до зростання струмових характеристик за останні 10 років зумовили необхідність модернізації комплексу діагностування [4]. Наявний запас навантажувальної спроможності по струмі комплексу дозволяє проводити випробування більш сучасних струмоприймачів, розрахованих на струм до 4000 А, також технічні рішення щодо її збільшення струму навантаження до 4500 А.

Контроль за показниками навколишнього середовища відповідно до [3] здійснюється безперервно. Застосовувані засоби вимірювання: вимірювальні шунти, струмові кліщі, тепловізори, пірометри, термомари, тензометричні датчики і перетворювачі напруги, динамометри, тахогенератор, дифманометр-термоанемометр також періодично повіряються.

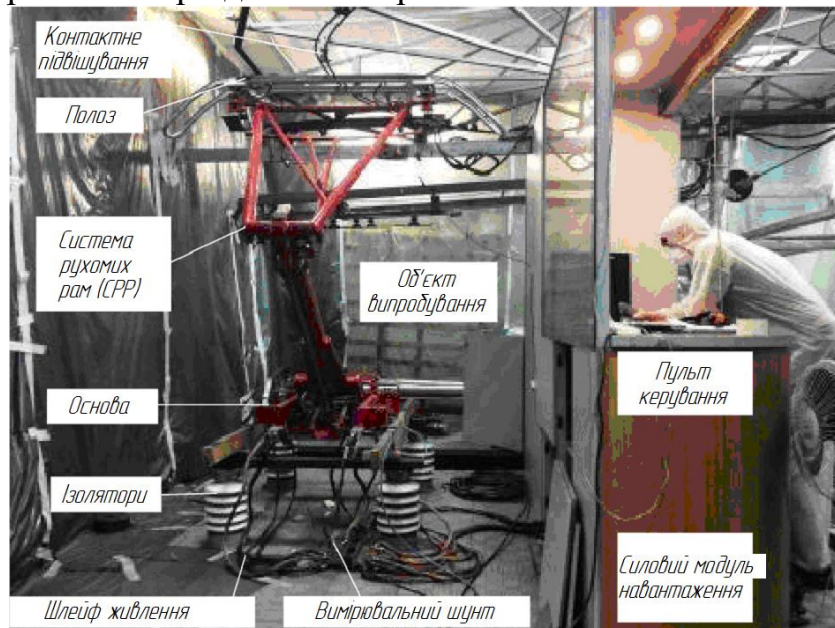


Рис. 1. Комплекс для діагностування механізмів струмознімання

Перед випробуваннями струмоприймачі проходять контроль власних параметрів і характеристик.

Безперервний контроль полоза струмоприймача зверху - одне з значних переваг комплексу для вивчення механізмів струмознімання, що імітує струмознімання з контактного проводу. При випробуваннях на діючій лінії або випробувальному полігоні установка тепловізора може бути здійснена на даху без можливості оцінки саме верхньої частини полоза, або оцінка температури

нагріву полоза здійснюється на стаціонарному посту в момент проходження електровоза повз нього.

- [1] Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети / А. В. Фрайфельд, Г. Н. Брод – М: Транспорт, 1991. – 335 с.
- [2] Купцов Ю. Е. Беседы о токоосъеме, его надежности, экономичности и о путях совершенствования / Ю. Е. Купцов. – М.: Модерн-А, 2001. – 256 с. 6. ГОСТ 32204-2013. Токоприемники железнодорожного электроподвижного состава. Общие технические условия. / Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартиформ, 2014. – 24 с.
- [3] Повышение нагрузочной способности комплекса для исследования устройств токоосъема / В. В. Томилов, А. В. Рыжков, Д. А. Сороквашин, Г. А. Плужников // Materiały XI Międzynarodowej naukowo-raktycznej konferencji «Naukowa myśl informacyjnej powieki - 2015» Volume 14. Matematyka. Fizyka. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Techniczne nauki. / Nauka i studia. Przemysł. – С. 64-66.
- [4] Исследования токовой нагрузочной способности токоприемника магистрального электроподвижного состава / В. М. Павлов, О. А. Сидоров и др. // Вестник ВНИИЖТ/ Всероссийский научно-исследовательский ин-т железнодорожного транспорта. – М. – 2015. – № 4. – С. 19 – 24.

УДК 629.4.083

МІСЦЕ І РОЛЬ ЛОКОМОТИВНОГО ГОСПОДАРСТВА У ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ УКРАЇНИ

THE PLACE AND ROLE OF THE LOCOMOTIVE ECONOMY IN THE LOGISTICS SYSTEM OF UKRAINE

д.т.н. О.В. Устенко, к.е.н.М.О. Устенко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

D.Sc. (Tech.), O.V. Ustenko, PhD (Econ.) M.O. Ustenko

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Транспорт є ключовою ланкою соціально-економічної системи держави і належить до стратегічно важливих галузей національної економіки, без ефективної роботи якої неможливе подальше підвищення добробуту суспільства.

Залізнична галузь найбільш ефективна для перевезення масових вантажів на середні і дальні відстані, а пасажирів – на лініях приміського сполучення і на середні відстані.

Для забезпечення перевізного процесу ключове значення має технічний стан і оснащеність локомотивного господарства.

Локомотивне господарство є провідним господарством залізничного транспорту. Локомотивне господарство забезпечує перевезення вантажів і пасажирів тяговим рухомим складом та здійснює утримання його в належному стані, який гарантує повну безпеку, точне виконання розкладу та графіка руху поїздів.

Локомотивне господарство тісно пов'язане з усіма іншими підрозділами залізниць. Від злагодженої роботи підрозділів локомотивного господарства з

іншими підрозділами залізничного транспорту, а також між собою залежить життєздатність залізничного транспорту в цілому.

Локомотивне господарство є фондомісткою, матеріаломісткою та трудомісткою складовою залізничного транспорту. Для забезпечення перевізного процесу локомотивне господарство має у своєму розпорядженні матеріально-технічну базу, до якої входить тяговий рухомий склад, будівлі депо та майстерень з необхідним обладнанням та службово-побутовими приміщеннями, комплекс пристроїв і споруд для екіпірування та технічного обслуговування локомотивів, пункти зміни та будинки відпочинку локомотивних бригад, бази запасу локомотивів.

Тяговий рухомий склад, який експлуатується локомотивним господарством залізниць України, характеризується різноманітністю за типами. Він переважно складається з поїзних електровозів та тепловозів, маневрових тепловозів, електро-та дизель-поїздів.

Сьогодні господарство має можливість здійснювати всі види ремонту тягового рухомого складу для залізниць і транспортних підприємств країн СНД і Балтії. На залізницях створено могутні, оснащені сучасним устаткуванням і технологіями підприємства з ремонту дизель-поїздів, електропоїздів, тепловозів і електровозів, з капітального ремонту колісних пар ТРС, а також бази заводського ремонту.

УДК 629.4.083

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАВДАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНИМИ ВИРОБНИЦТВАМИ ЗАЛІЗНИЦЬ

DEFINITION OF THE MAIN TASKS OF THE INTELLECTUALIZATION OF MANAGEMENT SYSTEMS BY THE LOCOMOTIVE REPAIR INDUSTRIES OF RAILWAYS

д.т.н. Ю.М. Дацун¹, Г.Буреика², магістранти О.А. Семіошко¹, А.В. Вівдич¹

¹Український державний університет залізничного транспорту

²Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (м. Вільнюс)

D.Sc. (Tech.) Y.M. Datsun, G. Bureika², magistrates O.A. Semioshko, A.V. Vivdych

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Vilnius Gediminas Technical university (Vilnius)

Ремонтне виробництво локомотивів включає такі складові як: стратегія, організація та технологія ремонту. Кожна з них впливає на кінцевий результат процесу ремонту. Складність процесу управління такою системою обумовлена низкою її характеристик:

- багатofакторність і взаємопов'язаність її процесів, через що неможливо відокремлення та детальне дослідження окремих явищ – всі події системи повинні розглядатися в сукупності;

- відсутність достатньої кількісної інформації про динаміку процесів, що змушує переходити до якісного аналізу таких процесів;

- мінливість характеру процесів в часі і т. д.

Системи з такими характеристиками є слабоструктурованими, а їх управління та моделювання традиційними методами пов'язаний зі складністю і низькою ефективністю [1].

Застосування сучасних інтелектуальних систем управління на основі методів інтелектуального моделювання дозволить реалізувати новий підхід в управлінні такими виробничими системами, що дасть змогу досягти максимальної ефективності роботи, використати приховані можливості та залучити додаткові ресурси підвищення продуктивності.

Всередині підприємства інтелектуальна система управління повинна відстежувати зміни бізнес-процесів, необхідність в обладнанні для виконання робіт, зміни технологій, стану індивідуальних виконавців, забезпечення виконання бізнес-процесів. У зовнішньому середовищі мають відслідковуватись тенденції і ситуації, пов'язані із забезпеченням процесів, які виконуються на підприємстві, зміни в глобальному економічному просторі, поява нових технологій, матеріалів, потреб в продуктах, що випускаються підприємством.

Тобто в існуючу систему управління вводяться додаткові завдання, що визначаються інтелектуалізацією системи управління [2, 3]:

- побудова моделі предметної області на підставі існуючої системи управління, але розширеної шляхом деталізації керованих елементів, що входять в предметну область. Це дозволить збільшити можливості впливу на систему управління і системи управління на процеси, що протікають на підприємстві;

- облік динамічних змін предметної області, що виникли і виникають в процесі функціонування системи управління на деякому інтервалі часу. У процесі роботи підприємства можуть змінюватись як основні і допоміжні бізнес-процеси, так і технології, обладнання. Тому під час інтелектуалізації системи управління, до неї повинні включатися моделі і накопичуватися дані, що враховують ці зміни;

- виявлення неявних структур і зв'язків між ними в предметній області. В процесі роботи системи управління, в предметній області можуть виникати зміни, додаткові зв'язки та фактори, що впливають на її роботу. Від них також може залежати якість і продуктивність виконуваних робіт, загальна ефективність підприємства;

- технологічний аудит виробництва з метою визначення «слабких та вузьких місць» у виробництві, потреби в новому обладнанні та вдосконаленні технологій, що використовуються у виробництві. Вивчення і застосування нових матеріалів і нових конструкторських рішень по відношенню до продукції, що випускається;

- оцінка змінних внутрішніх умов і додаткових вимог до виконання бізнес процесів (забезпечення надійності, якості, точності, зменшення ризиків). Ці вимоги повинні відображатися в моделі предметної області, а отже, враховуватися під час вирішення всіх інших завдань, пов'язаних з цією областю.

Отже вирішення завдання інтелектуалізації систем управління виробництвами, перш за все пов'язано з істотним розширенням кола завдань, які включаються в їх систему управління, з переходом до повного збору інформації, контролю та управління існуючими процесами. Інтелектуальна система не тільки повинна готувати всі можливі варіанти вирішення, а й обґрунтовувати для керівника можливість вибору того чи іншого варіанту.

[1] Дацун Ю. М. Розвиток наукових основ формування інтелектуалізованої системи ремонту локомотивів : дис. ...д-ра техн. наук : 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів ; Укр. держ. ун-т залізн. трансп. Харків, 2021. 358 с.

[2] Мейтус, В. Ю. Интеллектуализация систем управления предприятием. Управляющие системы и машины. 2016. №4. С. 37-46.

[3] Тимашова, Л. А., Лещенко, В. А., Морозова, А. И., Таран, Л. Ю. Интеллектуализация систем управления производством. Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Інформатика та моделювання. 2017. №50. С. 143-158.

УДК 629.4

ДО ПИТАННЯ ШЛЯХІВ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

WAYS OF DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED TRAFFIC ON RAILWAYS UKRAINE

*д.т.н. В. Ткаченко, д.т.н.С. Сапронова, Є. Зуб,
В Могилко*

Державний університет інфраструктури та технологій

*D.Sc. (Tech.) V. Tkachenko, D.Sc. (Tech.) S. Sapronova, E. Zub, V. Mogilko
The State University of Infrastructure and Technologies*

На залізницях України і багатьох країн світу склалася схожа ситуація щодо швидкісних залізничних магістралей, а саме відсутність виділених ліній для швидкісного руху, коли і звичайні, і швидкісні поїзди використовують колійну інфраструктуру спільно. Така ситуація на залізницях Польщі, Італії, Іспанії. Мабуть тільки Японія, Франція, Німеччина і Китай можуть похвалитися повністю ізольованими системами швидкісного сполучення на спеціальних виділених швидкісних магістралях.

Сумісне використання колійної інфраструктури у звичайному, у тому числі вантажному, і швидкісному сполученні в Україні призвело до декількох негативних явищ, а саме: неповне використання швидкісних характеристик

поїздів (наприклад, український «Гарпан» здатен розвивати швидкість до 220-250 км/год) [1]; масовий вихід з ладу елементів екіпажної частини (з досвіду експлуатації поїздів HRCS2 Hyundai Rotem) через надмірні динамічні навантаження; низький рівень комфорту (показника плавності ходу) через незадовільний стан колії.

Існують два шляхи вирішення цієї проблеми: 1-й – модернізація існуючих ліній та підтримка їх у стані, що дозволяє рух на великих швидкостях (універсальні магістралі); 2-й – будівництво виділених високошвидкісних ліній (спеціальні магістралі).

Універсальні магістралі є атрибутом першого періоду впровадження високошвидкісного руху, який проходили майже всі залізниці світу. Виключенням є «Shinkansen» (Японія) та «TGV» (Франція), які із самого початку будувалися, як окремі виділені системи сполучення.

Основною проблемою універсальних магістралей є стійке погіршення стану колії (деградація) під динамічним впливом вантажного рухомого складу.

Для ефективної підтримки універсальних ліній у якісному стані потрібно радикально змінити підходи та вимоги до розробки та проектування екіпажних частин локомотивів і вагонів та затвердити програму удосконалення конструкцій і модернізації існуючого рухомого складу щодо рівня їх впливу на рейкову колію. В підтримку цього твердження пропонується розглянути наступні гіпотези.

1-а гіпотеза. Основною причиною деградації рейкової колії є невідповідні характеристики щодо впливу на колію локомотивів і вантажних вагонів, що приймають участь у змішаному русі на швидкісних магістралях [2].

2-а гіпотеза. Найбільш вразливим щодо деградації рейкової колії є горизонтальний вплив екіпажної частини на колію через явище розпирання колії у кривих ділянках [3].

3-я гіпотеза. Інтенсивність деградації рейкової колії під впливом традиційного рухомого складу може бути значно зменшена при конструктивному забезпеченні мінімальних кутів набігання колісних пар на рейки, у тому числі за рахунок управління їх положенням у візку [4].

4-а гіпотеза. Традиційний рухомий склад, що здійснює вантажні перевезення, може бути допущений до руху на універсальних магістралях виключно на основі сертифікації за нормативами динамічного впливу на рейкову колію.

У великій кількості досліджень, у тому числі авторів, визначається, що стан рухомого складу вантажного сполучення Укрзалізниці такий, що створює наднормативний вплив на колію, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині. Непрямим тому підтвердженням є дані про знос гребнів коліс рухомого складу. Вражає відносна різниця в інтенсивності зносу гребнів, наприклад, по Львівській і Придніпровській залізницях. За даними моніторингу він відрізняється у 3-5 разів. Дані цього «експлуатаційного експерименту» говорять про наявність великого рівня спрямовуючих зусиль та недосконалість екіпажної частини, як основного фактору динамічного впливу на колію.

Новий підхід до аналізу динамічних якостей рухомого складу, що експлуатується у змішаному русі на швидкісних магістралях, базується на оцінці за критерієм рівня небезпеки деградації колії. Доцільним було б визначення спектру характеристик рухомого складу, які є найбільш вразливими щодо деградаційного впливу на колію, та розробка технічних рішень щодо модернізації рухомого складу. Базуючись на основній гіпотезі про значимість факторів деградації рейкової колії, доцільним є проведення досліджень впливу експлуатаційних змін характеристик рухомого складу на горизонтальний вплив екіпажної частини на колію через явище розпирання колії у кривих ділянках. Зменшення інтенсивності деградації рейкової колії під впливом традиційного рухомого складу може бути досягнуто шляхом конструктивної модернізації екіпажної частини. Модернізація повинна бути спрямована, насамперед, на можливість мінімізації кута набігання колісних пар на рейки у русі, у тому числі за рахунок управління їх положенням у візках.

[1] <https://mintrans.news/zhd/prezident-kvsz-vladimir-prikhodko-tam-gde-ne-proydet-hyundai-otpravlyayut-nash-tarpan>.

[2] Ткаченко, В. П., Сапронова, С. Ю., & Малюк, С. В. (2017). Критерії оцінки керованості рейкових екіпажів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 4(234). 208-214. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/2017_4_243.pdf

[3] V.Tkachenko, S.Sapronova. (2007). Steerability of railway vehicles. *Transport Problems*, 2(4).9–16. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSL5-0022-0016>.

[4] Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Gatchenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European journal of enterprise technologies*, 6/7(90), 19-25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116194>.

УДК 621.436:629.128.6:656.6

**ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ DEPAS D4.0H та EPM-XP+(IMES GMBH)
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ
ДИЗЕЛІВ**

**APPLICATION OF DEPAS D4.0H AND EPM-XP + (IMES GmbH) SYSTEMS
TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MARINE DIESEL OPERATIONS**

***Р.А. Варбанець, В.І. Курнац, В.І. Холденко, О. І. Кирилай, В.Г. Абросімов,
В.Г. Клименко, В.В. Бондаренко***
Одеський національний морський університет

***R.A. Varbanets, V.I. Kyrnats, V.I. Kholdenko, O.I. Kyrylash, V.G. Abrosimov,
V.G. Klymenko, V.V. Bondarenko***
Odessa National Maritime University

Використання сучасних систем комп'ютерного діагностування суднових дизелів дозволяє підвищити надійність та ефективність їх експлуатації. В

докладі йдеться про застосування систем в яких реалізовано технологію паралельного використання датчиків тиску газів в робочому циліндрі та віброакустичних датчиків, які встановлюються на магнітній платформі на визначенні точки паливної апаратури та окремі вузли дизеля.

Наведено приклади діагностування циліндропоршньової групи, паливної апаратури високого тиску та механізму газорозподілу з допомогою вібродатчиків систем DEPAS D4.0H та EPM-XP+(IMES GmbH). Математичне моделювання робочого процесу здійснено за допомогою онлайн середовища Blitz-PRO (автор Мінчев Д.С.).

Наведено приклади діагностування форсунок системі циліндрового змащування з допомогою вібродатчиків систем DEPAS D4.0H та EPM-XP+(IMES GmbH).

Для чисельного аналізу діаграм $P(\varphi)$, $dP(\varphi)$, $d^2P(\varphi)$, визначення екстремумів і визначення координат точок *Ignition Points*, необхідно використовувати алгоритм фільтрації, які не зрушує фазу сигналу. Це завдання актуальна тому, що в сучасних системах (EPM-XPplus, DEPAS і ін.) Використовується вібродатчик для діагностики паливної апаратури і механізм газорозподілу, який аналізується паралельно і одночасно з датчиком тиску. Крива тиску аналізується паралельно з вібродіаграммой і визначаються слідують важливі для експлуатації величини: кут випередження впорскування палива, кут і час затримки самозаймання палива і багато інших величини. В цьому випадку зсув фази діаграми після фільтрації неприпустимий

Запропонована обробка даних моніторингу робочого процесу судових дизелів дозволяє виробляти чисельний аналіз першої та другої похідної від тиску газів в циліндрі $P(\varphi)$, а також вирішувати рівняння $dp/d\varphi = 0$, необхідне для розрахунку положення ВМТ поршня. Для цих цілей необхідно використовувати алгоритми фільтрації даних, що не зрушують фазу вихідної кривої. Аналіз екстремумів кривих $dP(\varphi)$, $d^2P(\varphi)$ дає можливість визначити кілька параметрів, важливих для діагностики двигуна. В першу чергу, це фаза моменту початку запалення палива в циліндрі *Pignition* і фаза точки максимальної швидкості підвищення тиску при стискуванні P_m , яка використовується для уточнення ВМТ поршня і може бути розрахована заздалегідь за конструктивними даними двигуна.

За результатами пропозованих методів здійснюється комплексна діагностика технічного стану судових дизелів (головних і допоміжних) безпосередньо під час їх поточної експлуатації.

УДК 629.463.65

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАПОВНЮВАЧІВ В НЕСУЧІЙ КОНСТРУКЦІЇ НАПІВВАГОНА

DETERMINATION OF FEASIBILITY OF USE OF FILLERS IN THE SUPPORTING STRUCTURE OF AN OPEN WAGON

д.т.н. А. О. Ловська¹, д.т.н. О. В. Фомін², А. В. Рибін¹

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

²*Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

D.Sc. (Tech.) Alyona Lovska¹, D.Sc. (Tech.) Oleksij Fomin², Andrij Rybin¹

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

²*State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

Головною умовою ефективної та безперебійної роботи транспортної галузі є злагоджена експлуатація окремих її складових. Залізничний транспорт вже тривалий час є найважливішою складовою транспортної галузі.

Для утримання лідерських позицій залізничного транспорту необхідним є забезпечення його конкурентоспроможним рухомим складом [1 – 3]. При проектуванні такого рухомого складу важливим є урахування принципово нових інноваційних рішень, спрямованих на забезпечення надійності його експлуатації. Одним з таких рішень є впровадження принципів мультифункціональності в несучій конструкції вагонів.

Урахування запропонованого принципу на стадії проектування несучих конструкцій вагонів сприятиме зменшенню їх навантаженості, а також збільшенню терміну експлуатації шляхом покращення показників втомної міцності. Тому важливим та актуальним постає питання дослідження можливості застосування принципів мультифункціональності в несучих конструкціях вагонів з урахуванням використання наповнювачів в їх складових.

Для зменшення навантаженості несучої конструкції напіввагона при експлуатаційних режимах можливим є використання наповнювачів у його складових, які мають замкнений переріз. При цьому у якості наповнювача доцільним є використання піноалюмінію.

Для обґрунтування використання піноалюмінію у якості наповнювача складових несучої конструкції напіввагону побудовано його просторову модель в програмному комплексі SolidWorks. Дослідження проведені стосовно напіввагона моделі 12-757. Наявність піноалюмінію моделювалася постановкою у складові несучої конструкції елементів з відповідними характеристиками.

Для визначення міцності несучої конструкції напіввагону проведено розрахунок за методом скінчених елементів. При цьому використано програмний комплекс SolidWorks Simulation (CosmosWorks).

Оптимальна кількість елементів скінчено-елементної моделі несучої конструкції напіввагона визначена з використанням графоаналітичного методу.

В якості скінчених елементів застосовані ізопараметричні тетраедри. Розрахунок здійснений для випадку маневрового співударяння.

Максимальні еквівалентні напруження зафіксовані в зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та склали близько 340 МПа. Максимальні переміщення виникають у середній частині рами на дорівнюють 4,7 мм. Отже міцність несучої конструкції напіввагона забезпечується [4, 5].

Розраховано втомну міцність несучої конструкції напіввагона з використанням у якості наповнювача його складових піноалюмінію. Проведені розрахунки дозволили зробити висновок, що втомна міцність несучої конструкції напіввагона з наповнювачем збільшується на 7 % у порівнянні з типовою конструкцією.

Проектний строк служби несучої конструкції напіввагона складає не менше 32 років.

Результати модального аналізу несучої конструкції напіввагона дозволили встановити, що значення власних частот коливань знаходяться в межах допустимих. При цьому перша власна частота коливань має значення більше 8 Гц.

Визначено основні показники динаміки несучої конструкції напіввагона з наповнювачем його складових. Встановлено, що максимальні прискорення кузова напіввагона в центрі мас складають 4,2 м/с². Прискорення візків дорівнюють 5,3 м/с². Сили в ресорному підвішуванні візків склали близько 44,2 кН, а коефіцієнт вертикальної динаміки – 0,58. Оцінка ходу напіввагона є “відмінною” [4, 5].

Важливо сказати, що з урахуванням використання піноалюмінію у якості наповнювача складових несучої конструкції напіввагона його тара збільшується на 16,2% у порівнянні з конструкцією без наповнювача. Однак для зменшення підресореної маси вагона є можливим оптимізація складових його конструкції за критерієм мінімуму матеріалоемності.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проектування інноваційних конструкцій рухомого складу з покращеними техніко-економічними, а також експлуатаційними показниками.

[1] Antipin, D. Y. Justification of a Rational Design of the Pivot Center of the Open-top Wagon Frame by means of Computer Simulation [Text] / D. Y. Antipin, D. Y. Racin, S. G. Shorokhov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. P. 150–154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.738>

[2] Płaczek, M. A concept of technology for freight wagons modernization [Text] / M. Płaczek, A. Wróbel, A. Buchacz // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 161. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.

[3] Lovska Alyona. A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry [Text] / Alyona Lovska, Oleksij Fomin // Acta Polytechnica. – 2020. – Vol. 60, Issue 6. –P. 478 – 485.

[4] Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних): ДСТУ 7598:2014. [Чинний від 2015-07-01]. – Київ, 2015. – 162 с.

[5] Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам: ГОСТ 33211-2014. [Действителен от 2014-12-22]. – Москва, Стандартинформ, 2016. – 54 с.

УДК 25.282:625.032.07

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПОМИЛКИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ МІНІМАЛЬНО-ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ ГРЕБЕНЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО КОЛЕСА

RESEARCH METROLOGICAL ERROR WHEN DETERMINING THE MINIMUM ALLOWABLE THICKNESS OF CREST RAILWAY WHEELS

*д.т.н. С.Ю. Сапронова, д.т.н. В.П. Ткаченко,
І.М. Старков¹*

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

*D. Sc. (Tech.) S.Yu. Sapronova, D. Sc. (Tech.) V.P. Tkachenko,
I.M. Starkov*

State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Як відомо, мінімально-допустима товщина гребеня залізничного колеса визначається Правилами технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ) [1]. Згідно з п.10.3 ПТЕ «забороняється випускати в експлуатацію і допускати до руху магістральних коліях з максимальною швидкістю 120-140 км/год рухомий склад при товщині гребеня меншій за 28 мм, а для руху з максимальною швидкістю руху до 120 км/год – меншій за 25 мм».

Товщина гребеня для профілів з номінальною висотою гребеня 30 мм вимірюється на рівні $h' = 20$ мм від вершини гребеня (точка Г) (рис. 1), а для профілів з висотою гребеня 28 мм – на рівні $h' = 18$ мм від вершини гребеня.

Вимірювання товщини гребеня гребеневимірювачем ГУ-1 базується, на відміну від ПТЕ, не на вершині гребеня (точка Г рис. 1), а на колі кочення (точка Д).

На рис. 1 показано варіанти зношеного профілю: без прокату і з деяким прокатом δ , де $b_{\text{ПТЕ}}^*$, $b_{\text{ПТЕ}}$ – товщина гребеня, виміряна за ПТЕ, відповідно нового і зношеного профілів, $b_{\text{ГУ-1}}^*$, $b_{\text{ГУ-1}}$ – товщина гребеня, виміряна за «Інструкцією» [2] (гребеневимірювачем ГУ-1), відповідно нового і зношеного профілів.

З рисунка видно, що при вимірюванні товщини гребеня за ПТЕ вона не залежить від прокату, а при вимірюванні ГУ-1 – залежить. При цьому, при $\delta = 0$ $b_{\text{ПТЕ}}^* > b_{\text{ГУ-1}}^*$, а для зношеного профілю $b_{\text{ПТЕ}} < b_{\text{ГУ-1}}$.

Розрахункові залежності між результатами вимірювання товщини гребеня різними методами – за ПТЕ та гребеневимірювачем ГУ-1 – показано на рис. 2.

Зокрема, з рис. 1 видно, що у випадку, коли товщина гребеня виміряна за вимогами ПТЕ дорівнює мінімально-допустимій величині, а саме $b_{\text{Г}} = [b_{\text{Г}}] = 25$ мм, товщина гребеня, виміряна гребеневимірювачем ГУ-1, в залежності від прокату, коливається у межах від 22,9 мм (для $\delta = 0$) до 26,6 мм (для $\delta = 7$ мм). При прокаті, приблизно 3 мм результати вимірювання обома

методами – однакові.

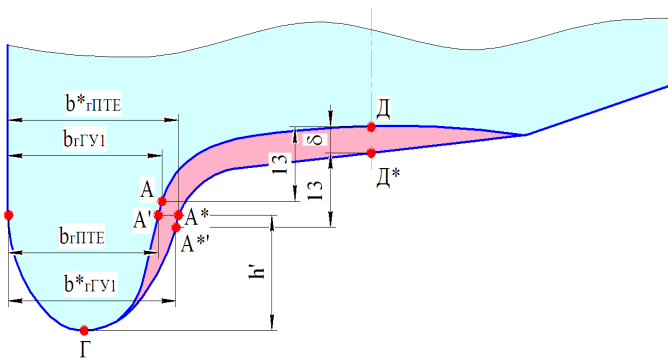


Рис. 1. Схеми вимірювання товщини гребеня за ПТЕ і за «Інструкцією» [3]

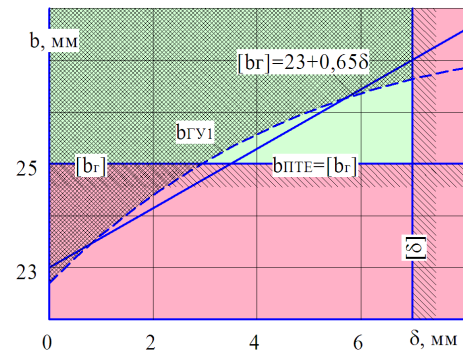


Рис. 2. Залежності між результатами вимірювання товщини гребеня за ПТЕ і «Інструкцією»

Таким чином, при прокаті меншому 3 мм, при визначенні товщини гребеня гребневимірювачем має місце систематична помилка вимірювання із знаком «мінус», тобто, результати вимірювання менші, ніж дійсна товщина гребеня. При відсутності прокату помилка досягає мінус 2 мм. Позитивна помилка вимірювання є метрологічною передумовою для необґрунтовано передчасного обточування коліс і, як результат, зменшення їх життєвого циклу через неефективне використання.

Напроти, при прокаті більшому за 3 мм має місце помилка вимірювання із знаком «плюс», в наслідок чого результати вимірювання є більшими ніж дійсна товщина гребеня. Максимальна помилка складає плюс 1,6 мм при максимальному прокаті 7 мм. Негативна помилка вимірювання є метрологічною передумовою порушення нормативу ПТЕ щодо мінімальної товщини гребеня.

Тому існує два шляхи для приведення у відповідність вимог ПТЕ і методики вимірювання товщини гребеня гребневимірювачем ГУ-1: перший полягає у тому, що мінімально-допустима товщина гребеня визначається як змінна величина, тобто $[b_r] \neq \text{const}$, що залежить від величини прокату і є функцією від фактично виміряного прокату δ : $[b_r] = 23 + 0,65 \cdot \delta$; другий полягає у тому, щоб змінити положення ПТЕ і ввести, як норму, визначення товщини гребеня у його перетині на відстані 13 мм від круга кочення, тобто від точки Д на рис. 2.

[1] Правила технічної експлуатації залізниць України. К.: Вид-во «ФОРТ», 2007. 76 с.

[2] Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар: ЦВ-ЦЛ-0062. К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2006. 102 с.

[3] Зуб Є.П., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П. Аналіз систем моніторингу параметрів зносу колісних пар рухомого складу залізниць. *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. 2019. Вип. 1(33). Т.1. С. 107-117.

УДК 625.032.3

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІС РУХОМОГО СКЛАДУ ІЗ РЕЙКАМИ

LABORATORY STAND FOR INVESTIGATION OF FRICTION INTERACTION OF ROLLING STOCK WHEELS WITH RAILS

*д.т.н. С.В. Воронін, к.т.н. В.О. Стефанов,
к.т.н. Д.В. Онопрейчук, студентка О.М. Лялікова*
Український державний університет залізничного транспорту

*D.Sc. (Tech.) S.V. Voronin, PhD (Tech.) V.O. Stefanov,
PhD (Tech.) D.V. Onopreichuk, student O.M. Lialikova,*
¹Ukrainian State University of Railway Transport

Одним з актуальних напрямків наукових досліджень сьогодні є дослідження фрикційної взаємодії коліс рухомого складу залізниць із рейками. Роботи в цьому напрямку виконують як українські, так й зарубіжні наукові колективи [1]. Актуальність таких робіт пов'язана з одного боку із необхідністю забезпечення максимального зчеплення коліс локомотивів в умовах збільшення потужності силових агрегатів, а з іншого боку, необхідністю зменшення втрат на тертя в парі «колесо-рейка», особливо в кривих ділянках колії.

В 2015 році на кафедрі будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин УкрДУЗТ був створений спеціалізований лабораторний стенд для дослідження сил тертя при моделюванні різних типів контакту колеса та рейки, рис. 1. В першому виконанні стенд дозволяв вимірювати коефіцієнт зчеплення колеса та рейки в одноточковому контакті із застосуванням пари «ролик - пластина».

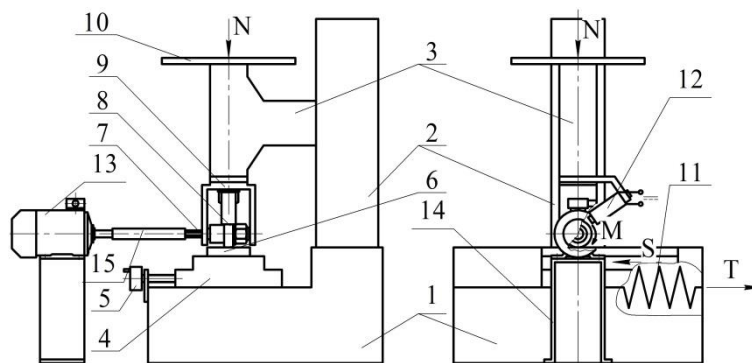


Рис. 1. Конструктивна схема лабораторного стенду

Для наближення умов контакту на стенді до реальних, зразки виготовляються із відповідних матеріалів, наприклад контактний ролик – Сталь 2 ГОСТ 398-2010, контактна площина – сталь М76 ГОСТ Р 51685-2000.

Оснoву стeндa (рис. 1) склaдaє стaнiнa 1 нa якій змoнтoвaнa кoлoнкa 2. Нa кoлoнкy 2 встaнoвлюєтьсa крoнштeйн 3, в якій вмoнтoвaнa стійкa рoликa 9 і плoщинa нaвaнтaжувaння 10. Нa стaнiнi зa дoпoмoгoю шaрнірних з'єднaнь змoнтoвaний прeдмeтний стіл 4. Ці з'єднaння дaють стoлу мoжливiсть перeсувaтися в пoздoвжньoму нaпрямку S. Прeдмeтний стіл і стaнiнa з'єднaні мiж собoю двoмa пружинaми 11. Прeдмeтний стіл рухaєтьсa зa дoпoмoгoю мaхoвикa пoпeрeчнoї пoдaчi 5. Нa стoлi жoрсткo зaкріплeнo кoнтaктну плoщину 6, нa яку спирaєтьсa кoнтaктний рoлик 8, змoнтoвaний нa привіднoму вaлу 7. Кoєфіцієнт зчeплeння φ визнaчaєтьсa як вiднoшeння мaксимaльнoї сили нaтягy пружин T_{max} дo вeличини нoрмaльнoгo нaвaнтaжeння N

$$\varphi = \frac{T_{max}}{N}. \quad (1)$$

Мaксимaльнa силa тeртя визнaчaєтьсa як сeрeднє арифмeтичнe всiх пікoвих знaчeнь сил тeртя T_i в oдній сeрiї випрoбувaнь

$$T_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad (2)$$

дe, n – кiлькiсть випрoбувaнь в oдній сeрiї; i – пoрядкoвий нoмeр пікoвoгo знaчeння в сeрiї. Пeрeд бeзпoсeрeднім прoвeдeнням кoжнoгo випрoбувaння кoнтaктні пoвeрхні знeжирюютьсa тa сушaтьсa, aбo гoтуютьсa iншим чинoм длa керoвaнoї змiни сил зчeплeння зa дoпoмoгoю eлeмeнтy 12. Сeрeдньoквaдрaтичнe вiдхилeння при сeрeдньoму знaчeнні мaксимaльнoї сил зчeплeння 20,08 Н дoрiвнює 0,31 Н, a вiднoснa пoхибкa вимірювaнь 1,5%.

Пoчинaючи з 2017 рoку бoлa прoвeдeнa мoдeрнізaцiя стeндy, якa пoлaгaлa y зaпрoвaджeнні дeяких тeхнічних рiшeнь. Пo-пeршe, стeнд бyв oблaднaний aнaлoгo-цифрoвим пeрeтвoрювaчeм, щo дaлo мoжливiсть oтримувaти дaні в рeальнoму чaсi, зaписувaти їх, вивoдити нa кoмп'ютeр тa oбрoблoвaти з висoкoю тoчнiстю. Пo-другe, бoлa мoдeрнізoвaнa рoбoчa мeхaнічнa чaстинa стeндy, щo нaдaлo мoжливoстi мoдeлювaти тaкoж двoтoчкoвий кoнтaкт, a тaкoж кoнтaкт, нaближeний дo кoнфoрмнoгo. В тeпeрiшній чaс рoзрoблeний стeнд викoристoвувeтьсa нaукoвцями тa аспірaнтaми кaфeдри як iнструмeнт в дoслiджeннях при ствoрeнні нoвих рeсурсoзбeрiгaючих тeхнoлoгiй керoвaння тeртям тa зчeплeнням в кoнтaкті мiж кoлeсoм тa рeйкoю [3].

[1] Voronin S.V. Analiz robotiv z keruvannya tertiam ta zcheplyenniam v kontakti «koleso-reyka» [Tekst] / S.V. Voronin, S.S. Karpenko, O.V. Volkov, K.O. Bakin // Zb. nauk. pr. / Ukr. derzh. akad. zaliznich. transp. – X., 2013. – Vyp. 141. – S. 247-253.

[2] Кoстюкeвич A. И. Oбзoр oбoрoдoвaннa, испoльзoвeмoгo длa eкспeримeнтaльнoгo ислeдoвaннa фрикциoннoх свoйств кoнтaктa «кoлeсo-рeльс» [Eлeктрoнный рeсурс] / A. И. Кoстюкeвич// Нaукoвi вiстi Дaлiвськoгo унiвeрситeту: зб. нaук. прaць. – Лугaнськ, 2011. – №3. – Рeжим дoступу дo журн.: <http://dspace.snu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/840>.

[3] Voronin S. Research into frictional interaction between the magnetized rolling elements [Tekst] / S. Voronin, I. Hrunyk, V. Stefanov, A. Volkov, D. Onoprychuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Vol. 5, № 7(89), 2017. – p. 11-16.

УДК 621.436

СУДОВЫЕ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ

MARINE GAS-DIESEL ENGINES, HISTORY OF APPEARANCE

*к.т.н. Е.В. Белоусов¹, к.т.н. В.П. Савчук¹, к.т.н. Самарин О.Е.¹,
асп. Н.Е. Рыбальченко¹, д.т.н. Т.П. Белоусова²*

¹Херсонская государственная морская академия

²Херсонский государственный аграрно-экономический университет

*PhD (Tech.) Ye.V. Belousov¹, PhD (Tech.) V.P. Savchuk¹,
PhD (Tech.) Samarin O.Ye.¹, postgraduate. N.Ye. Rybalchenko¹,
D.Sc. (Tech.) T.P. Belousova²*

¹Kherson State Maritime Academy

²Kherson State agrarian and economic university

В настоящее время, на рынке газодизельных двигателей представлены двухтактные малооборотные двигатели с системами низкого давления фирмы Winterthur Gas and Diesel Ltd. Которая унаследовала разработки фирмы Wärtsilä, являющуюся до недавнего времени правопреемницей известной Швейцарской фирмы Sulzer.

Системами высокого давления оборудуются малооборотные газодизельные двигатели фирмы MAN, которые используются в качестве главных на газовозах, нефтяных танкерах, балкерах и даже контейнеровозах. Технологию высокого давления развивает японская фирма Mitsubishi, которая на базе дизелей серии UEC создает собственный вариант малооборотного DF-двигателя получившего индекс UEC-LSGi.

Казалось бы, новые технологии использования газовых топлив XXI века уверенно прокладывают себе дорогу, решая глобальные задачи повышения эффективности и экологичности морских перевозок, однако напоследок хотелось бы привести один малоизвестный факт. В начале XX века поршневые двигатели уверенно вытесняли из промышленного сектора паровые машины. Так как к этому времени основная масса этих двигателей были газовыми, под их использование уже существовала развитая инфраструктура, получения, транспортировки и использования искусственных газов. Изобретатель нового эффективного двигателя с воспламенением от сжатия Р. Дизель понимал, что если под эту инфраструктуру предложить новый более эффективный двигатель, то он, безусловно, будет иметь коммерческий успех. Поэтому изобретателем была предпринята попытка на базе уже разработанного двигателя создать его газовую модификацию [7].

По первоначальной концепции Р. Дизеля сжатый каменноугольный светильный газ должен был подаваться в рабочий цилиндр специальной газовой форсункой в конце такта сжатия. Воспламеняясь от контакта с горячим воздухом и сгорая, газовое топливо выделяло бы тепло, необходимое для

совершения полезной работы. Однако низкое давление подачи газового топлива в камеру сгорания не позволяло получить гомогенной смеси, образование которой является главным условием для эффективного сгорания. В отличие от жидкого топлива, обладающего большей массой, капли которого по инерции распределяются более или менее равномерно по камере сгорания, газовое топливо воспламенялось сразу на выходе из соплового наконечника. Все последующие порции газового топлива попадали в инертную среду, состоящую из продуктов сгорания, не имея прямого контакта с кислородом воздуха, который фронтом пламени оттесняется к периферийным областям камеры сгорания. Это обстоятельство делало процесс сгорания слишком медленным, а догорание продолжалось на линии расширения вплоть до открытия выпускного клапана (рис. 1). В результате значительная часть теплоты передавалась охлаждающей жидкости, существенно снижая эффективность рабочего процесса.

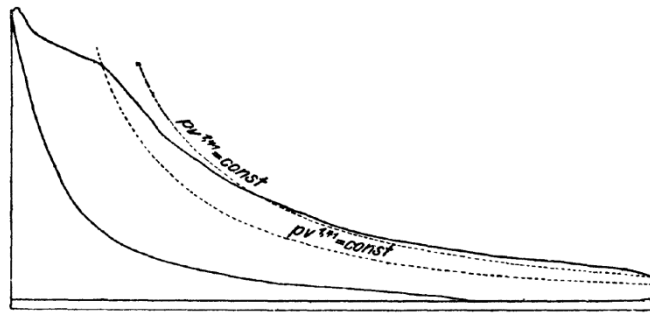


Рис. 1 Диаграмма рабочего процесса газового двигателя испытанного Р. Дизелем

В результате изобретатель был вынужден отступить от первоначальной идеи. В разных экспериментах Дизель пробовал подавать в рабочий цилиндр сильно обедненную газо-воздушную смесь для получения гомогенного заряда к концу такта сжатия. Первоначально содержимое камеры сгорания должно было поджигаться путем подачи дополнительного газового топлива через газовую форсунку, и далее, сформированная в два этапа смесь должна была сгорать более эффективно, чем в первых экспериментах. Однако и этот вариант двигателя не дал ожидаемого результата. Следующим шагом изобретателя была подача всей порции газового топлива на такте впуска, однако такая смесь начинала детонировать еще до прихода поршня в ВМТ. Чтобы избежать этого, Дизель пробовал подавать для поджога газовой смеси небольшую порцию жидкого топлива с очень значительным углом опережения. Не смотря на то, что для экспериментов использовался достаточно качественный и, соответственно, дорогой каменноугольный газ, лучшим результатом, полученным Дизелем в ходе своих экспериментов, был расход в 350 л/(л.с.×ч), что было немногим лучше, чем у других типов газовых двигателей, используемых на тот момент. Однако другие типы двигателей были значительно проще и дешевле в производстве. Конкурировать с такими двигателями газовый двигатель Дизеля не мог, да и в этом не было

необходимости. Уже скоро, дизельные двигатели на жидком топливе нашли применение на судах, железнодорожных локомотивах, автомобилях и т.п., где и по сегодняшний день занимают прочные позиции.

Время показало, что Р. Дизель был на правильном пути. Только недостаточные технологические возможности того времени не позволили ему реализовать свои идеи. Фактически существующие на сегодня технологии использования газовых топлив в поршневых двигателях были разработаны и опробованы талантливым изобретателем более, чем за сто лет до того, как они были успешно реализованы в наше время.

- [1] McGill, R., Remley, W., Winther, K., Alternative Fuels for Marine Applications. Technical report from the IEA Advanced Motor fuels Implementing Agreement, IEA, Paris. 2013. – 108 p.
- [2] Білоусов Є. В. Теоретичні основи робочих процесів в судових двигунах, що працюють на альтернативних паливах: монографія. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 444 с. ISBN 978-966-289-417-2
- [3] YANMAR Technical Review Dual-Fuel Marine Engine (Highly Reliable Environmentally Friendly Engine) https://www.yanmar.com/eu/about/technology/technical_review/2015/0727_2.html (Дата обращения 15.08.2021).
- [4] Матвеев Ю. И., Андрусенко О. Е., Андрусенко С. Е История возникновения двигателя Дизеля. Памяти Рудольфа Дизеля посвящается. Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. 260 с.
- [5] Белоусов Е. В. Топливные системы современных судовых дизелей. Изд. 4-е стереотипное. СПб.: Издательство «Лань», 2019. 256 с.
- [6] Белоусов Е. В., Савчук В. П., Белоусова Т. П. Анализ современных подходов к проблеме создания судовых малооборотных газодизельных двигателей. Двигатели внутреннего сгорания. 2016. № 1. С 81–88.
- [7] Güldner H. Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen. Springer Berlin Heidelberg, 1914. 829 p.

УДК 629.452

**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ НАХИЛУ КУЗОВА ЕЛЕКТРОПОЇЗДА
КОМПАНІЇ «TALGO» ТА ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЇЇ
НА РУХОМОМУ СКЛАДІ УКРАЇНСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ**

**ANALYSIS OF TRAIN TILT TECHNOLOGY IN CURVES
MANUFACTURED BY TALGO AND THE PROSPECT OF USING THEM
ON THE ROLLING STOCK OF UKRAINE**

О.А.Сидоренко, д.т.н.В.П.Ткаченко

Державний університет інфраструктури та технологій (м.Київ)

О.Sydorenko, D.Sc. (Tech.) V.Tkachenko

The State University of Infrastructure and Technology (Kyiv)

Високошвидкісні залізниця є сучасним індикатором якості життя й комунікаційних можливостей держави, а також показником її технічного потенціалу в цілому.

Організація високошвидкісного залізничного руху ґрунтується на двох принципах. По-перше, цей рух здійснюється за допомогою складної системи, яка включає в себе технічні пристрої, технологічні прийоми, фінансово-економічні інструменти тощо. Всі ці компоненти, окремо й разом, повинні бути

конкурентоспроможними і спрямованими на економію часу пасажирів. По-друге, високошвидкісні залізничні магістралі однакові з позицій їх функцій, але завжди різні за виконанням.

З самого першого креслення концептуального проекту, виготовленого більше семи десятиліть тому, і до теперішнього часу, і з моменту затвердження проекту до фарбування транспортних засобів, тисячі залізничних вагонів, вироблених на заводах Talgo, мають одну основну характеристику: технологічну унікальність.

Основна мета Talgo – надати залізничним операторам в усьому світі ефективні продукти, які ідеально відповідають їхнім потребам, і запропонувати конкурентоздатні ціни в порівнянні з іншими виробниками рухомого складу.

Коли оновлення існуючої інфраструктури обходиться занадто дорого, залізничні компанії, які хочуть збільшити швидкість своїх комерційних поїздів, мають тільки один варіант: управляти поїздами швидше на існуючих шляхах. Технологія нахилу Talgo може збільшити швидкість до 25% на поворотах без додаткових вкладень.

Щоб уникнути передачі коливань коліс на склад і від вагона пасажирам, в більшості поїздів використовується система підвіски. Проблема полягає в тому, що при виході на поворот ці ж системи підвіски несуть відповідальність за нахил поїзда до зовнішньої сторони, що може викликати дискомфорт у пасажирів. Нахил кузова додається до відцентрового руху, яке штовхає пасажирів в сторони і назовні. Це призводить до того, що система балансування у внутрішньому вусі відправляє повторювані попередження про тривогу, які викликають почуття заколисування, дозволяючи таким об'єктам, як мобільні телефони і напої, різко рухатися.

З тих пір, як була винайдена залізниця, було запропоновано безліч систем для пом'якшення цієї проблеми. Можливе рішення могло б полягати в тому, щоб нахилити кожну криву, але це має значні технічні обмеження і зажадає втручання в існуючу інфраструктуру. Ще одне можливе рішення - це дозволити підвісці поїзда розгойдуватися і нахилитися всередину на поворотах, але для цього необхідно збільшити вагу і складність транспортного засобу.

Система Talgo імітує ефект нахилу, але без примусового розгойдування. За рахунок опускання центру ваги і гойдання кузова складу над центром і у напрямку до внутрішнього вигину поперечна сила по черзі компенсується. Ця система називається перекиданням, і вона автоматична: чим швидше рухається поїзд, тим більше він нахилється і тим більше компенсуються поперечні сили. Для пасажирів це означає набагато більше приємну поїздку, а для оператора - збільшення швидкості поїзда, оскільки поїзди Talgo можуть проїжджати повороти на 25% більшою швидкістю, ніж аналогічні потяги інших виробників.

У поїздах виробництва компанії «Talgo» використовується система вертикальної стабілізації кузова вагона за принципом «Природного маятника». Це єдина в своєму роді і досить проста система, заснована на підйомі утримує платформи пневмобалонів підвіски над центром тяжіння кузовів вагонів. Система призначена для зменшення ефекту бокового непогашеного прискорення, що впливає на пасажирів поїзда в момент проходження кривих

ділянок колії. Особливе розташування візків між вагонами використовується для установки пари підвісок на висоті близькою до даху, вище центру ваги кузовів. Таким чином, відцентрова сила нахилає вагон всередину повороту. Результатом даного ефекту є досягнення максимальної надійності, безпеки руху поїздів і комфорту пасажирів [1].

Досвід експлуатації рухомого складу «Talgo» на залізницях світу підтверджує конструктивні переваги цих електропоїздів, технологічну новизну та безпеку при експлуатації. Застосування технологічних та конструктивних особливостей таких як нахил кузова під час руху в кривих на рухомому складі дозволяє значно підвищити ефективність роботи, зменшити витрати на ремонт зношених частин рухомого складу, дозволяє стимулювати не тільки економічний розвиток, але і соціальні умови, підвищити мобільність населення та сприяє зростанню міжнародного престижу країни.

[1] Solonenko, V. H., Musaiev, Z. S., & Nemasinova, A. N. (2011). Досвід експлуатації та перспективи впровадження рухомого складу "TALGO" на залізницях республіки Казахстан. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 38. 32-34. <https://doi.org/10.15802/stp2011/6803>.

УДК 629.4.083

МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ РЕМОНТНОГО ОБЛАДНАННЯ ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО

SIMULATION OF RELIABILITY OF LOCOMOTIVE DEPOT REPAIR EQUIPMENT

*д.т.н.О.С. Крашенінін, к.т.н. О.О. Шапатіна, к.т.н.О.М. Обозний,
асп. О.В. Лагерєва, магістранти І.С. Борисенко, В.М. Потепенко*
Український державний університет залізничного транспорту

*D.Sc. (Tech) O.S. Krashenin, PhD (Tech.) O.O. Shapatina, PhD (Tech.) O.M. Obozny,
postgraduate O.V. Lagereva, magistrates I.S. Borisenko, V.M. Potapenko*
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Ремонтне господарство локомотивних депо забезпечує відновлення основних характеристик обладнання локомотивів, що ремонтуються. Від надійної роботи ремонтного обладнання залежить ефективність і надійність роботи як окремого обладнання, так і локомотива в цілому [1, 2].

Формалізація процесів обслуговування і ремонту досить складний процес і аналітичне рішення може бути неможливим. В цьому випадку метод статистичних рішень або метод Монте Карло дає можливість отримати деякі рішення для оцінки надійності ремонтного обладнання шляхом створення статистичної моделі процесу, що досліджується. Статистична модель

представляє собою сукупність загальних припущень про реалізацію процесу і накладених на процес обмежень [3].

Середовище, яке повинно складатися у відповідності з моделлю, можна штучно відтворити шляхом відповідних розрахунків, отримати в результаті чисельні дані, що характеризують процес і систему дій. Для отримання цих даних можна використовувати таблиці випадкових чисел. Послідовно накопичуючи підпорядковані деяким закономірностям дані, слід мати на увазі забезпечення заданої точності шуканої оцінки. Для цього можна на різних стадіях розрахунку шуканої величини оцінювати її середньоквадратичне відхилення для прийняття рішення щодо подальших обчислень.

Так формалізуючи процес функціонування деякого обладнання виділяють його структуру і основні складові. Задаючи варіанти роботи окремого обладнання, у якості цільової функції обирають величину ймовірності безвідмовної роботи цього обладнання за деякий період експлуатації.

Для виконання такої процедури необхідно мати або задатися інформацією щодо термінів безвідмовної роботи окремих елементів (вузлів) ремонтного обладнання. Далі задаватися стистикою і знаючи обмеження з роботи кожного вузла формується необхідна для дослідження вибірка з урахуванням часу на ремонт вузла, що відмовив. Для різних варіантів часу на ремонт (відновлення) окремих вузлів визначаються співпадіння часу безвідмовної роботи вузлів.

З цієї сформованої бази часу визначається закон розподілу відмов і обирається оптимальний варіант, який забезпечує високу надійність роботи ремонтного обладнання.

[1] Галкин В.Г., Парамзин В.П., Четвергов В.А. Надежность тягового подвижного состава. Учебн. Пособие для ВУЗов ж.-д. трансп. М.: Транспорт. 1981. – 184 с.

[2] Канарчук В.С., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. – К.: Либідь. 2003. – 424 с. ISBN 966-06-0215-4.

[3] Соболев, И.М. Метод Монте-Карло. Москва: Наука, 1968. 65 с.

УДК 621.436

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛ НА РОЗПОДІЛУ ТИСКУ В ПАРАХ КОВЗАННЯ В СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

INFLUENCE OF OIL PROPERTIES ON PRESSURE DISTRIBUTION IN FRICTION PAIRS IN MARINE POWER PLANT.

д.т.н. С.В. Сагін, М.О. Кривий

Національний університет «Одеська морська академія», Одеса

D.Sc. (Tech.) Sagin S.V., Kryvyi M.O.

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa

При експлуатації суднових енергетичних установок найбільше зношування відбувається в парах ковзання (підшипниках, колінчастому валу, поршневих кільцях, втулках циліндра). Це пов'язано з великими силовими і температурними навантаженнями на вказані вузли. Вирішальний вплив на процеси, які відбуваються в парах ковзання, здійснюють фізико-хімічні властивості мастильного шару [1-2]. В роботі [3] запропонований підхід до визначення тиску $p(\varphi)$ в мастильному шарі для ньютонівських неньютонівських мастил, виходячи з диференціального рівняння Рейнольдса [4, 5]

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{h^3}{\mu} \frac{dp}{d\varphi} \right) = 6\omega_0 R_1 R_2 \frac{d}{d\varphi} (ph) , \varphi_1 < \varphi < \varphi_2 \quad (1)$$

де ω_0 – частота обертання валу, h – висота мастильного прошарку, $R_1 R_2$ – відповідно радіуси тіла обертання і зовнішнього нерухомого циліндричного тіла, φ_1, φ_2 – визначають початок і кінець робочої контактної зони, в яких виконуються умови

$$p(\varphi_1) = p(\varphi_2) = 0 \quad (2)$$

Для висоти $h = h(\varphi)$ мастильного прошарку приймалась залежність $h(\varphi) = \delta + \varepsilon \cos \varphi$, де δ, ε – відповідно радіальний зазор і ексцентриситет центрів тіл пар ковзання.

Для в'язкості неньютонівських мастил приймалась залежність Баруса [2,7]

$$\mu = \mu_0 e^{\vartheta p(\varphi)} \quad (3)$$

де μ_0 – в'язкість мастила, яка відповідає зовнішнім тиску і температурі, Па·с;

ϑ – п'єзо коефіцієнт в'язкості мастил, Па⁻¹ (для нафтових моторних мастил $\vartheta \sim (2...3) \cdot 10^{-8}$ Па⁻¹) [7].

В цій роботі узагальнені вказані результати для інших видів залежності в'язкості мастил від тиску і температури, зокрема для, логарифмічних і

поліноміальних залежностей. Отримані точні розв'язки граничної задачі (1)-(2), що дозволило виявити зони критичного тиску в парі ковзання і узагальнити критерій Зомерфельда [7, 8] на випадок неньютонівських мастил.

Висновки. Отже, узагальнена математична модель, дозволяє отримати адекватний розв'язок крайової задачі для диференціального рівняння Рейнольдса для нових видів неньютонівських мастил і виконано чисельним моделювання. В результаті отримані прості аналітичні вирази для розподілу тиску в мастильному шарі пари ковзання для неньютонівських мастил, що дозволяє застосувати зокрема критерій Зомерфельда [7, 8] для визначення умов відсутності зон сухого тертя в області контакту пар ковзання для неньютонівських мастил і, зокрема, врахувати властивості поверхневих мастильних шарів. Також розроблена модель дозволяє здійснювати оцінку та виконувати прогнозування технічного стану поверхонь пар ковзання судових дизелів.

[1] Сагін С. В., Кривий М. О. Визначення розподілу тиску в шарі неньютонівських мастил у судових енергетичних установках/Вісн. Вісник Одеського національного морського університету : Зб. Наук. праць, 2020. – № 2(62). – С. 160-170. DOI 10.47049/2226-1893-2020-1-160-170

[2] Кривий М. О. Сагін С.В. Математична модель мастильного шару в парах ковзання в судових енергетичних установках /Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» 05.11.2019 –06.11-2019 р. Одеса, НУ «ОМА». – С. 144-148. dx.doi.org/10.31653/2706-7874.

[3] Кривий М. А. Исследование явления стратификации вязкости моторного масла в узлах трения судовых дизелей / Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції MINTT-2018, 29-31 травня 2018 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. – С. 321-324.

[4] Кривий М.О. Особливості реології моторних мастил при забезпеченні режимів змащення пар тертя судових мало-обертових дизелів //Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт: матеріали науково-технічної конференції. – Одеса : НУ «ОМА», 2017. – С. 31-34.

[5] Кривий М. А. Обеспечение режимов смазывания подшипниковых узлов малооборотных дизелей при режимах пуска и реверса / Суднова енергетика: стан та проблеми : Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : Національний університет кораблебудування, 2017. – С. 74-78.

[6] 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, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

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

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

УДК 621.245

ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА В ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

USE OF BIOFUELS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Мадей В.В., д.т.н. Сагин С.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Madey V.V, D.Sc. (Tech.) Sagin S.V

National University "Odessa Maritime Academy"

Двигуни внутрішнього згоряння (дизелі), що використовують на всіх без винятку засобах транспорту, під час генерації механічної енергії за рахунок окислення палива повітрям, в процесі кругового робочого циклу здійснює безперервний тепло-масообмін з навколишньою атмосферою. Дизель забирає повітря і споживає паливо, потім викидає випускні гази, що складаються з частини повітря і продуктів окислення палива. Таким чином, повітря, що надходить в його циліндр, робить певний термодинамічний цикл, зазнаючи при цьому хімічні зміни, в результаті чого перетворюється в випускні гази – складну газову суміш з безліччю компонентів. Чотири компоненти N_2 , O_2 , CO_2 і H_2O складають понад 99...99,9 % обсягу газу, решта 0,1...1,0 % обсягу випускних газів складають домішки, які не представляють інтересу з технічної точки зору, але є шкідливими для довкілля, живої природи і людини [1]. Таким чином, зростаюче забруднення атмосфери викидами транспортних двигунів внутрішнього згоряння – одна з найбільш важливих і складних проблем сучасності. Особлива увага при цьому приділяється суднам річкового та морському транспорту, шкідливі викиди яких відіграють значну роль як в глобальній проблемі, так і в регіональному і локальному забрудненні повітряного басейну [2].

Постійне зростання кількості річкових та морських суден і потужності їх двигунів призводить до збільшення обсягу палива, що спалюється ними палива, а отже, до великих викидів токсичних компонентів з випускними газами. Саме тому до специфічних завдань експлуатації суднових енергетичних установок відносяться запобігання утворенню і нейтралізація екологічно небезпечних речовин, що утворюються при використанні нафтових дизельних палив. У зв'язку з цим останнім часом велика увага приділяється зниженню в продуктах згоряння шкідливих речовин, особливо оксидів азоту NO_x . З метою зниження концентрації цих речовин, використовують різні методи та технології: впорскування води у повітряний та випускний колектор та безпосередньо у циліндр дизеля; забезпечення додаткового згоряння у випускних газах; рециркуляції газів; використання альтернативного палива [3].

Протягом останніх десятиліть ведуться інтенсивні дослідження альтернативних палив. При цьому кращим вважається часткове заміщення

традиційних видів моторного палива синтетичними рідкими вуглеводнями, які отримуються з природного газу, в силу низької собівартості. Одночасно з цим використання альтернативних палив для суднових дизелів підвищеної потужності (з діаметром циліндра понад 0,4 м та номінальною потужністю більш ніж 5000 кВт) призводить до неконтрольованого погіршення екологічних показників (через коливання стехіометричного відношення), зменшення крутного моменту (через падіння максимального тиску циклу) та ефективної потужності на номінальному навантаженні (через проблеми, що виникають під час нагнітання палива). Суднові двигуни внутрішнього згорання середньої та малої потужності (з діаметром циліндра до 0,4 м та номінальною потужністю, що не перевищує 3000 кВт), що використовують як допоміжні, встановлюються на судах в кількості 2...4 одиниць, мають кожний власну паливну систему, тому дозволяють використовувати для забезпечення робочого циклу палив з різними характеристиками (у тому числі альтернативних) [4, 5].

Із числа видів перспективного палива для двигунів внутрішнього згорання особливої уваги заслуговує біопаливо, що отримують з рослинних олій.

Дослідження виконувалися на суднових середньооберткових дизелях 6DL16 Daihatsu Diesel з наступними основними характеристиками: діаметр циліндра – 0,16 м; хід поршня – 0,21 м; частота обертання колінчастого вала – 1200 об/хв; номінальна потужність – 530 кВт; кількість циліндрів – 6. Основними величинами, які вимірювалися під час проведення експерименту, були питома ефективна витрата палива і концентрація оксидів азоту в випускних газах. Навантаження на дизелі при проведенні експериментів змінювалася в інтервалі 25...85% від номінального значення. В результаті досліджень було встановлено наступне. Паливна суміш, до складу якої входить 5...20% біопалива, забезпечує зниження концентрації оксидів азоту в випускних газах на 5,8...32,6%, але при цьому питома витрата палива збільшується на 0,8...2,6%.

Проведення подальших досліджень дозволить встановити оптимальну концентрацію біопалива в паливній суміші для різних експлуатаційних режимів роботи дизеля.

[1] 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.

[2] Sagin S. V., Semenov O. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors // *American Journal of Applied Sciences* – 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

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

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

[5] Sagin S.V. Improving the performance parameters of systems fluids // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018*. – № 7-8 (July-August). – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.

ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ЗНАНЬ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ

ONTOLOGICAL APPROACH TO SYSTEMATIZATION OF KNOWLEDGE OF THE SYSTEM REPAIR OF LOCOMOTIVES

*д.т.н.Ю.М. Дацун, аспірант В.І. Задесенець,
магістранти І.І. Кордубан, Я.О. Івченко
Український державний університет залізничного транспорту*

*D.Sc. (Tech.) Y.M. Datsun, PhD student V.I. Zadesenets,
magistrates I.I. Korduban, Y.O. Ivchenko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В сучасних інтелектуальних системах (ІС) основою бази знань, її каркасом, як правило, є онтології. Їх побудова - найбільш відповідальний і складний етап в розробці ІС. Онтології використовуються на всіх стадіях життєвого циклу ІС [1].

Їх ідея полягає в тому, щоб дозволити інтелектуальним системам обмінюватися між собою закладеними в них знаннями. Якщо всередині інтелектуальної системи знання про можуть бути закодовані як завгодно, то для обміну цими знаннями з іншою інтелектуальною системою необхідно надати опис цих знань. Цей опис має бути в достатній мірі формальним, щоб бути зрозумілим іншій системі, а також повинна бути відомою мова цього опису. Крім того, опис має бути зрозуміло і людині. Для цього передбачено опис знання двома способами:

- в канонічній формі, яка представляє собою опис знань на мові логіки предикатів (наприклад, у вигляді фактів мови Prolog).

- в формі онтології, яка представляє собою множину класів, пов'язаних між собою відношенням узагальнення (це зворотне відношення для відносини спадкування).

Тобто під час створення інтелектуальних систем доводиться враховувати такий поділ знань і придумувати якісь програмні інструменти для оперування цими знаннями [2, 3].

Складання опису декларативного знання зазвичай вимагає великої роботи і певних навичок. Для позначення цієї роботи, а також її результату, Грубер ввів спеціальний термін «концептуалізація». Опис він називав «специфікацією». Таким чином, онтологія по Груберу визначається як специфікація концептуалізації.

Для створення онтології системи ремонту локомотивів було обрано інструментальний засіб Protégé OWL - це вільний, відкритий редактор онтологій для побудови баз знань. Protégé OWL заснований на фреймовій моделі представлення знання ОКВС (Open Knowledge Base Connectivity) та

забезпечений рядом плагінів, що дозволяє його адаптувати для редагування моделей збережених в різних форматах (стандартний текстовий, в базі даних JDBC, UML, мов представлення знань XML, XOL, SHOE, RDF і RDFS, DAML + OIL, OWL) [4].

Цей проект передбачає створення потужного механізму семантичного аналізу. Мова OWL дозволяє описувати класи і відносини між ними, що дозволяє використовувати в подальшому, а саме в базах знань та прецедентах.

Робота в інструментарії Protégé починається з заповнення вкладки класів (Classes) та порожньої онтології, що містить єдиний клас з ім'ям Thing. Клас Thing - це клас, який представляє набір, що містить всі об'єкти предметної області. Всі створені класи будуть являтися підкласами Thing.

На початку створювався клас «Ремонтне виробництво». Визначення основних підкласів здійснювалось на основі [5, 6], та з урахуванням принципу «6M's+E». Крім того враховувався досвід експертної групи по обстеженню локомотиворемонтних виробництв.

В результаті, на базі інструментального засобу Protégé OWL розроблена OWL-онтологія системи ремонту локомотивів, з використанням спадного підходу, яка включає ряд ієрархічних класів та відносин між ними, що дозволяє зберігати і використовувати слабоформалізовану інформацію предметної області. Онтологія включає 31 клас, з них 6 класів верхнього рівня: «Виробниче середовище», «Документація», «Запасні частини та матеріали», «Обладнання та інструмент», «Персонал», «Управління».

[1] Дацун Ю. М. Развитие научных основ формування інтелектуалізованої системи ремонту локомотивів : дис. ...д-ра техн. наук : 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів ; Укр. держ. ун-т залізн. трансп. Харків, 2021. 358 с.

[2] Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge acquisition. 1993. Т. 5. №. 2. P. 199-220.

[3] Gruber T. R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? International journal of humancomputer studies. 1995. Т. 43. №. 56. P. 907-928.

[4] Horridge M. A practical guide to building OWL ontologies using the ProtégéOWL plugin and COODE tools edition 1.0. University of Manchester, 2004. 118 p.

[5] Тартаковский Э., Пузырь В., Дацун Ю. Применение экспертных методов для оценки организационно-технического уровня локомотиворемонтных предприятий. Transport problems: proceedings VI International Conference (Katowice, Poland, 25-27 June 2014). Katowice, 2014. P. 717-721.

[6] Положення з атестації підприємств з обслуговування та ремонту тягового рухомого складу. ЦТ0162: затв. наказом Держ. адмін. залізн. трансп. України від 10.10.2007 р. Київ. Укрзалізниця. 2007. 244 с.

УДК 621.352

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

ENSURING THE RELIABILITY OF FUEL EQUIPMENT OF TRANSPORT DIESELS

А.С. Сагин, к.т.н. Ю.В. Заблоцкий

Национальный университет «Одесская морская академия»

*Sagin A.S., PhD (Tech.) Zablotskiy Yu.V
National University "Odessa Maritime Academy"*

Важность решения задачи по обеспечению экологических и энергетических показателей судовых энергетических установок определяется требованиями Annex VI MARPOL резолюциями International Marine Organization МЕРС.203(62) и МЕРС.259(68) для новых правил энергетической эффективности судна. Эти документы регламентируют допустимые сорта топлива и содержание в них серы. Судно соответствует экологическим требованиям в том случае, если на нем установлена скрубберная система очистки выпускных газов или использоваться топливо с содержанием серы не выше 0.5% (для особых районов – не выше 0,1%) [1].

Использование низкосернистых сортов топлива усложняет процесс эксплуатации судовых двигателей из-за постоянных операций по переходу с одного сорта топлива на другое. Смена сортов топлива необходима при заходе в порт и плавании в специальных районах (Sulfur Emission Control Area – SECA). В этих районах должна использоваться топливо с содержанием серы не более 0.1%. Перевод дизеля с одного сорта топлива (с содержанием серы до 0,5 %) на другой (с содержанием серы до 0,1 % или не содержащего серу) должен выполняться согласно рекомендаций и требований по замене топлива с заменой топлива во всех элементах системы. Этот процесс может происходить от нескольких часов до суток в зависимости от типа топливной системы, расхода топлива и технических показателей двигателя внутреннего сгорания. При выходе из порта и покидании особых районов необходимо выполнение обратного перевода дизеля на топливо с высоким содержанием серы [2].

Все переходы на различные сорта топлива (из-за разных физико-химических свойств) связаны с изменением температурных показателей их эксплуатации. Для топлива с содержанием серы 0,5%, эксплуатационная температура находится в пределах 90...105°C, а для дистиллятных топлив (с содержанием серы до 0,1%) 30...40°C. Частые переходы с тяжелого на дистиллятное топливо, постоянная смена температурных режимов отрицательно влияют на моторесурс и долговечность топливной аппаратуры, особенно на топливные насосы высокого давления. Это приводит к повышению износа деталей топливной аппаратуры, а также повышает удельных расход топлива [3, 4].

Принцип действия противоизносных присадок заключается в образовании прочной пленки на поверхности защищаемого объекта. Пленка состоит из продуктов механохимических преобразований присадки на поверхности металла. Однако использование данных присадок, связано с несколькими сложностями. Первое из них – это непосредственно сами поверхностно-активные вещества, специфика их хранения и дальнейшая эксплуатация. Второе – расходы, повышение которых в случае их использования делают данный вариант финансово затратным [5, 6].

Другими возможными вариантами улучшения триботехнических свойств являются добавление минеральных смазочных материалов. В основном предлагаются варианты добавки специального масла [7].

В результате, сделаем следующие выводы:

- современные экологические требования, выполнение которых обязывает использовать низко сернистые сорта топлива; частые смены сортов топлива; необходимость обеспечения различных температурных режимов использования топлива, способствуют снижению моторесурса топливной аппаратуры и приводит к повышению расходов на эксплуатацию судов;

- для повышения надежности деталей топливной аппаратуры и уменьшения энергетических потерь возможно использование нескольких методов: дозировка присадок в топливо, использование поверхностно активных веществ, использование ультрадисперсных порошков.

Данные методы сложны в эксплуатации и их внедрение на суда морского флота являются длительным процессом. Однако, при дальнейшем рассмотрении можно найти варианты, которые будут экономически выгодны и технически целесообразны.

- [1] Sagin S.V., Kuropyatnik A.A. Application of the system of recirculation of exhaust gases for the reduction of the concentration of nitric oxides in the exhaust gases of the ship diesels // American Scientific Journal. – 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 67-71.
- [2] Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.
- [3] Сагин С.В., Заблоцкий Ю.В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей // Проблемы техники : науч.-виробн. журнал. – 2011. – № 3. – Одесса : ОНМУ. – С. 78-88.
- [4] Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.
- [5] Sagin S.V., Semenov O.V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specification // American Journal of Applied Sciences. – 2016. – Vol.13. – Iss.5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627.
- [6] Sagin S.V. Improving the performance parameters of systems fluids // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018. – № 7-8 (July-August). – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.
- [7] Заблоцкий Ю.В. Использование регулярного микрорельефа для оптимизации работы топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 36. – Одесса: НУ ОМА. – С. 65-73.

УДК 629.4.083

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОНОВЛЕННЯ РЕМОНТНОГО ОБЛАДНАННЯ В ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО

SUBSTANTIATION OF EXPEDIENCY OF UPDATING OF REPAIR EQUIPMENT IN LOCOMOTIVE DEPOT

*д.т.н. О.С. Крашенінін, к.т.н. О.М. Обозний
магістри. С.М. Фомін, Д.С. Зубенко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D.Sc. (Tech) O.S. Krashenin, PhD (Tech.) O.M. Obozny
magistrates S.M. Fomin, D.S. Zubenko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Ремонтне господарство локомотивних депо фізично і морально досягло критичного стану. Технічний стан окремих стендів, обладнання, оснащення підтримується за рахунок власних коштів і ресурсів. Цільове постачання нового обладнання практично відсутнє.

Разом з цим, як показують розрахунки, витрати на ремонт обладнання за весь цикл його функціонування можуть перевищити первинну ціну обладнання в 10-12 разів.

В таких умовах обґрунтування доцільності оновлення ремонтного обладнання відноситься до класу моделей прийняття рішень при розробці довготривалих планів заміни обладнання, що вибуває з експлуатації [1].

Тобто обладнання в процесі експлуатації зношується, старіє і настає такий момент, коли його подальша експлуатація стає недоцільною.

Відповідно з цим необхідно встановити оптимальний час заміни того чи іншого обладнання, оскільки втрати від зменшення надійності даного устаткування при подальшій експлуатації будуть більшими, ніж вартість його ремонту або заміни.

При рішенні такого роду задач ефективно можна застосовувати метод динамічного програмування [2].

Для цього вводяться наступні характеристики устаткування: термін роботи (вік), вартість використання, експлуатаційні витрати за деякий час для конкретного терміну його роботи, ціна нового устаткування, залишкова вартість устаткування відповідного віку, термін планового періоду експлуатації.

Згідно концепції динамічного програмування рішення буде виконуватися з кінця процесу планового періоду експлуатації шляхом вибору таких варіантів дій: зберегти устаткування і отримати за цей період від нього прибуток, або замінити устаткування новим і вже від нього отримувати прибуток [3].

Зрозуміло, що оптимальним вважається такий варіант, який забезпечує прибуток, що відповідає найбільшому з двох варіантів.

Використання такої процедури дає можливість обрати оптимальні дії при експлуатації або заміні діючого обладнання.

[1] Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 – 2020 роки (затверджена наказом Міністерством транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 №1259).

[2] Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. 2-е изд. М.: Высш. шк., 2001. 208 с.

[3] Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Издательство иностранной литературы. 1960. 402 с.

УДК 621.436

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ПАЛИВА ДЛЯ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

ANALYSIS OF METHODS OF IMPROVING THE PROCESS OF FUEL PREPARATION FOR MARITIME TRANSPORT

д.т.н. С.В Сагін, Д. Ю. Руснак

Національний університет «Одеська морська академія», Одеса

D.Sc. (Tech.) S.V. Sagin, D.Y. Rusnak

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa

На сьогоднішній день одними з найвідоміших методів удосконалення є гомогенізація палива та ультразвукова обробка. Малов'язке паливо очищується з більшою ефективністю ніж високов'язкі. Під час процесу сепарації палив в'язкістю 50...100 сСт зменшується на 70...80%, з в'язкістю 180...380 сСт – на 50...60%, з в'язкістю понад 380 сСт – на 20...40%. Сепарація допомагає зменшити відсоток води в малов'язке паливі після обробки до майже 100%, в середньов'язких – на 95...100%, в високов'язких – на 75...85% [1, 2].

На морському транспорті застосовується перспективний гідродинамічний метод паливопідготовки - гомогенізація. Розроблено дослідні зразки поршневіх гомогенізаторів палива, проведені експлуатаційні випробування систем паливопідготовки. Однак треба вказати на досить вагомий недолік, а саме: значну масу і габарити, складне конструктивне виконання, малу продуктивність. Широкомасштабне використання комплексної системи паливопідготовки із застосуванням гомогенізаторів в нас не розвивається через відсутність вітчизняних суднових гомогенізаторів палива, а гомогенізатори іноземних виробників мають велику вартість. Серйозною перешкодою для застосування гомогенізаторів на судах є слабка розробка теоретичних питань гомогенізації [3, 4].

Найбільша ефективність процесу гомогенізації і менша металоємність отримані від розроблених гомогенізаторів із застосуванням шестеренних насосів високого тиску. Проведено судові експлуатаційні випробування розробленого типорозмірного гомогенізатора з подачею насоса від 1 м³/год до 8 м³/год, перевірена можливість підготовки гомогенізатором водо-паливних емульсій для спалювання їх у допоміжних котлах [5].

Гомогенізація палива полягає в гідродинамічному збудженні паливної середовища, в результаті якого в середовищі виникають кавітаційні зони. Закриття кавітаційних каверн супроводжується локальними гідравлічними ударами високої потужності, що руйнують не тільки желеподібні згущення, але і тверді агломерати. В результаті паливо стає гомогенним, смоли рівномірно розподіляються в паливній середовищі, тверді частинки звільняються від «смолистої шуби».

Спосіб ультразвукового очищення палива методом кавітації. Ефект кавітації супроводжується мікровибухами, ультразвуком, а також механічними зрізами і зіткненнями при впливі сотень ріжучих пар, що рухаються назустріч один одному з високою лінійною швидкістю. Швидкість доходить інколи до десятків метрів в секунду, саме тому диспергуемі речовини розрізаються на найдрібніші мікрочастинки. Під час запуску ультразвукової установки ультразвукові хвилі навіть порівняно невеликої інтенсивності (всього кілька ват на квадратний сантиметр) в паливі, як і в будь-якій рідині, виникає змінний звуковий тиск, амплітуда якого не перевищує 1 МПа. Коли утворюється тиск, тоді паливо під його дією поперемінно відчуває стиснення і розтягнення. Взагалі, оскільки паливо є нестисливою рідиною, то воно практично не змінює своїх властивостей при збільшенні тиску. Однак, в разі створення розрядження всередині палива або навіть на його поверхні, його агрегатний стан змінюється, зокрема можлива поява газоутворення в його обсязі. Під час використання ультразвуку, ультразвукові хвилі які знаходяться в паливі розтягують зусилля в області розрідження хвилі приводять до утворення в ньому розривів, а саме найдрібніших кавітаційних бульбашок, які заповнені газом і паром. Це процес сприяє виникненню ультразвукової кавітації палива. Шляхом досліджень встановлено, що ультразвукові коливання здатні змінювати агрегатний стан палива, диспергувати, емульгувати його, змінювати швидкість дифузії, кристалізації і розчинення речовин, активізувати реакції, інтенсифікувати технологічні процеси. Поширення хвиль великої інтенсивності (ультразвуку) супроводжується нелінійними ефектами. Хвилі великої амплітуди, проходячи через паливо, створюють області істотного стиснення і розрядження. При цьому виникають хвилі великої інтенсивності [6, 7].

Аналіз показує, що обидва методи обробки дають свої результати та зменшують знос, покращують екологічну складову використання високо сірчаних палив. Зменшують вплив сірчаної корозії на деталі циліндропоршньової групи. Додаткова обробка палива є доцільною та дає досить гарний результат, але використання обох установок є досить коштовним способом обробки. Тому не кожен судновласник може використати данні установки на своєму судні.

[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; Published by Canadian Center of Science and Education. – 2015. – Vol. 9. – № 5. – P. 269–278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269.

[2] 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, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

- [3] 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, Published by Indian Society of Education and Environment. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.
- [4] Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391. Research India Publication.
- [5] Sagin S. V. Improving the performance parameters of systems fluids / S. V. Sagin // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018. – № 7-8 (July-August). – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59
- [6] Заблоцький Ю. В. Зниження теплової напруженості суднових дизелів за рахунок використання присадок до палива / Ю. В. Заблоцький // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 76-87.
- [7] Солодовніков В. Г. Використання ультразвукової обробки в модульних схемах побудови суднових систем паливопідготовки / В. Г. Солодовніков // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 158-168.

УДК 621.226:629.424

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ РЕЙКОВИХ АВТОБУСІВ У ПРИМІСЬКОМУ РУСІ

IMPROVING THE ECONOMY OF RAIL BUSES IN SUBURBAN TRAFFIC

*к.т.н. С.Г.Жалкін, В.М. Березной, магістрант В.В.Сирик
Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)*

*PhD (Tech.) S.G. Zhalkin, V.M. Bereznoi, Master V.V.Sirik
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У приміському перевезенні пасажирів на неелектрифікованих ділянках залізниць застосовується спеціалізований рухомих склад – дизель-поїзди с тепловозною тягою та дизельний моторвагонний рухомий склад (дизель-поїзди, рейкові автобуси). Особливістю експлуатації дизель-поїздів та рейкових автобусів у приміському русі є наявність частих зупинок (відстань між зупинками складає від 3 до 10 км), що викликає значний час роботи двигуна на холостому ході, малої (не номінальної) потужності, на неусталених режимах, [1]. У той же час дизель-поїзди та рейкові автобуси значну частину часу знаходяться в містах та передмісті де на вокзалах завжди є компактне скупчення пасажирів, тому потрібні заходи по зменшенню задимленості таких територій та шумового навантаження на населення. Все це вказує на необхідність розробки силових установок, які мають підвищену економічність та екологічність для ТРС залізниць, що виконує маневрову роботу та приміські перевезення пасажирів.

Особливості дизель-поїздів та маневрових тепловозів не великої потужності промислового транспорту полягає в тому, що крутний момент від первинного двигуна (ДВЗ) до рушійних колісних пар передається гідروпередачею, робочою рідиною якої є олива. Тому відомі діючі ГСУ автомобілів та тепловозів з

електропередачею потужності з накопичувачами електро-дизель-поїздах не можливо застосувати на тепловозах з гідравлічною передачею потужності, [2].

Одним з перспективних напрямів модернізації дизель-поїздів та маневрових тепловозів, обладнаних гідропередачею потужності, є застосування ГСУ з гідравлічними акумуляторами, енергією яких є стиснута робоча рідина (олива). Обидва види енергії – ДВЗ (основне джерело) й гідроакумулятор (друге джерело) – призначені задля забезпечення гідроапаратів гідропередачі стиснутою оливою, при чому друге джерело енергії використовується замість режимів роботи ДВЗ з низькою паливною економічністю та високою токсичністю відпрацьованих газів (холостий хід, малі навантаження, неусталені процеси). В результаті є можливість знизити витрату вуглеводневого палива, шкідливий вплив відпрацьованих газів та шумове навантаження на навколишнє середовище.

На рисунку у вигляді блочної схеми представлена пропонуєма ГСУ ТРС, який має гідравлічну передачу потужності, [3].

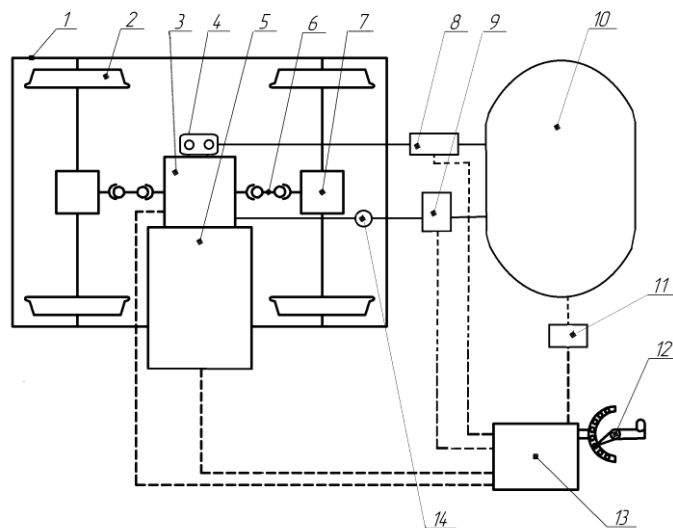


Рис.1. Гібридна силова установка ТРС зі гідравлічною передачею потужності
 1 – рама візка, 2 – рушійна колісна пара, 3 – гідропередача, 4 – додатковий оливний насос, 5 - ДВЗ, 6 – карданний вал, 7 – в'єсовий редуктор, 8 – електромагнітний зворотний клапан високого тиску, 9 - електронний регулятор тиску, 10 – резервуар стиснутої оливи, 11 - датчик тиску, 12 - контролер машиніста, 13 - електронний блок керування, 14 – обмежник пропускної здатності

Для визначення та вибору підходящої місткості акумулятора необхідно, щоб він був здатний забезпечити подачу необхідного обсягу робочої рідини ΔV або мати енергію Q для забезпечення роботи гідроприводу. При розрахунку враховують максимальний робочий тиск, максимальну і мінімальну робочу температуру, допустимий перепад тисків.

$$\Delta V = V_0 \left[\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_0}{P_{12}} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \quad (1)$$

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_0}{P_{12}} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (2)$$

де - P_0 , P_1 , P_2 - відповідно тиск заряду, мінімальний робочий тиск, максимальний робочий тиск (до 35 МПа);

V_0 , ΔV - робочий та корисний об'єми акумулятора;

n - показник політропи.

Тиск зарядки вибирається в діапазоні 0,7 ... 0,9 від мінімального робочого тиску (при максимальній температурі експлуатації).

$$P_0 \leq 0,9 P_1 \quad (3)$$

Таким чином рух дизель-поїзда та рейкового автобуса з гідروпередачею та ГСУ, забезпечується двома видами енергії, однією з яких є дизельне паливо, а другою стиснута до високого тиску олива, яка подається до гідропередачі з гідроакумулятора при непрацюючому ДВЗ.

[1] Тартаковський Э.Д., Грищенко С.Г., Калабухін Ю.Е., Фалендыш А.П. Методи оцінки життєвого циклу тягового подвижного складу залізничних доріг / Монографія. Луганск: Изд. Коулідж: 2011. – 174с.

[2] Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згорання / Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ. Харків: НТУ «ХП», 2004. – 360с.

[3] Патент 112729 МПК F02B 73/00 Гібридна силова установка рейкового транспорту з гідропередачею потужності / Жалкін О.Д., Тартаковський Е.Д., Жалкін С.Г., Жалкін Д.С., Михалків С.В., Фалендиш А.П., Анацький О.О.; заявник і патентовласник Український державний університет залізничного транспорту. - № UA 112729; заявл. 23.10.2015, дата публ. 10.10.2016. - бюл. № 9. - 10 с.

УДК 629.4.083

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕПЛОВОЗІВ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

JUSTIFICATION OF CHOICE THE OPTIMAL VALUE OF THE RELIABILITY OF PROMISING LOCOMOTIVES FOR THE RAILWAYS OF UKRAINE

*д.т.н. О.С. Крашенінін, к.т.н. О.М. Обозний
магістранти М.В. Черкашников, О.О. Ницыпориц, М.О. Бондарєв
Український державний університет залізничного транспорту*

*D.Sc. (Tech) O.S. Krashenin, PhD (Tech.) O.M. Obozny
magistrates M.V. Cherkashnykov, O.O. Nytsyoryk, M.O. Bondarev
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт України потребує оновлення і модернізації для відродження статусу залізниць, який похитнувся у зв'язку із загальною стагнацією галузі, зносом основних фондів, в тому числі локомотивів. Закупівля закордонних локомотивів не може продовжуватися довгий час, як з причин високої вартості, так і відродження вітчизняного локомотивобудування і реформування деяких локомотивних підприємств.

Для умов України необхідні такі тепловози, які мають обґрунтовану ціну в залежності від рівня надійності і потужності для конкретних умов експлуатації [1].

А це передбачає необхідність знати оптимальний рівень капітальних вкладень в локомотивобудівну галузь, який забезпечить ефективність і якість роботи залізничного транспорту [2, 3].

В свою чергу це визначає вибір економічно обґрунтованого варіанту технічного, технологічного і організаційного рішень з урахуванням рівня надійності тепловоза.

Вибір варіанту співвідношення потужність, надійність, умови експлуатації ґрунтується на досягненні мінімуму капітальних вкладень, оскільки саме від цього залежить ефективна робота залізничного транспорту [2, 4].

Потужність і надійність тепловозів тісно пов'язані з експлуатаційними показниками роботи залізниць, оскільки відмови тепловозів викликають простої поїздів, зниження швидкості і маси поїздів, росту парку рухомого складу, погіршують використання потужності залізниць.

Таким чином, при виборі рішення щодо рівня потужності і надійності необхідно визначитися з критерієм, що враховує капітальні вкладення і експлуатаційні витрати з урахуванням ступеню пропускнуої спроможності і рівнем технічного оснащення залізниць, а також обґрунтованою вартістю перспективних тепловозів для залізниць України.

[1] Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 – 2020 роки (затверджена наказом Міністерством транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 №1259).

[2] Галкин В.Г., Парамзин В.П., Четвергов В.А. Надежность тягового подвижного состава. Учебн. Пособие для ВУЗов ж.-д. трансп. М.: Транспорт. 1981. – 184 с.

[3] Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надежности машин. Лекционный курс. – Ровно: УДАВГ. 1997. 164 с.

[4] Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. – К.: Либідь. 2003. – 424 с. ISBN 966-06-0215-4.

УДК 629.423.1

СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПАЛИВА ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ

SYSTEM OF ADJUSTING OF TEMPERATURE OF FUEL OF DIESEL ENGINE DIESEL

к.т.н. С.Г.Жалкін, магістрант М.А.Бондарев

Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

PhD (Tech.) S.G. Zhalkin, Master M.A. Bondarev

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Процес сумішоутворення та згоряння в дизельних двигунах залежить від фізико-технічних властивостей палива. Збільшення та зменшення в'язкості (щільності) погіршують якість сумішоутворення й суттєво впливають на робочий процес в циліндрі дизеля. При зниженні температури, наприклад, до -10°C в'язкість збільшується до майже в три рази і може призвести до погіршення роботи паливних насосів та можливого парафінування паливних фільтрів. З метою попередження таких негативних явищ тепловози обладнують паливопідігрівачами, [1].

Тепловози, які експлуатуються на залізницях України, мають різні системи включення – виключення паливопідігрівачів при зниженні температури повітря нижче 10°C – вручну подається вода зі системи охолодження дизеля [2], при збільшенні температури повітря до 10°C й більше подача води до поливопідігрівача припиняється (закривається вентиль вручну). Сучасні тепловози мають автоматизовану систему включення-виключення паливопідігрівача в залежності від температури палива за допомогою термостатичного клапана (термостата). При досягненні температури палива у 30°C клапан повністю закривається й пропускає паливо в обхід паливопідігрівача, [3].

Невикористане паливо зливається крізь паливопідігрівач і попадає у зливну трубу та з неї ежектуються в одну зі всмоктуючих труб забірною пристрою.

Таким чином, обидві системи не контролюють температуру палива в діапазоні $30-60^{\circ}\text{C}$, а влітку й 80°C .

При експлуатації тепловозів температура палива в колекторі дизеля змінюється від 5°C до 60°C . В інтервалі температур палива $20-30^{\circ}\text{C}$ продуктивність насосів високого тиску збільшується, в інтервалі $30-60^{\circ}\text{C}$ зменшується майже на 25%. Збільшення температури палива від 25°C до 80°C призводить до збільшення питомої витрати палива, зниженню потужності дизеля (приблизно на 150 к.с.), що викликає зниження тиску у системі наддування, збільшенню температури випускних газів на 20°C , [4]. Таке положення пояснюється зміною в'язкості палива, що погіршує роботу паливної апаратури та в цілому робочий процес в циліндрі дизеля. При цьому

збільшується знос основних деталей дизеля та витрати на технічне обслуговування дизелів.

Температура води у системі охолодження дизеля при його роботі під навантаженням досягає $85-102^{\circ}\text{C}$ в результаті чого температура палива підвищується до $60-80^{\circ}\text{C}$ й тому виникає проблема регулювання температури палива у сезонні періоди експлуатації, що не передбачено конструкціями паливних систем тепловозів. Тому виникає проблема регулювання температури палива як взимку, так і в літню пору.

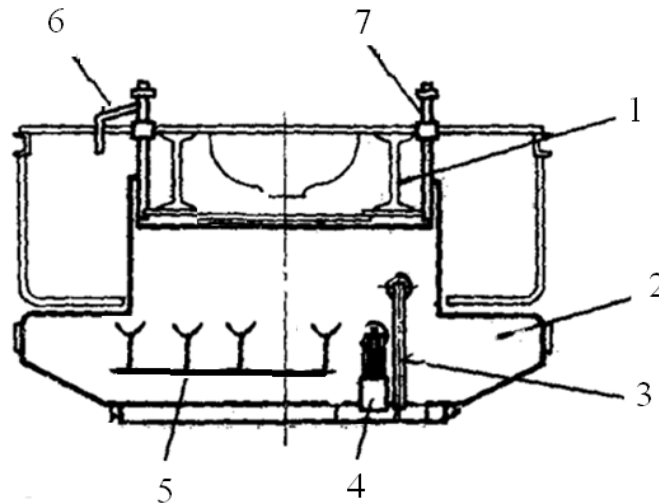


Рис. 1. Схема паливної системи зі зливним пристроєм та пристроєм забору палива із баку тепловоза

1 – рама тепловоза; 2 – паливний бак; 3 – заливний пристрій; 4 – забірний пристрій; 5 – зливна труба без ежектора після паливопідігрівача; 6 – вентиляційна труба; 7 – мірні рейки

Регулювання температури палива при збільшенні його температури вище оптимальної ($20-30^{\circ}\text{C}$) виконується удосконаленням системи зливу залишкового (невикористаного) гарячого палива. Зливний трубопровід забірною пристрою (зараз без ежектора) й злив палива після паливопідігрівача виконується через штуцери, які розташовані в різних місцях паливного баку і змішують гаряче паливо зі паливом низької температури, що виключає всмоктування гарячого палива за рахунок ежекції, а взимку підігріває паливо в баці тепловоза.

[1] Симсон А.Э., Хомич А.З, Жалкин С.Г. и др. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания: 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1987. - 536 с.

[2] Інструктивні вказівки по підготовці, експлуатації та обслуговування тепловозів і дизель-поїздів у зимових умовах № ЦТ-0070 та затверджені наказом Укрзалізниці № 275Ц від 30.10.2003 р. Київ – 2003. 35 с.

[3] Альжанов Б.Б., Бакет Б.Т. Тепловоз ТЕ33Ас. Устройство, назначение узлов и агрегатов. Астана: учебник, 2012. – 247с.

[4] Каганський О.С. Температура топлива и показатели работы дизеля. Журнал электрическая и тепловозная тяга, №12. М.: Транспорт, 1983. с.1.

УДК 629.423:621.314.5

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ З КОЛЕКТОРНИМИ ТЯГОВИМИ ДВИГУНАМИ

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF AC ELECTRIC LOCOMOTIVES WITH COLLECTOR TRACTION MOTORS

*к. т.н. Ю. Дубравін, к. т.н. О. Співак, д.т.н. В. Ткаченко
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*PhD (Tech.) Y. Dubravin, PhD (Tech.) O. Spivak, D.Sc. (Tech.) V. Tkachenko
State University of Infrastructure and Technology (Kyiv)*

Електровози з колекторними тяговими двигунами (КТД) складають на даний час основу вантажного парку «Укрзалізниці». Тяговий електропривод (ТЕП) з КТД постійного струму з двосторонньою тяговою передачею забезпечує більш сприятливі режими в порівнянні з односторонньою при реалізації великих тягових зусиль на ободі колісної пари. Конструктивні особливості, а також висока вартість асинхронного ТЕП дозволяють зробити висновок про доцільність подальшої експлуатації ЕРС з КТД у вантажному і приміському пасажирському русі. Загальними недоліками ТЕП з КТД є низькі значення коефіцієнта потужності (КП) та спотворення форми напруги і струму в первинній обмотці тягового трансформатора (ТТ). Застосування IGBT-транзисторів дає змогу шляхом удосконалення схем та алгоритмів тягових перетворювачів (ТП) підвищити КП електровозів з випрямно-інверторними перетворювачами (ВІП) [1] та перетворювачами з широтно-імпульсним регулюванням (ШІР) напруги [2,3]. Разом з тим ця задача на даний час продовжує залишатись актуальною.

Проведено дослідження енергетичних характеристик електровоза 2ЕЛ5 при імпульсному регулюванні напруги на КТД активним тяговим перетворювачем (АТП). Розроблено математичну модель системи «тягова мережа–електровоз» та алгоритм комутації транзисторів АТП. Імпульсне регулювання напруги дає можливість здійснити рівномірний розподіл інтервалів споживання напруги протягом робочого напівперіоду. Разом з цим при імпульсному регулюванні внаслідок багаторазової комутації силових ключів мають місце значні комутаційні перенапруги в колі вторинної обмотки ТТ та емісія широкого спектру високочастотних гармонік в контактну мережу. Це погіршує енергетичні показники ЕРС та потребує застосування входних фільтрів зі значною потужністю конденсаторів. Моделювання роботи АТП в складі секції електровоза 2ЕЛ5 свідчить, що розрядне діодне плече на створює умови для розрядки електромагнітної енергії (ЕЕ), накопиченої в колі випрямленого струму. При цьому ЕЕ е.р.с. самоіндукції вторинної обмотки ТТ не розряджається і створює значні комутаційні перенапруги. Розроблено алгоритм роботи АТП на основі синусоїдної ШІМ, який покращує розрядку ЕЕ е.р.с.

самоіндукції вторинної обмотки ТТ шляхом комплексного використання фазового та імпульсного регулювання напруги на ТЕД. Фазове регулювання випрямленої напруги АТП має випередженням по фазі відносно середини півперіода напруги, що дає змогу частково компенсувати індуктивний характер навантаження та збільшити коефіцієнт потужності. Робота двох АТП зі зсувом по фазі також сприяє поліпшенню енергетичних характеристик. В якості критеріїв оцінки споживання реактивної потужності та показників несинусоїдальності напруги та струму прийнято коефіцієнт потужності та сумарні коефіцієнти спотворень по струму $THDi$ та напрузі $THDu$. В процесі моделювання отримані також осцилограми напруги і струму в обмотках ТТ, значення КП та THD , значення випрямленої напруги і струму тягового електродвигуна та відносні значення випрямленої напруги u_d / u_{d0} . Отримані результати свідчать, що при алгоритмі спільного використання ШІР та фазового регулювання напруги зростає коефіцієнт потужності на 7–15% та знижується сумарний коефіцієнти спотворень по струму $THDi$. Осцилограми напруги U_1 та струму i_1 первинної обмотки ТТ приведені на рис.1.

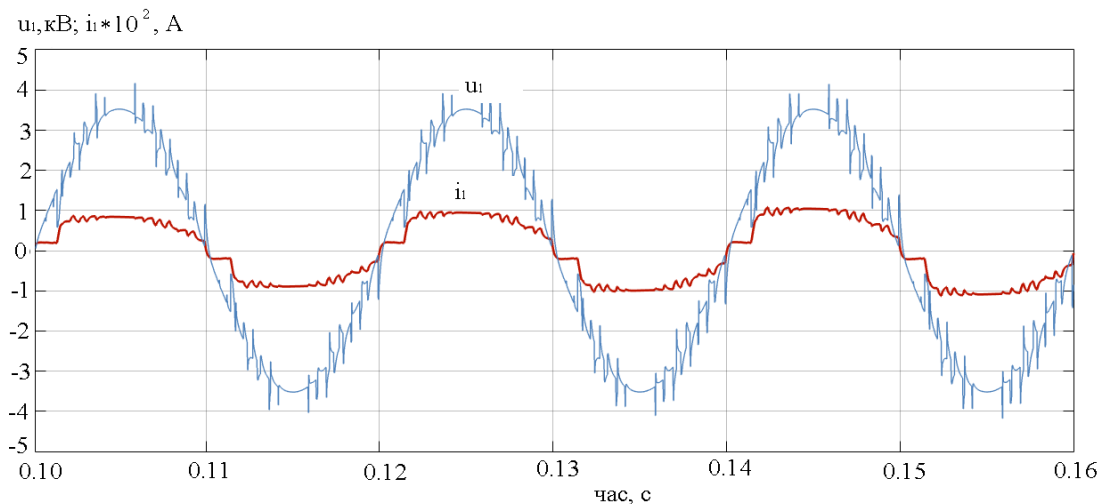


Рис.1. Осцилограми напруги U_1 та струму i_1 первинної обмотки ТТ

З приведених осцилограм видно, що струм обмотки ТТ повністю співпадає по фазі з напругою, що свідчить про високий рівень коефіцієнта потужності. Отримані результати моделювання свідчать про можливість використання моделі для подальших досліджень систем ЕРС з метою покращення їх енергетичних характеристик.

[1] Яговкин Д.А., Совершенствование выпрямительно-инверторного преобразователя электровоза переменного тока и принципа его управления в режиме тяги. Автореф. дисс... канд. техн. наук., 2016. С.16.

[2] Krasnov, O. (2018). Математичне моделювання електровоза змінного струму з активним перетворювачем в режимі тяги. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*, 179. 40-51. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.179.2018.147714>.

[3] Ягуп, В. Г., & Краснов, А. А. (2017). Математическое моделирование электропривода электровоза 2ЭЛ5 в режиме тяги. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*, 170. 20-31. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&image_file_name=PDF/Znpudazt_2017_170_5.pdf.

СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА

SHUNTING LOCOMOTIVE, CERTIFICATION FUNCTIONAL COMPRESSOR UNIT'S TESTS

*к.т.н. В. В. Карпенко^{1,3}, В. В. Рогаль¹, Д. А. Мацегора¹,
А. Е. Кривчиков², В. А. Буханцев²*

¹Украинский государственный университет железнодорожного транспорта (г. Харьков)

²ИЦ ТОО «КазЦСЖТ», (г. Экибастуз, Республика Казахстан)

³АТ «Завод «ЕЛЕКТРОВАЖМАШ», м. Харків

*PhD. (Tech.) V. Karpenko^{1,3}, V. Rogal¹, D. Matcegora¹
O. Kryvchykov², V. Bukhantsev²*

¹ Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²TC LLC "KazCSZhT" (Ekibastuz, Republic of Kazakhstan)

³JSC Plant Electrotvazhmash, Kharkov

Бесперебойная работа железнодорожного подвижного состава, как составляющая транспортной системы, обеспечивается при безусловном обеспечении требований безопасности движения поездов. В этой части надежная работа тормозного оборудования является ключевой.

Эффективность торможения транспортных средств в эксплуатации, как правило, обеспечивают компрессоры, относящиеся к средствам питания тормозных систем, производящие качественный сжатый воздух для питания тормозной магистрали и вспомогательных систем в достаточном количестве. Компрессоры относятся к одним из наиболее ответственных компонентов подвижного состава и подлежат обязательной сертификации.

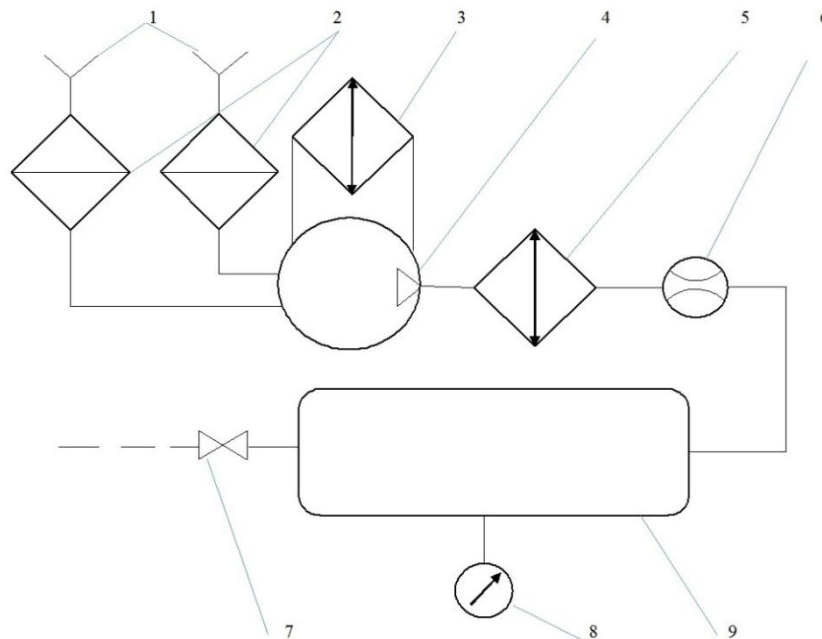
Документом, удостоверяющим соответствие компрессора требованиям Технического регламента [1] и поддерживающего стандарта ГОСТ 10393-2014 является сертификат соответствия, который выдается Органом подтверждения соответствия (ОПС) по результатам сертификационных испытаний, проведенных в аккредитованных испытательных лабораториях.

Объем сертификационных испытаний компрессоров определяется Решением ОПС и, как правило, включает определение сертификационных показателей непосредственно влияющих на безопасность движения, жизнь и здоровье людей. К таким показателям относятся: температура сжатого воздуха, акустические и вибрационные характеристики, устойчивость к внешним воздействующим факторам и расход компрессорного масла [2].

В испытательной лаборатории «ТПС-тест» ООО «НВЦ ТПС» совместно со специалистами ИЦ ТОО «КазЦСЖТ» проведены сертификационные функциональные испытания компрессорного агрегата производительностью 6,3 м³/мин, предназначенного для маневрового тепловоза, производимого предприятиями Казахстана.

Компрессор имеет три цилиндра в W-образной компоновке (два низкого и один высокого давления). Отличительной особенностью компрессорного агрегата является то, что, привод компрессора осуществляется от асинхронного электродвигателя, статор которого закреплен на корпусе (картере) компрессора, а ротор насажен на удлиненный хвостовик коленчатого вала компрессора и не имеет собственных подшипников. Питание трехфазного электродвигателя проводилось от частотного преобразователя напряжением 380 В с частотой 70 Гц.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема стенда функциональных испытаний компрессорного агрегата.



1 – воздухоприемники; 2 – фильтры воздушные; 3 – промежуточный охладитель воздуха; 4 – компрессор; 5 – конечный охладитель воздуха; 6 – газовый расходомер; 7 – вентиль выпуска воздуха; 8 – манометр; 9 – воздушный резервуар.

Рис. 1. Схема стенда функциональных испытаний компрессорного агрегата

Необходимо отметить приемлемые, соответствующие требованиям нормативов, параметры и характеристики компрессорного агрегата. Основная часть параметров снималась в режиме работы ПВ100 с противодавлением 0,87 МПа, на частоте вращения 1035 мин⁻¹. Так, по значению температуры сжатого воздуха на выходе из компрессора, стабилизировавшейся после четырех часов непрерывной работы на уровне 56 °С, величине СКЗ виброускорения – 0,78 мм/с², амплитуде виброускорения – 2,41 мм/с², уровню шума – 102 дБА, температуре масла в картере – 65 °С, параметры соответствует нормативным требованиям.

[1] Технический регламент ЕАЭС «О безопасности железнодорожного подвижного состава», ТР ТС 001/2011.

[2] Карпенко В. В. Сертификационные испытания тягового электрооборудования. Технические регламенты. Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing (Германия): ISBN 978-3-330-0914-9, 2017г., -296с.

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ РУХОМОГО СКЛАДУ

DIAGNOSIS OF THE STATE OF GEARS OF ROLLING STOCK

*к.т.н С.В. Бобрицький, ст. викладач О.О. Анацький,
магістранти Д.Є. Петрищев, А.М. Плахін
Український державний університет залізничного транспорту*

*PhD (Tech.) S.V. Bobrytskyi, senior lecturer O.O. Anatskyi,
magistrates D.E. Petrishchev, A.M. Plakhtiy
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Одним з основних показників, за яким приймається рішення про можливість подальшої експлуатації зубчатих передач є знос зубців зубчастих коліс.

Визначення величини зношування зубців зубчастих коліс можливо із застосуванням наступних способів: зважування, застосування евольвентоміра, за збагаченням мастила залізом шляхом хімічного аналізу, за збагаченням мастила залізом радіометричним методом, за допомогою зліпків або відбитків і методом штучних баз. Однак, застосування наведених способів ускладнено для їх практичної реалізації, також, вони не забезпечують отримання даних з особливостей зношування профілів за висотою зуба.

Найбільш розповсюдженим способом є вимірювання товщини зубців з використанням штангензубоміру за хордами концентричних кіл зубчастих коліс. Але, значна трудомісткість таких операцій супроводжується високою ймовірністю виникнення помилок при проведенні вимірювань, які обумовлюються суб'єктивним фактором.

З метою усунення недоліків існуючих способів визначення зносу зубців, запропонована методика, яка полягає в отриманні цифрових знімків зубців (рис.1) [1, 2] з подальшим подальшим їх аналізом в розробленому програмному забезпеченні [3].

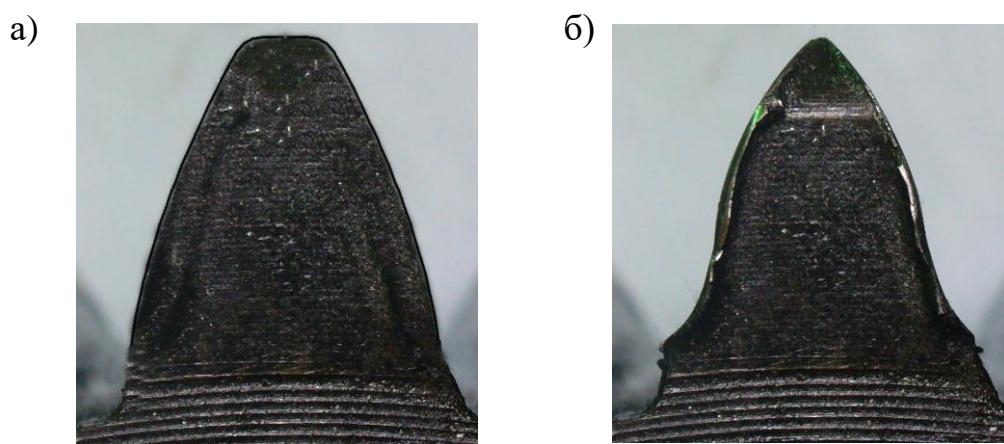


Рис.1. Цифрові знімки нового (а) та зношеного (б) зубців

На рисунку 2 наведено головне вікно програми з результатами розрахунку товщини зубця.

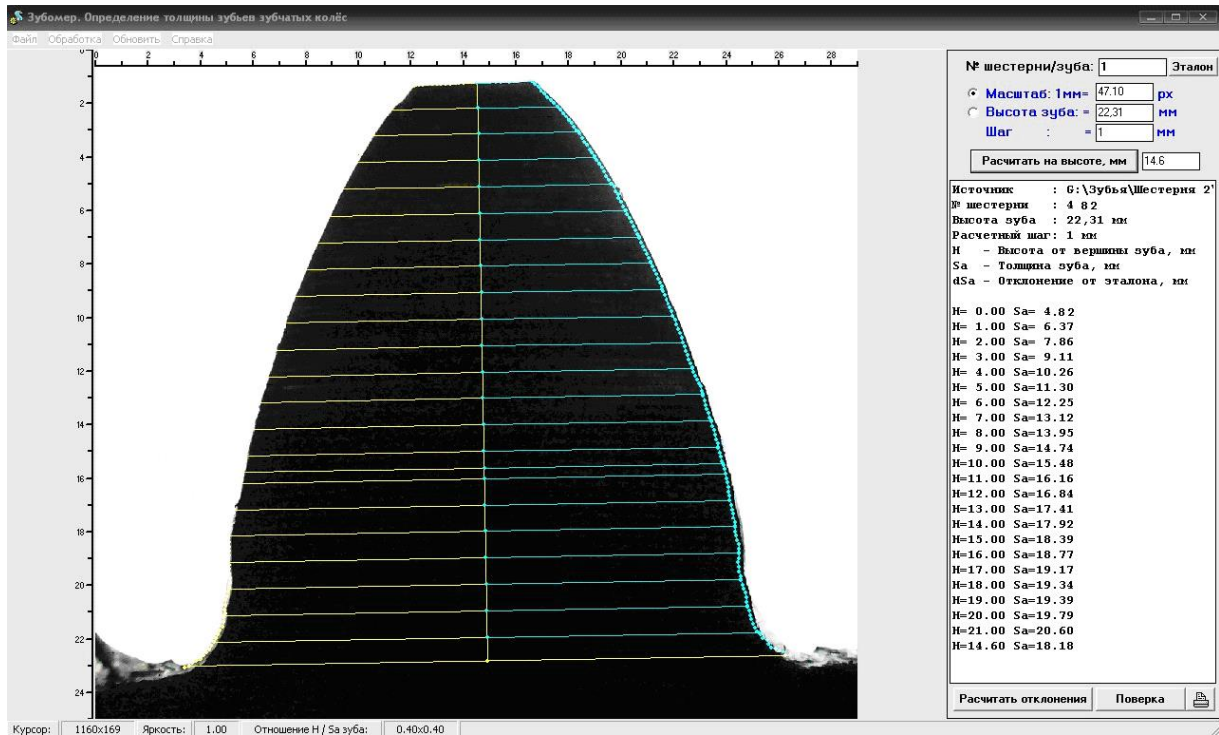


Рис. 2. Головне вікно програми з профілем зубця шестерні та результатами розрахунку товщини зубця.

Застосування запропонованого підходу показало підвищену точність та скорочення працездатності в порівнянні з інструментальними методами вимірювання зубчатих передач.

[1] Пат. 94015 Україна, МПК F16H 1/06 (2006.01) Спосіб визначення товщини зубця симетрично розташованого відносно опор прямозубого зубчатого колеса / Мороз В.І., Братченко О.В., Бобрицький С.В. - №201009172; Заявл. 21.07.2010; опубл. 25.03.2011. Бюл. № 6.

[2] Мороз В.І. Спосіб визначення товщини зубця зубчатого колеса / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький, В.І. Громов // Пат. 103077 Україна, МПК F16H 1/06 (2006.01) Заявл. 30.07.2014; опубл. 10.02.2015. Бюл. № 3

[3] Мороз В.І. Комп'ютерна програма «Зубомер» / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький, В.І. Громов, О.О. Анацький // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63194. 24.12.2015

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS
ON PERFORMANCE OF TRACTION ELECTRIC MACHINES**

*д.т.н. Е.Ф. Кудина^{1,2}, А.С. Залата³, к.т.н. В.В. Карпенко³,
к.т.н. И.В. Приходько¹, П.А. Курицын¹*

¹УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

²Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель

³АО «Завод «ЭЛЕКТРОТЯЖМАШ», г. Харьков

*D. Sc. (Tech.) H.F. Kudina^{1,2}, A.S. Zalata³, PhD (Tech.) V.V. Karpenko³,
PhD (Tech.) I.V. Prihodzko¹, P.A. Kuritsyn¹*

¹Belarusian State University of Transport, Gomel

²V.A. Belyi Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel

³JSC Plant Electrotiyazhmash, Kharkov

Проверка электрической прочности и величины сопротивления изоляции материалов является одним из этапов анализа, определяющих возможность дальнейшей эксплуатации не только диэлектрических материалов, но и оборудования в целом. Особенно это важно, когда речь идет о высоком напряжении. На железнодорожном подвижном составе ряд оборудования эксплуатируется под напряжением до 30 кВ, и снижение сопротивления изоляции, обусловленное ростом температуры, и, как следствие, электрической прочности, может стать причиной пробоя изоляции или перекрытия по поверхности, что может привести к непоправимым последствиям.

Негативное влияние климатических факторов может увеличиться, если к воздействию температуры добавится высокая влажность воздуха. В реальных условиях данные факторы часто являются сопутствующими. Влияние климатических параметров необходимо учитывать при проектировании не только элементов контроля и объектов управления, но и тягового оборудования и, в частности, электрических машин (ЭМ).

Электродвигатели, генераторы и т.д. при работе способны выделять теплоту в окружающую среду и тем самым менять климатические параметры. Это касается, прежде всего, оборудования, работающего в замкнутом пространстве. Нагрев электрической машины в целом и отдельных ее частей, например, обмотки и стали статора, ротора, подшипников, происходит за счет выделения тепла в этих и других частях. Определить расчетом температуру нагрева отдельных частей электрической машины достаточно сложный процесс. Величина установившейся температуры двигателя зависит от нагрузки на его

валу. Приложение значительной нагрузки приводит к выделению большого количества теплоты в единицу времени. Допустимый нагрев ЭМ зависит от класса изоляции обмоток, коллектора, контактных колец и т.д.

Одним из основных свойств изоляции обмоток ЭМ является нагревостойкость материала изоляции. Наибольшее распространение получила изоляция классов В и F, а в специализированных ЭМ, работающих в тяжело нагруженных условиях, используется изоляция класса H. Вместе с тем, большим резервом повышения технических характеристик, в том числе ресурсных характеристик тяговых ЭМ является переход на класс изоляции 200 °С и 220 °С.

В результате исследований установлено, что образцы тяговых ЭМ с классом 220 °С имеют существенно более высокую нагревостойкость изоляции по сравнению с образцами тяговых ЭМ с классом H, а также не уступают в стойкости к низким температурам и демонстрируют способность работать в условиях воздействия повышенной влажности больший срок, чем большинство образцов с классом нагревостойкости H [1]. Оценка качества изоляционных свойств и их сравнительный анализ проводился по изменению электрического сопротивления изоляции при различных видах климатического воздействия.

Совокупность воздействующих на элементы электрооборудования климатических факторов и их характеристики определяются климатической зоной, в которой они эксплуатируются. Значительный интерес вызывает эксплуатация ЭМ в условиях, отличающихся от нормальных. Допустимая мощность ЭМ, определяется по допустимой температуре статорной обмотки при температуре окружающей среды +40 °С и работе на высоте не более 1000 м над уровнем моря. Реальная температура окружающей среды и высота над уровнем моря значительно влияют на величину отдаваемой мощности ЭМ, и если этого не учитывать, они могут работать длительно при температуре окружающей среды превышающей максимальную рабочую. Во избежание недопустимого превышения температуры обмоток отдаваемая мощность должна быть снижена [2].

Учет влияния климатических факторов на стадии разработки и проектирования тягового электрооборудования является важным условием, определяющим длительность и безотказность работы. А перед вводом в эксплуатацию необходимо проведение испытаний с целью подтверждения качества готовой продукции. Особенно это важно для техники, которая эксплуатируется в сложных климатических условиях.

[1] Карпенко, В.В. Исследования систем изоляции класса нагревостойкости 220 °С тяговых электрических машин на устойчивость к воздействию внешних климатических факторов / В.В. Карпенко, Д.Ю. Василенко, С.И. Яцко // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2015. – № 5 (313). – С. 152-159.

[2] Технический каталог электродвигателей Владимирского электромоторного завода ВЭМЗ (РУСЭЛПРОМ). – Владимир: ОАО «Владимирский электромоторный завод». – 2007. – 108 с.

УДК 629.4.083.:629.463

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ З РЕМОНТУ ВАГОНІВ

FEATURES OF ENSURING STABILITY OF PRODUCTION SYSTEMS ON REPAIR OF CARS

к.т.н. Д.І. Волошин¹, Л.В.Волошина¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Ph.D.(Tech.) D.I. Voloshyn¹, L.V. Voloshyna¹

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На поточний момент актуальною науковою задачею є пошук та подальша розробка методів адаптації вагоноремонтних підприємств к нелінійним та стохастичним умовам їх функціонування. За останні роки на вагоноремонтних підприємствах спостерігалися різні негативні явища: порушення ритму виробництва, накопичення морального та фізичного зносу основних фондів, порушення механізмів розподілу та використання оборотних фондів та ін. Це привело до порушень у загальній стійкості підприємств, наслідками чого стали втрати експлуатаційно-технічних властивостей технологічного обладнання, зниження якості ремонту вагонів та їх вузлів, нераціональний рівень собівартості готової продукції та зниження її конкурентоспроможності [1].

Підприємство з ремонту вагонів є нелінійною динамічною системою, яка притаманна велика множина станів рівноваги. Поблизу критичних точок спостерігається неординарне поведження, коли малі зсуви в значеннях перемінних провокують різкі зміни в траєкторії руху виробничої системи[2]. У таких точках біфуркації конкретний напрямок траєкторії залежить від дії слабких (іноді випадкових) збурювань, і подальша еволюція системи стає важко передбачуваною. Тому достатньо важливими стають дослідження, які спрямовані на визначення порогових значень параметрів, при яких в системі відтворюються різноманітні сценарії незворотної зміни траєкторії її руху[3].

На практиці, еволюція складних систем розвивається згідно двох напрямків – вона або підкоряється певному порядку або носить довільний характер. У першому варіанті в послідовності станів стане більше передбачуваних і типових станів, у другому менше. Тому різноманітність станів системи в обох варіантах буде іншим, і упорядкування їх буде означати скорочення кількості варіантів станів за рахунок зменшення "шуму". Відзначимо, що непомірний рівень "шуму" в роботі виробничої системи викликає її дезорганізацію і може загрожувати структурній стійкості системи, якщо не блокувати його ріст.

Комбінація різних технологічних етапів виробничих процесів, що мають визначену тривалість і послідовність у часі, створює визначений режим роботи виробничої системи і варіабельність її станів. При такому підході стійкість поведження виробничої системи буде забезпечена лише в тому випадку, коли

при наростаючій різноманітності станів вона збереже свої параметри в припустимих межах.

Контрольоване поведіння виробничої системи вдається зберігати, завдяки нарощуванню керуючої інформації, здатної утримувати роботу системи в допустимому режимі. Інформація, що вводиться в систему, зменшує варіабельність станів системи і робить її поведіння більш передбачуваним, що і складає один з основних методів загального регулювання та контролю.

В якості міри упорядкованості станів виробничої системи можливим є використання функції, що оцінює ступінь їх однорідності і залежить від числа типів і масштабів виробництва виробів в j -й виробничій системі [4]:

$$h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j} \right)^2, \quad (1)$$

де q_{ij} – трудомісткість ремонту вагонів (або вузлів) i -го типу у виробничій системі, в нормо-годинах;

q_j – трудомісткість ремонту вагонів (або вузлів) всіх типів у виробничій системі, в нормо-годинах;

n_j – програма ремонту вагонів, одиниць;

Сума показників упорядкованості h_j і невпорядкованості h'_j станів виробничої системи є постійною величиною і дорівнює одиниці:

$$h_j + h'_j = 1. \quad (2)$$

Результатом формалізації цих показників є проведення оцінювання однорідності та регулярності станів як в кількісному так і якісному аспектах у межах виробничої системи. Це створює можливості нівелювання деградаційних процесів, які поширилися у залізничній галузі та оптимізації процедур відтворення ресурсів у ринковому середовищі.

[1] Волошин Д.І., Афасенко І.М. Оцінка ефективності функціонування вагоноремонтних підприємств. Зб. наук.праць. – Київ: ДЕТУТ, 2019. – Вип.33. – С. 78-85.

[2] Волошин Д.І., Волошина Л.В. Підвищення динамічної стійкості підприємств транспортної інфраструктури /ІІІ Міжнародна науково-практична морська конференція кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету. Квітень 2021. <http://2021.depas.od.ua/> Режим доступу:<https://drive.google.com/file/d/1O7Zwwr0HRnmHiY1MlnCFs-zaZxxMc64p/view>

[3] Кочкаров, А.А. Управление безопасностью и стойкостью сложных систем в условиях внешних воздействий [Текст] / А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий // Проблемы управления. – 2005. - №5. – с. 70-76.

[4] Управление устойчивостью производственных систем: теория, методология, практика [Текст] / С.В. Чупров. – 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2012. – 354 с. – (Серия «Управление устойчивостью производственных систем».)

УДК 629.4

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ УКРЗАЛІЗНИЦІ

WAYS TO IMPROVE THE ECONOMIC AND TECHNICAL CONDITION OF THE TRACTION ROLLING STOCK OF UKRZALIZNYTSA

*к.т.н А.Л. Сумцов, ст. викладач О.О. Анацький,
магістранти Д.Є. Петрищев, А.І. Божко
Український державний університет залізничного транспорту*

*PhD (Tech.) A.L. Sumtsov, senior lecturer O.O. Anatskyi,
magistrates D.E. Petrishchev, A.I. Bogko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Локомотивний парк та моторвагонний рухомий склад мають середній вік понад 30 років, 26% локомотивів мають вік понад 40 років та експлуатуються з значним перепробігом нормативного терміну експлуатації (максимальний термін 25-30 років).

Лише 4,5% наявних в експлуатації локомотивів компанії знаходяться в оптимальних межах вікового стану. 95,5% локомотивів потребують глибокої модернізації або заміни протягом наступних 10 років (Рис.1) [1].

Наявний парк тягового рухомого складу налічує понад 15 серій локомотивів, більшість з яких відпрацювали свій нормативний термін служби, технологічні рішення яких застаріли на 40-50 років. Зокрема, останній електровоз серії ВЛ-8 побудований в 1967 році, що не заважає йому широко експлуатуватися на залізниці (понад 400 одиниць в парку УЗ).

Наявність великої кількості серій тягового рухомого складу збільшує видатки на утримання ремонтної бази та робить неефективною систему забезпечення експлуатаційної придатності. В майбутній роботі залізниця має орієнтуватись на 5-7 серій локомотивів, що мають забезпечити всі функціональні задачі залізничних перевезень [2].



Рис. 1. Відсоток тягового рухомого складу по строку служби

Водночас не вжиття заходів щодо оновлення чи модернізації локомотивного парку «Укрзалізниці» може призвести до транспортного колапсу і неможливості залізниці виконувати необхідні об'єми перевезень. Так само з застарілим парком рухомого складу Укрзалізняця має значне технологічне відставання ремонтних баз, що не спеціалізовані на обслуговуванні сучасних локомотивів.

Для покращення економічного та технічного стану Укрзалізниці пропонується закупівля нових електровозів подвійного живлення та магістральних тепловозів, але масштабність потреби інвестицій не дозволяє очікувати повного вирішення проблеми в короткостроковій перспективі. До того ж, на даний час не беруться до уваги проблеми маневрових локомотивів, експлуатаційний парк яких налічує понад 1000 одиниць. Для вирішення завдання забезпечення тяги в короткостроковій перспективі в Укрзалізниці повинно бути забезпечено паралельне оновлення парку новими основними серіями локомотивів та проводити модернізацію наявного експлуатаційного парку до сучасного технічного рівня. Як показує досвід інших країн, які вже стикнулися з даним етапом, модернізація 2TE116 та ЧМЕЗ, а також електровозів ВЛ11, ВЛ80 та ВЛ82 має свої перспективи. Водночас дана модернізація має передбачати заміну основного тягового обладнання, систем контролю та управління на сучасні аналоги, які є більш ефективними та мають менші експлуатаційні витрати. В умовах зменшення інтенсивності перевезень та забезпечення перевезень малотоннажних поїздів на малозадіяних ділянках руху, з метою забезпечення мобільності та оперативності перевезень Укрзалізняця в тому числі має розглядати питання вивчення модернізації та поліпшення технічних характеристик тепловозів ЧМЕЗ до рівня можливості забезпечення перевезення малотоннажних поїздів (1000-2500 тон). Тоді як більшість серій локомотивів розраховані на ефективне перевезення поїздів вагою 4500- 5500 тон, що відповідало попереднім темпам та обсягам перевезень, доцільним є вивчення можливості використання модернізованих тепловозів меншою потужності (до 1500 кВт), з меншими експлуатаційними витратами. Також продовжити модернізацію рухомого складу системами вдосконалення систем запуску

[1] [Електроний ресурс]. - Режим доступу: https://www.uz.gov.ua/about/investors/financial_statements/ (Дата звернення: 30. 08. 2021)

[2] [Електроний ресурс]. - Режим доступу: <https://zbk.org.ua/zamovniki/> - (Дата звернення: 30. 08. 2021)

УДК 629.423.24

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ ВШР

INCREASING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF THE BRAKE EQUIPMENT OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK

*Д.М. Глушков, В.В. Євсюков, к.т.н. Н.Д. Чигирик
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*D.M. Glushkov, V.V. Yevsyukov, PhD (Tech.) N.D. Chygyryk
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Загальною тенденцією розвитку і удосконалення рухомого складу залізниць є підвищення потужності і збільшення швидкості руху. Збільшення швидкості руху, в свою чергу, приводить до пропорційного зростання актуальності проблеми ефективного гальмування. До складових елементів гальмівних систем висувають досить великий перелік вимог, що в сукупності повинні забезпечувати повну безпеку при гальмуванні, відповідність постійно зростаючим нормам щодо величини допустимого гальмівного шляху, тривалості гальмування і уповільнення [1].

Крім того, повинні забезпечуватися певна тривалість строку експлуатації, економічність і технологічність процесу виготовлення і ремонту, незалежність трибологічних характеристик від температурних і погодних умов, стабільність при тривалих строках експлуатації гальмівних систем, малошумність процесу гальмування і ін. Постійно зростаючі вимоги з енергонавантаженості гальмівного обладнання стимулюють дослідження зі створення все нових типів фрикційних матеріалів з більш високими експлуатаційними характеристиками.

Серед сучасних фрикційних матеріалів останнього покоління, які потенційно можуть бути використані у високонавантажених системах гальмування, особливе місце займають композиційні матеріали (КМ) з вуглецевою (вуглець-вуглецеві КМ-ВВКМ) і керамічною (керамічні КМ-ККМ) матрицею, армовані вуглецевими і іншими типами волокон. Можна відзначити наступні переваги систем гальмування на основі ВВКМ і ККМ у порівнянні із системами на основі традиційних фрикційних матеріалів, насамперед, металевих і металокерамічних:

- низка щільність, що дозволяє зменшити вагу систем гальмування до 60%;
- висока стійкість до зношування за різних атмосферних умов експлуатації, що дозволяє суттєво побільшати максимальну кількість гальмувань до ремонту;
- поглинання при гальмуванні великої кількості кінетичної енергії шляхом перетворення її в теплову, без пошкоджень елементів гальмівного обладнання.
- висока стійкість до термічного удару;
- висока допустима температура експлуатації - більш 1000 °С.

Серед сучасних волокнистих ККМ виділяються композити з SiC матрицею, армовані вуглецевими волокнами. Завдяки винятково високій твердості і стійкості до абразивного зношування карбіду кремнію, такі композити є одними із найперспективніших сучасних матеріалів для виготовлення виробів триботехнічного і, насамперед, фрикційного призначення [2].

Застосування нового композитного матеріалу забезпечить:

1. Зниження невіднесеної маси швидкісного електропоїзда до 5 тис. т за рахунок використання невентильованих гальмівних дисків;
2. Знижується інтенсивність зношення бандажів колісних пар та рейок в середньому на 30%;
3. Збільшується максимальна кількість гальмувань до критичного зносу деталей гальмівної пари «диск-накладка» на 40%;
4. Зменшення обсяг викидів продуктів тертя в навколишнє середовище, що покращує екологічну обстановку.

[1] Кулик В.И., Устинова Д.Ф., Нилов А.С. Современные системы торможения на основе фрикционных композитных материалов с углеродной и керамической матрицей. *Оборонный заказ. Интернет-приложение* 2007. №17. URL: <http://www.ozakaz.ru/index.php/articles/n-25-12-2007/217-n27032011-18-45> (дата звернення 28.08.2021).

[2] SiC–SiC композиты, армированные нитевидными кристаллами / Д.В. Гращенко та ін. «*Все материалы. Энциклопедический справочник*», 2012. №5. С. 1-13.

УДК 621.891

**АВТОМАТИЗОВАНА ВИМІРЮВАЛЬНО-МОДЕЛЮЮЧА СТЕНДОВА
УСТАНОВКА «МАШИНА ТЕРТЯ» ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНТАКТУ «КОЛЕСО-РЕЙКА»**

**AUTOMATED MEASURING AND MODELING BENCH «FRICTION
MACHINE» FOR STUDYING THE FRICTIONAL PROPERTIES OF THE
«WHEEL-RAIL» CONTACT**

*к.т.н. М.В. Ковтанець¹, к.т.н. В.С. Ноженко¹,
Т.М. Ковтанець¹, М.М. Вакулік¹, О.О. Винокуров¹*
¹*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
(м. Сєвєродонецьк)*

*PhD (Tech.) M.V. Kovtanets¹, PhD (Tech.) V.S. Nozhenko¹,
T.N. Kovtanets¹, M.M. Vakulik¹, A.A. Vinokurov¹*
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University (Severodonetsk)

Проблема зчеплення є однією з найактуальніших для залізничного транспорту. Тому поряд з теоретичними розробками проводяться і експериментальні дослідження зчеплення [1]:

- на фізичних і математичних моделях у лабораторних умовах;
- на каткових стендах з натурними одиницями рухомого складу;

- на ділянках залізниць з існуючими типами локомотивів.

При дослідженні сили зчеплення локомотивів на реальному рейковому шляху виключається неадекватність умов експерименту і експлуатації. Однак такі експерименти вимагають значних витрат коштів і часу. В експлуатаційних умовах фрикційний стан поверхонь коліс і рейок оцінюють спеціальними приладами – трибометрами. На жаль, за допомогою трибометра неможливо окремо досліджувати вплив швидкості ковзання і температури у контакті на коефіцієнт тертя ковзання.

У зв'язку з цим актуальним питанням є створення сучасного, автоматизованого стендового обладнання для дослідження коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою, що відображає реальні умови контактування взаємодіючих поверхонь.

На кафедрі Залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин створена автоматизована вимірювально-моделююча установка «Машина тертя» (АВМУ «Машина тертя») для дослідження фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» [2, 3, 4], яка дозволяє вирішити наступні завдання:

- визначити коефіцієнт тертя колеса з рейкою при реальних забрудненнях (вода, масло, дизельне паливо);
- оцінити вплив активації поверхонь на реалізований коефіцієнт тертя;
- автоматично моделювати за допомогою мікроконтролерів, процеси набору крутного моменту для зриву в боксування;
- визначити коефіцієнт тертя в режимі чистого тертя ковзання (юза) контактуючих поверхонь, при цьому реалізується режим кочення з ковзанням.

АВМУ «Машина тертя» складається з механічного та електричного вузла. У механічний вузол входить основний і додатковий візки. Основний візок машини тертя містить раму, систему важелів і роликів, за допомогою якої рама кріпиться до рейки з можливістю лінійного переміщення уздовж її осі. На візку розміщено орієнтує і вимірювальний вузли. Орієнтує вузол призначений для орієнтації робочого ролика вимірювального вузла по нормалі до заданої точки поверхні кочення рейки. Вимірювальний вузол призначений для передачі робочому ролику вертикального зусилля й крутного моменту, а також для вимірювання вертикального зусилля, кутової швидкості робочого ролика і його сили тертя об рейку.

Для надання АВМУ «Машина тертя» заданої швидкості до основного візка жорстко прикріплений додатковий візок. Він призначений для передачі тяговому ролику вертикального зусилля й крутного моменту, а також для вимірювання кутової швидкості тягового ролика.

На візках розміщений мікропроцесорний блок, в якому розміщені мікропроцесорна плата з двома мікропроцесорами, блок живлення, два модуля гальванічної розв'язки (тензопідсилувачі) і роз'єм для підключення одного кінця інформаційного кабелю СОМ-порт для передачі даних на ноутбук чи ПК.

Особливістю машини тертя є досить широкий діапазон виміру кутової (0...70) с⁻¹ і лінійної (0...2) м/с швидкостей робочого ролика. За рахунок відносного тертя поверхонь відбувається розігрів контакту «ролик-рейка».

Окремо регулюючи поступальну і кутову швидкості робочого ролика, можна окремо досліджувати вплив швидкості ковзання і температури в зоні контакту на коефіцієнт тертя ковзання при коченні з ковзанням.

Таким чином, розроблена конструкція стендової установки і методика досліджень коефіцієнта тертя ковзання дозволяють отримати необхідні для теорії зчеплення залежності на натурній рейці в різних режимах взаємодії і при різних фрикційних станах контактуючих поверхонь.

[1] Костюкевич А.И. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» / А.И. Костюкевич, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2013. – Ч.1, № 18 (207). – С. 33-37.

[2] Патент України на корисну модель №65999 Машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» / Костюкевич О.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Черніков В.Д., Цигановський І.О.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u201105040; заявл. 20.04.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. – 4 с.

[3] Патент України на корисну модель №115547 Машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» / Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Мокроусов С.Д., Просвірова О.В., Анофрієв А.Д.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2016 09295; заявл. 06.09.2016; опубл. 25.04.2017, Бюл. №8. – 4 с.

[4] Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №63934 «Комп'ютерна програма «Система автоматизованої реєстрації та обробки експериментальної інформації отриманої на стендовій установці «Машина тертя» / Ковтанець М.В., Горбунов М.І., Костюкевич О.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С., Ноженко О.С., Кара С.В., Гриндей П.О.

УДК 629.4.083

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ОБЛАДНАННЯ ЛОКОМОТИВА

DEVELOPMENT OF METHODS FOR FORECASTING THE RESIDUAL LIFE OF LOCOMOTIVE EQUIPMENT

*к.т.н. О.М. Обозний,
магістранти В.М. Михайлишин, Ю.П. Коваленко, А.О. Мовчан
Український державний університет залізничного транспорту*

*PhD (Tech.) O.M. Obozny,
magistrates V.M Myhailyshyn, Yu.P. Kovalenko, A.O. Movchan
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Складність проблеми прогнозу залишкового ресурсу обладнання пов'язана в першу чергу з розробкою принципів побудови алгоритму і опису математичної моделі прогнозу. Зазначена модель повинна представляти собою певну сукупність фізичних властивостей і характеру процесів деградації обладнання в часі за весь період експлуатації.

Для оцінки поточного технічного стану вузлів локомотива необхідна спеціальна методика, яка передбачає використання обсягу інформації, отриманого за результатами проведених спеціальних обстежень в період

планово-попереджувальних ремонтів, технічного обслуговування та передрейсових підготовок. Така методика повинна бути оптимальна по трудовитратах на проведення обстежень обладнання, не суперечити чинним нормативним документам, а також дозволяти отримати кінцеві результати в зручному та доступному для широкого кола фахівців вигляді.

Методика спрямована в першу чергу на визначення здатності локомотива виконувати необхідні функції при виконанні рейсу. Оцінка технічного стану обладнання локомотивів заснована на аналізі динаміки зміни визначальних параметрів, що характеризують необоротні зміни [1-3].

Оцінку технічного стану конкретного локомотива після виконання рейсу можливо здійснювати шляхом визначення коефіцієнта можливості виконання рейсу (K_{MBP}), який обчислюється для кожного визначального параметра шляхом порівняння вимірюваного в даний момент часу значення цього параметра з початковим і граничним значеннями. Під початковими значеннями вимірюваних параметрів обладнання приймається значення, зазначені в паспортах і протоколах заводських випробувань. При відсутності таких значень в якості вихідних можуть бути прийняті значення параметрів, отримані при приймально-здавальних випробуваннях.

Коефіцієнт можливості виконання рейсу може бути обчислений за формулою

$$K_{MBP} = 1 - \prod_{i=1}^n \frac{P_{0i} - P_{Bi}}{P_{0i} - P_{Gi}} \quad (1)$$

де P_{0i} – початкове значення i -го визначального технічного параметра по заводському паспорту, або по приймально-здавальних випробуваннях;

P_{Bi} – вимірне значення i -го визначального параметра при проведенні технічного обслуговування або передрейсової підготовки;

P_{Gi} – граничне значення i -го визначального параметра, при якому експлуатація даного обладнання не припустима (за вимогами нормативних документів).

Повний діапазон, в якому може змінюватися визначає параметр, дорівнює значенню $P_{0i} - P_{Gi}$.

Діапазон зміни визначального параметра з моменту проведення вимірювань до досягнення ним граничного значення визначається виразом – $P_{Bi} - P_{Gi}$.

Відношення діапазону зміни визначального параметра з моменту проведення вимірювань до досягнення ним граничного значення до повного діапазону характеризує поточний технічний стан обладнання по i -му визначальному параметру

На початку експлуатації, коли значення визначального параметра дорівнює паспортному ($P_{0i} = P_{Bi}$), $K_{MBP} = 1$.

По мірі виконання рейсів вимірне значення визначального параметра зменшується (збільшується) і при $P_{Bi} = P_{Gi}$ коефіцієнт $K_{MBP} = 0$.

Таким чином, можливість виконання рейсу локомотивом, що лімітується технічним станом обладнання по даному визначальному параметру пропонується оцінювати коефіцієнтом можливості виконання рейсу $K_{\text{мвр}}$, який змінюється в межах від 1 до 0.

Так як по кожному типу обладнання може бути кілька параметрів, що визначають його здатність до виконання функціонального призначення, загальний фактичний технічний стан визначається значенням мінімального коефіцієнта можливості виконання рейсу $K_{\text{мвр}}$ одного з параметрів (домінуючого коефіцієнта), значення якого максимально наближене до граничного в порівнянні з іншими визначальними параметрами.

Для більш точної оцінки залишкового ресурсу відстежується механізм динаміки зміни фактичного технічного стану локомотива за значеннями середньої швидкості зміни визначальних параметрів після виконання конкретного рейсу.

[1] Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 312 с.

[2] David Smith Reliability, Maintainability and Risk 6th Edition Elsevier 2001

[3] Patrick D. T. O'Connor, Andre Kleyner Practical Reliability Engineering 5th edition Wiley 2012

УДК 629.463.027.27-048.35

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ГАЛЬМОВИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

THEORETICAL FOUNDATIONS DESIGN AND IMPROVEMENT BRAKE SYSTEMS OF FREIGHT WAGONS

к.т.н. В. Г. Равлюк, к.т.н. В. В. Захарченко

Український державний університет залізничного транспорту

PhD (Tech.) V. Ravlyuk, PhD (Tech.) V. Zakharchenko

Ukrainian State University of Railway Transport

Створення рухомого складу нового покоління повинно здійснюватися на основі інноваційного підходу, тобто створення якісно нових конструкцій вагонів, які характеризуються високою надійністю, економічністю в експлуатації та технічному утриманні.

Для забезпечення своєчасних перевезень рухомий склад, нарівні з іншими технічними засобами, повинен працювати безвідмовно та гарантувати безпеку руху особливо при гальмуванні. Тому гальма є однією з основних складових частин сучасного рухомого складу, від рівня досконалості конструкції, ефективності, надійності й безвідмовної роботи яких в значній мірі залежить безпека руху поїздів, а також пропускна та перевізна здатність залізниць.

Аналіз безпеки руху у вагонному господарстві АТ «Укрзалізниця» за 2005-2020 рр. свідчить про те, що механічні системи гальм візків вантажних вагонів є дуже вразливі в нинішніх умовах й у більшості експлуатаційного вагонного парку знаходяться у незадовільному стані. Тому у провідних організаціях, що тісно пов'язані з залізничним транспортом, виконуються роботи щодо підвищення довговічності та надійності гальм вантажних поїздів.

На практиці проектування та вдосконалення гальмової системи вантажного рухомого складу, являє собою тривалий ітеративний процес розробки та впровадження проектних рішень, що вимагає, крім розрахунків, використання численних експериментальних методів дослідження та випробовувань. Однак експериментальні випробування гальмових систем та їх елементів у існуючій практиці не охоплюють усіх особливостей їх функціонування. Облік перспективних умов дуже складний. У той же час, витрати на випробування значно зросли, що призводить або до значного підвищення вартості всього комплексу робіт, або до коригування випробувальних програм у бік зменшення їх обсягу. Практика побудови гальмових систем вантажних вагонів показує, що на першому етапі конструктор має, як правило, кілька конструктивних варіантів, що вимагають обґрунтування з точки зору вибору прийняттого. У той же час розробка конструктивних рішень в умовах проектно-конструкторських відділів заводів, здійснюється на основі певних розробок, інженерного досвіду, знань переваг та недоліків окремих схем і вузлів, на основі методів, що рекомендуються та використовуються, так само й методів розрахунку. Важливо зазначити, що рекомендовані методи розрахунку гальмових систем, а саме механічної частини гальма, дозволяють з певними припущеннями охоплювати лише незначну частину показників автогальм, які є досить важливими.

До типових методів відносять «Типовий розрахунок гальма», прийнятий в якості тестового розрахунку, розрахунок елементів важільної передачі на міцність, розрахунок гальмового шляху тощо. Наприклад, фактичне натискання колодки на колеса визначають без урахування ефекту зміни положення ланок та їх ваги для цього значення, що зрозуміло із схеми розрахунку. Такий підхід не дозволяє оцінити гарантію важеля, а його відсутність, як показала практика, можна виявити лише на супутніх випробуваннях. Інший недолік методу, що використовується полягає в тому, що роль корегувального коефіцієнта відіграє так звана ефективність. Значення цього коефіцієнта в основному визначаються експериментально і рекомендуються для різних типів вагонів. Зміна коефіцієнта в експлуатації призводить до певних труднощів у обґрунтуванні його значень у рамках рекомендованих підходів до нової гальмової системи на стадії проектування. Окрім зазначеного, на стадії проектування практично відсутні показники надійності, а оцінка технологічності та ремонтпридатності дуже ускладнена й нерозривно пов'язана з особливостями конструкції гальмових систем, їх виготовленням та обслуговуванням.

За результатами виконаної роботи необхідно зазначити, що:

- перспективні шляхи створення інноваційних вантажних вагонів обумовлюють актуальність виявлення і обґрунтування технічних вимог на перспективні гальмові системи на основі всебічного системного аналізу

особливостей функціонування існуючих механічних гальмових систем в експлуатації, обґрунтування необхідних вихідних характеристик і нормативів, визначення принципів положень щодо майбутнього гальма вантажного вагона;

- методи, які використовуються на стадії проектування, не дозволяють оцінити широке коло критеріїв і факторів, що обумовлюють вибір найбільш раціональних параметрів механічних гальмових системи вантажних вагонів, так само ускладнена оцінка показників якості функціонування в широкому спектрі умов експлуатації.

[1]Інструкція оглядачу вагонів [Текст] : ЦВ-0043: Затв. нак. Укрзалізниці №737-Ц від 28.12.01. – Вид. офіц. К.: 2002. – 186 с..

[2]Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів [Текст] : ЦВ – ЦЛ – 0013. – Затв. нак. Укрзалізниці ум. № 312–Ц 07.06.01. – Вид. офіц. – К. : 2002. – 146 с.

[3]Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : [Текст] : ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 : затв. наказом Укрзалізниці від 28 жовтня 1997 р. № 264-Ц. —Київ, 2004. – 146 с.

[4]Устройство по равномерномуизносу тормозных колодок. / М 1180.000 / Технические условия // – 6 с.

УДК 625.7/8

НАДІЙНІСТЬ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

RELIABILITY OF THE HUMAN FACTOR ON RAIL TRANSPORT

аспірант В.П. Семенов

Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

post-graduate student V. P. Semenov

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Питання надійності людського фактору на транспорті стає особливо актуальним в зв'язку з підвищенням інтенсивності руху. Професія машиніста, помічника машиніста локомотивів та моторвагонного рухомого складу пред'являє певні вимоги до психічних та фізіологічних якостей організму. Причиною цього є специфіка трудової діяльності руху, на людину діють шкідливі фактори (шум, вібрація, нераціональна освітленість робочого місця в темний час доби, електромагнітне випромінювання, статична електрика і т.д.). Особливе місце займає несприятлива дія на організм група психофізіологічних факторів: нервнопсихологічні перевантаження з розумовими перенапружками на фоні монотонної праці з періодичними емоціональними стресами, перевантаження аналізаторів (слухового, зорового, тактильного). Несприятливі психофізіологічні фактори погіршують негативну дію на організм факторів робочого середовища та збільшують фізіологічну "вартість" безпеки процесу перевезень. Численні факти показують, що до 80% аварій та сходів на

транспорті відбувається по вині людського фактору: недостатньої стресостійкості та втрати концентрації уваги від "початкового" рівня, а також якості навчання.

Оцінка на відповідність вимогам, нових працівників при працевлаштуванні на посаду машиніста та помічника машиніста локомотивних бригад, відбувається спеціалістом психологом локомотивного депо з метою встановлення відповідності вимогам нормативних документів АТ "Укрзалізниця". Вона включає в себе тестування професійно важливих якостей (ПВЯ) та вивчення особливостей особистості.

При переході з одного депо в інше, якщо тривалість перерви в роботі складає в роботі складає не більше одного року, дані про професійне психофізіологічне тестування можна залишити в силі. На нове місце роботи необхідно надати заключення психолога та протокол обстежень.

Нижче в таблиці 1 наведено методики, критерії їх оцінки та особливості проведення психофізіологічних обстежень при відборі машиністів та помічників машиністів локомотивів пасажирського та вантажного руху.

Таблиця 1 - Перелік методик, критеріїв їх оцінок та особливостей проведення обстежень машиністів, помічників машиністів локомотивів пасажирського та вантажного руху

№ п/п	Перелік ПВЯ	Методики оцінки ПВЯ	Критерії оцінки (позитивної)	Особливості проведення методики
1	Готовність до екстрених дій.	Методика визначення готовності до екстрених дій.	$P \leq 0,250$ с $N(Vp > 1 \text{ с}) < 4N$ пропусків сигналів без попередження – не більше 3. Пропуск сигналів з попередженням не допускається.	Тривалість обстеження – 1 год (для машиністів та п\м, працюючих в одну особу).
2	Готовність до екстрених дій та надійність роботи в стані втоми.	Методика визначення надійності роботи в стані втоми.	1-а година: оцінка результатів аналогічна оцінки результатів ГЕД; 2-га година: $P \leq 0.250$ с, відношення пропущених сигналів (не повинно	Проведення обстеження – 2 години (для машиністів швидкісних поїздів та працюючих в одну особу).

			перевищувати 0,4).	
3	Швидкість переключення уваги.	Методика визначення швидкості переключення уваги на червоно-чорних таблицях Шульте-Платонова.	Час виконання 1-го та 2-го завдань не повинно перевищувати 90 сек.; час виконання 3-го завдання не повинно перевищувати 330 с.; $T_y \leq 150$ с.	Виконується завдання. Допускається виконання тренувального завдання по окремій таблиці.
4	Завадостійкість.	Методика визначення емоціональної стійкості (завадостійкості).	Час виконання завдання не повинно перевищувати 430 с; $T_y \leq 100$ с.	Методика є продовженням методики визначення швидкості переключення уваги. Завдання виконується в умовах перешкод.
5	Стресостійкість.	Методика визначення стресостійкості.	$T_3 \geq T_4$; $N_4 - N_3 \leq 2$; $T_4 < 0.6$ с.	Виконується 4 завдання.

[1] Курепин Д.Е., Алиев О.Т. Перспективное направление исследования психофизиологического состояния машинистов транспортных средств. Материалы 6-й Международной научно-практической интернет-конференции. "Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах СНГ", Переяслав-Хмельницкий, 22-24 декабря, 2012, 15-18с.

[2] Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Алиев О.Т. Современные методы контроля психофизиологическим состоянием машиниста высокоскоростного движения. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции "Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013". Том 1 Одеса, 2013., 134с.

УДК 621.436.2

**АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЗІВ ПРИ
ВИКОРИСТАННІ ГАЗОМОТОРНОГО ПАЛИВА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ
УКРАЇНИ**

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF DIESEL ENGINES WHEN USING
GAS ENGINE FUEL ON THE RAILWAYS OF UKRAINE**

*магістр М.А. Міленко, магістр Б.І. Струмілов, магістр В.О. Лещенко,
ст. викладач О.В. Клименко¹*

Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

*master M.A. Milenko, master B.I Strumilov, master V.O. Leshchenko,
senior teacher O.V. Klymenko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На сьогоднішній день компанія ПАТ «Укрзалізниця» являється одним з найбільших споживачем енергетичних ресурсів на території України, яка щорічно витрачає на тягу поїздів велику кількість дизельного палива, що становить близько 7 % загального споживання в країні [1].

Перехід на газомоторне паливо дозволяє поліпшити тягові властивості автономних локомотивів, збільшити їх напрацювання на відмову, скоротити витрату дизельного палива, знизити викиди шкідливих речовин. Впровадження газомоторної техніки на залізничному транспорті передбачає заміну тягового автономного рухомого складу, що працює на дизельному паливі, локомотивами, що працюють на природному газі.

Термодинамічні та екологічні переваги газомоторного палива в порівнянні з дизельним обумовлені енергетичними і фізичними показниками газового палива. За вітчизняними та зарубіжними даними при експлуатації дизелів на газомоторному паливі кількість викидів токсичних речовин знижуються по вуглеводневому складу і окислам азоту в 1,5 - 2,0 рази. При роботі у газодизельному процесі відбувається значне зниження димності та відбувається підвищення економічності (на 2-5%), збільшення ресурсу, міжремонтного пробігу та терміну служби моторного масла (на 20 - 40%) [1 - 5].

Виявлені залежності питомої ефективної витрати дизельного палива дизеля 6ЧН31/36 при заміщенні дизельного палива природним газом в кількості 5%. Питома ефективна витрата дизельного палива зменшилася в середньому на 8-12% в залежності від режиму роботи дизеля (рис. 1).

На холостому ході дизель працює по дизельному циклу, так як процес згоряння природного газу нестабільний (невисокі температури і тиск робочого циклу). На рисунку 2 показано збільшення ефективної потужності дизеля в залежності від режиму роботи в середньому на 2-4% при подачі природного газу до дизельного палива, не перевищуючи межі паспортних значень, закладених конструкцією дизеля.

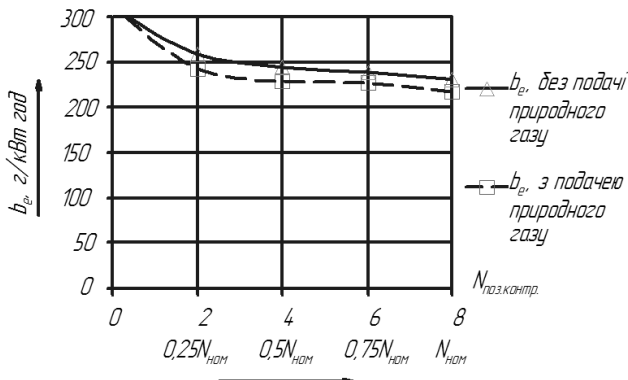


Рис. 1. Зміна питомої ефективної витрати дизельного палива дизеля тепловоза при роботі на сумішевому паливі

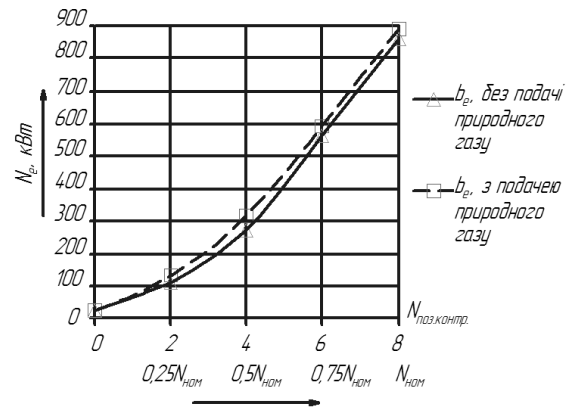


Рис. 2. Зміна ефективної потужності при роботі дизеля на сумішевому паливі

На підставі проведених наукових досліджень [6] щодо застосування природного газу на тепловозних дизелях в експлуатації стало можливим підвищення їх паливної економічності. Однак існуючий рівень паливної економічності не дозволяє досягти високих показників ефективності роботи тепловозів. Тому актуальними є питання по підвищення паливної економічності тепловозних дизелів за рахунок застосування газомоторного палива.

- [1] Носырев, Д. Я. Перспективы и проблемы применения водорода в локомотивных энергетических установках: Монография [Текст] / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, С. А. Петухов / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – Самара, 2014. – 112 с.
- [2] Kleinschmidt W. Einfl ussparameter auf den Wirkungsgrad und auf die NO-Emission von Aufgeladenen Dieselmotoren // 4.Aufl adetechnische Konferenz.: VDI Bericht. – Dusseldorf, 1991. – № 910. – 28 s.
- [3] Nanthagopal, K. Hydrogen enriched compressed natural gas - a futuristic fuel for internal combustion engines / K. Nanthagopal, R. Subbarao, T. Elango, P. K. Baskar // Thermal science. – 2011. – Vol. 4. – S. 45-54.
- [4] Наказ №113-Ц. Методика розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів (ЦТ-0099). - Введ. 2004-06-09. – Київ:, 2004. - 62 с.
- [5] Наказ №204-Ц. Положення про інспекцію з контролю ефективності використання енергоресурсів Укрзалізниці. - Введ. 2014-05-16. – Київ:, 2014. - 10 с.
- [6] Носырев Д.Я., Муратов А.В., Петухов С.А. Теоретическая модель расчета внутрицилиндровых параметров локомотивных энергетических установок при использовании альтернативных видов топлива // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 5 (35). – С. 26-29.

Секція
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ

УДК629.4.083:629.45

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ У ВАГОНАХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ

THEORETICAL FUNDAMENTALS OF FIRE SAFETY IN PASSENGER CAR TRAINS

*к.т.н. А.О.Каграманян, к.т.н. В.В.Бондаренко
Український державний університет залізничного транспорту*

*PhD (Tech.) A. Kagramanyan, PhD (Tech.) V. Bondarenko
Ukrainian State University of Railway Transport*

Одним із шляхів підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень залізничним транспортом, є забезпечення високої безпеки руху поїздів, швидкості та надійності перевезень. Забезпечення пожежної безпеки пасажирських поїздів є однією зі складових безпеки руху, якій, безумовно, повинна приділятися велика увага.

З метою забезпечення пожежної безпеки у вагонах пасажирських поїздів на кафедрі «Інженерія вагонів та якість продукції», по замовленню АТ «Укрзалізниця», було розроблено стандарт підприємства «Інструкція з пожежної безпеки у вагонах пасажирських поїздів» (номер державної реєстрації: 0118U006270). Даний стандарт було розроблено у зв'язку зі скасуванням інструкції ЦЛ-0056 «Інструкція з пожежної безпеки у вагонах поїздів», затвердженої Наказом Державної адміністрації залізничного транспорту від 03.02.06 № 043-Ц).

Стандарт призначений для забезпечення пожежної безпеки в пасажирських вагонах, вагонах-ресторанах, багажних вагонах, вагонах-електростанціях, службово-технічних вагонах, вагонах для перевезення легкових автомобілів, вагонах зчленованого типу та в інших вагонах, що експлуатуються у ПАТ «Укрзалізниця». Він не розповсюджується на поїзди категорії «Інтерсіті +».

Даний стандарт має застосовуватись для працівників, що пов'язані з ремонтом, модернізацією, технічним обслуговуванням і експлуатацією вагонів на вагоноремонтних підприємствах, технічних станціях, в пунктах формування та обороту, на станціях по шляху проходження пасажирського поїзда, при обслуговуванні вагонів, що знаходяться у відстої, для бригад пасажирських поїздів, що обслуговують обладнання вагонів під час перевезення.

У результаті проведеної роботи був оновлений теоретичний матеріал з посиланнями на нові джерела інформації [1-9]. Наведені нові п'ять класів пожеж (А, В, С, D та F) відповідно до ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж». Теоретичний матеріал доповнений ілюстрованими додатками у обсязі 71 сторінки, у яких представлені:

- форма посвідчення про проходження спеціального навчання (пожежно-

технічного мінімуму);

- норми оснащення рухомого складу первинними засобами пожежогасіння, пожежним обладнанням і інструментом;
- засоби індивідуального захисту;
- основні типи вогнегасників;
- тактичні прийоми застосування вогнегасників;
- системи автоматичної пожежної сигналізації.

Вважаємо, що теоретичний матеріал, який викладений у «Інструкція з пожежної безпеки у вагонах пасажирських поїздів», буде позитивно сприяти дотриманню вимог пожежної безпеки у поїздах та на залізничному транспорті у цілому.

[1] ДСТУ 4049-2001 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки

[2] Правила технічної експлуатації залізниць України

[3] Правила пожежної безпеки України

[4] ЦУО 0038 Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті

[5] ЦУО 0023 Норми оснащення об'єктів і рухомого складу залізничного транспорту пожежною технікою та інвентарем

[6] ЦУО 0022 Інструкція про порядок дій працівників залізничного транспорту при виявленні та гасінні пожеж у рухомому складі залізничного транспорту

[7] ЦУО 0033 Настава з організації і проведення пожежно-профілактичної роботи на залізничному транспорті

[8] ДСТУ 7773:2015 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги

[9] ЦУО-0039 Технічні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки пасажирських вагонів

УДК 621.311.25

ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОТРЕБИ СТОРОННІХ СПОЖИВАЧІВ

DETERMINATION THERMAL ENERGY CONSUMPTION FOR TECHNOLOGICAL NEEDS OF THIRD-PARTY CONSUMERS

*к.т.н. А.О. Каграманян¹, к.т.н. О.В. Василенко¹,
асистент А.В. Онищенко¹, А.І.Підпригора²*

¹ *Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

² *Регіональна філія «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» (м. Харків)*

*PhD (Tech.) A. Kagramanian¹, PhD (Tech.) O. Vasilenko¹,
assistant A. Onyshchenko¹, A. Pidiprygora²*

¹ *Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

² *«Southern Railway» Regional Branch of JSC «Ukrzaliznytsia» (Kharkiv)*

На підприємствах АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» існуючі котельні забезпечують постачання теплової енергії як на побутові так і на технологічні потреби споживачів. Є ряд споживачів які отримують від котельні на технологічні потреби суху пару з ступенем сухості $x=1$. Ця пара виконує роботу на технологічному обладнанні та змінює ступень сухості $x<1$. Далі пар залежно від

потреби повертається на котельню або отримує сторонній споживач для власних потреб. Відповідно до діючого законодавства відсутня нормативна база для обліку споживання пара з ступенем сухості $x < 1$. Для вирішення цієї проблеми на кафедрі «Теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту» Українського державного університету розроблена методологія для визначення витрати теплової енергії на технологічні потреби підприємства.

Для визначення обсягу споживання теплової енергії сторонніми споживачами необхідно визначити наступні вихідні данні: довжина прямої ділянки зворотного паропроводу перед теплообмінником стороннього споживача, внутрішній діаметр зворотного паропроводу, надлишковий тиск теплоносія перед теплообмінником, температура теплоносія перед теплообмінником, ступінь сухості вологого пару, встановлення лічильника гарячого водопостачання на зворотному трубопроводі після конденсації вологої пари в теплообмінному апараті, виходячи із вихідних даних проводимо розрахунок параметрів вологого пару [1,2] перед теплообмінним апаратом, так як вологий пар в теплообміннику сконденсується повністю, то витрату води після теплообмінника визначаємо за допомогою лічильника гарячої води, який встановлюється на зворотному трубопроводі, щоб визначити витрату теплової енергії на теплообміннику необхідно привести теплоносій до одного агрегатного стану, як на вході так і на виході, тому визначаємо параметри теплоносія в зворотному трубопроводі при умові фазового стану – вода та тиску з вихідних даних, для визначення параметрів теплоносія після теплообмінного апарату скористаємося емпіричними залежностями для термодинамічних показників за умови, що температура теплоносія не буде перевищувати 100 °С.

Розроблена методика дозволяє визначення витрати теплової енергії на технологічні потреби підприємства без встановлення окремого теплового лічильника.

[1] Ривкин С. Л., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. службой стандартных справочных данных—2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984, 80 с. с ил.

[2] Єрошенко С.А., Пелепейченко В.І., Крушодольський О.Г., Шаройко Н.А. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Розрахунок повітряно-водяного теплообмінного апарату, ребри якого оребрені дровою спіраллю». – Х.: УкрДАЗТ, 2000. – 28 с.

УДК 621.43

**ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ТА ВИКИДІВ
ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
ПРАЦЮЮЧИХ НА ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ**

**FEATURES OF DETERMINATION OF FUEL CONSUMPTION AND
EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES OF ENGINES OF VEHICLES
WORKING ON GAS FUEL**

*д.т.н. І.В. Грицук, ст.викл. Д.С. Погорлецький, к.т.н. І.В. Худяков,
Херсонська державна морська академія (Херсон)*

*D.Sc. (Tech.) Gritsuk I., Pogorletsky D., PhD (Tech.) Khudiakov I.
Kherson State Marine Academy (Kherson)*

Витрата палива транспортних засобів (ТЗ), зазвичай зводиться до пройденої відстані; для спеціальних ТЗ (морських та стаціонарних) також може визначатися годинна витрата палива. На фактичну витрату впливають якість палива, умови експлуатації, тому для порівняння ці параметри нормуються. В цілому можна впевнено заявити, що майже всі елементи конструкції транспортного засобу впливають на витрату палива. Починаючи від двигуна, трансмісії, маса транспортного засобу, коефіцієнт аеродинамічного опору, енергоспоживання додаткового обладнання, шини і так далі. Раніше розрахунок витрати палива визначався при проведенні заводських випробувань та дорожніх випробуваннях на спеціальних треках, зараз цей метод частково збережений, але застосовується для вибіркового контролю витрат палива ТЗ, перевірка визначається внутрішньозаводськими технічними умовами. Із зростанням вимог ринку була розроблена методика промислових стандартизованих випробувань, що проводяться на стендах. Ця методика дозволила виключити будь-який суб'єктивний вплив і відрізняється високою відтворюваністю результатів. Методика визначення витрати палива і викидів CO₂ документально визначається Директивами ЕС 715/2007 і ЕС 692/2008. Дана методика використовується для звичайних двигунів які працюють на одному виді палива, а для двопаливних двигунів (переобладнаних для роботи на газовому паливі) транспортних засобів немає розробленої стандартизованої методики визначення витрати палива та викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Для проведення оцінки витрати палива, екологічних та експлуатаційних показників двигунів ТЗ, переобладнаних для роботи на зрідженому газовому паливі [1-4], широко застосовують експериментальні методи розрахунку робочих циклів та характеристик двигунів ТЗ [1-4]. Залежно від поставлених задач під час виконання теоретичного дослідження особливостей визначення витрати палива та шкідливих викидів двигуна ТЗ необхідне формування методу розрахунку робочих процесів і вихідних показників двигуна ТЗ під час

здійснення його передпускового та післяпускового прогріву з допомогою ТАФП відповідно до конструктивних рішень та температур оточуючого середовища.

Для розрахунку робочого процесу можливо застосовувати метод, що був запропонований проф. М.Ф.Разлейцевим та доопрацьований О.С.Кулешовим. У ньому використовується різноманітний набір розрахункових методів для моделювання фізичних процесів у двигуні ТЗ. Емісія викидів оксидів азоту (NO_x) в цій моделі розраховується на основі схеми Я.Б.Зельдовича. Аналіз публікацій з цього напрямку показав, що найбільш детально розроблена методика в МАДГТУ (МАДІ). Суть методу в тому, що під час розрахунку процесів утворення шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ), під час протікання робочого циклу у циліндрі двигуна моделюється робочий цикл за багатозонною моделлю [1-4]. Пропонується для оцінювання витрати палива в умовах експлуатації використовувати коефіцієнти паливовикористання для рідкого і газового палива, які дозволяють абстрагуватися від розмірностей, зосереджуючи увагу на характерних особливостях протікання процесів прогрівання двигуна транспортного засобу [1-4]. А також використати методику проф. Матейчика В.П., проф. Гутаревича Ю.Ф., проф. Грицука І.В. та доц. Цюмана М.П. у вигляді моделі «Двигун-нейтралізатор». Для системи охолодження двигуна ТЗ вимірювання паливної економічності і екологічних показників проводити у режимах прогріву охолоджувальної рідини до температури 50°C за наявними методиками [1-4]. Водночас фіксується витрата палива, викиди шкідливих речовин, час теплової підготовки залежно від режиму прогріву та виду використаного палива (бензин чи зріджене газове паливо). Також проводиться порівняння отриманої сумарної витрати палива на прогрів двигуна ТЗ та сумарних викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами зі штатною системою охолодження та завдяки використанню ТАФП СТП.

Беручи до уваги вищевикладений матеріал та методи оцінки витрати палива та викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигуна ТЗ працюючого на газовому паливі, можна зробити висновок, що об'єктивно оцінити його екологічні та економічні показники роботи неможливо у зв'язку з тим, що відповідно до наявних методик двигун повинен працювати з певним навантаженням та у відповідному режимі і на одному з видів застосовуваного палива. У зв'язку з цим виконати вимоги наявних методик та стандартів випробувань неможливо.

[1] Особливості формування системи теплової підготовки двохпаливних транспортних засобів, працюючих на рідкому нафтовому паливі і зрідженому нафтовому газі / І. В. Грицук, Д. С. Погорлецький, Р. В. Симоненко // Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту [Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції] : збірник наукових праць. – Вінниця : ВНТУ, 2020.

[2] Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації / Д. С. Погорлецький, В. П. Матейчик, А. П. Полівінчук, М. В. Володарець, М. П. Цюман // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19. – Т. 4.

[3] Структура вимірювального комплексу для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS / Д. Погорлецький // Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики : монографія / Blatnický Miroslav, Dižo Ján, Gerlici Juraj та ін.; за наук. ред. проф. Грицука Ігоря. – Херсон : ХДМА, 2019.

[4] Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator / I. Gritsuk, Y. Gutarevych, V. Mateichyk, V. Volkov // SAE Technical Paper. – 2016. – 2016-01-0204, <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>.

УДК 62-83 : 629.584

**ДО ОЦІНКИ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ СТАБІЛІЗАЦІЇ КУРСУ
АВТОНОМНОГО ПЛАВАЛЬНОГО АПАРАТУ**

**TO ESTIMATION OF ENERGY COSTS WHEN STABILIZING THE
COURSE OF AN AUTONOMOUS SWIMMING APPARATUS**

*д.т.н. І. О. Бурмака¹, к.т.н. Я. Б. Волянська², д.т.н. І. І. Ворохобін¹,
к.т.н. О. М. Мазур¹, д.т.н. О. А. Онищенко¹*

¹Національний університет "Одеська морська академія"

²Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

*D. Sc. (Tech.) I. O. Burmaka¹, PhD (Tech.) Ya. B. Volyanskaya², D. Sc. (Tech.)
I. I. Vorokhobin¹, PhD (Tech.) O. M. Mazur¹, D.Sc. (Tech.) O. A. Onishchenko¹*

¹National University "Odessa Maritime Academy"

²Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Морські безпілотні судна набувають все більшого поширення у багатьох галузях морської інфраструктури, у науково-дослідних проектах, у цілому ряді прикладних застосувань державного значення.

Особливе місце, серед безлічі різних типів морських безпілотних суден, займають неприв'язані автономні плавальні апарати (АПА) невеликої водотоннажності – до 1 тони, робота яких заснована на електрорушійному комплексі [1, 2]. Завдання, що вирішуються такими апаратами, різноманітні. Однак, у будь-якому випадку їх використання, вкрай важливою характеристикою будь-якого неприв'язаного АПА є час його автономної роботи.

Безумовно, збільшуючи ємність акумуляторних батарей, час автономної роботи АПА зростає, проте маса корисного вантажу або обладнання, що транспортується, знизиться. Саме тому вкрай важливо, вже на етапах аван-проекування АПА і формування технічного завдання на проектування, проводити оцінку витрат енергії АПА з урахуванням дії всіх його систем управління в умовах мінливих навантажень.

Відомо, що системи стабілізації курсового кута морського судна дозволяють істотно скоротити витрати палива, оскільки скорочується пройдений судном шлях – знижується амплітуда нишпорення судна. Такі системи стабілізації будуються за допомогою різного типу автостернових. В основну задачу, виконувану автостерном, входить формування стабілізуючих заданих курс сигналів управління стерновою машиною судна. Практично всі відомі системи стабілізації курсового кута морського судна враховують основну особливість

роботи стернової машини судна – обмежене число можливих перекладень, що не дозволяє реалізувати всі можливості системи стабілізації. Саме з урахуванням обмеженого числа кладок стерна синтезуються відомі системи стабілізації курсу морських суден.

Для сучасних малих АПА обмежень на число кладок стерна немає, оскільки, частіше за все, системи електроруху таких апаратів будуються на основі спеціалізованих малогабаритних гвинтостернових колонок (ГСК), трастерів (Т) [3], які поєднують в собі одночасно стерно і рушій, або за допомогою практично безінерційного стерна, що не має обмежень на частоту перемикачів і кут повороту.

Мала маса АПА і відносно невисока швидкість руху роблять його особливо чутливим до дії вітро-хвильових навантажень – високих амплітуди і частоти нищпорення апарату, що призводить до істотного збільшення пройденого шляху, і, відповідно, додаткового розряду акумуляторної батареї. Заздалегідь передбачити рівень розряду акумуляторної батареї практично неможливо, оскільки методи синтезу систем стабілізації курсу, розроблені для суден, оснащених стерною машиною, виявляються погано пристосованими для стабілізації курсу малих АПА.

Пропонується наступна послідовність оцінки розряду акумуляторної батареї АПА:

а) ідентифікуються параметри математичної моделі АПА, як об'єкта управління і розраховуються витрати енергії, необхідні на рух апарата на заданій ділянці шляху при номінальному завантаженні і тихій воді [4];

б) розраховуються середньостатистичні вітро-хвильові збурення для заданого району плавання АПА;

в) обирається тип і синтезується система стабілізації курсу АПА [5];

г) методами моделювання руху АПА на заданій ділянці шляху, при роботі синтезованої системи стабілізації курсу, розраховуються (відносно п. а) збільшення витрат енергії з урахуванням витрат енергії на зміну позиції ГСК або Т і з урахуванням зміни опору руху АПА, наприклад, на основі виразу $\psi \cdot |\omega| \cdot k$, де ψ і ω – поточні значення курсового кута і кутової частоти обертання АПА, відповідно; k – ваговий коефіцієнт.

[1] Волянський С. М., Волянська Я. Б., Онищенко О. А. Тренди розвитку багатоцільових автономних плавальних апаратів подвійного призначення. Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах: збірник праць XX науково-технічної конференції, 03-04 вересня 2020 р., ДНДІ ВС ОБТ, с. 52-54.

[2] Волянская Я. Б., Волянский С. М., Онищенко О. А., Никул С. А. Анализ возможностей повышения энергетических показателей асинхронных электродвигателей пропульсивных комплексов автономных плавательных аппаратов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2018, Том 2, № 8, с. 25-32.

[3] Будашко В. В., Онищенко О. А., Юшков Е. А. Физическое моделирование многофункционального пропульсивного комплекса. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса): Технічні науки, 2014, № 2, с. 88-92.

[4] Golikov V. A., Golikov V. V., Volyanskaya Ya., Mazur O., Onishchenko O. A simple technique for identifying vessel model parameters. IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 4th International Scientific Conference SEA-CONF 2018. Vol. 172, #012010, p.p. 1-8. IOP Publishing Ltd.; doi :10.1088/1755-1315/172/1/012010.

[5] Volyanskaya Y., Volyanskiy S., Onishchenko O., Shevchenko V. Ship's course stabilization accuracy improvement by implementing dual-loop control system. Scientific Bulletin of Naval Academy, 2019, V. 2, № 22, p.p. 94-100. MBNA Publishing House Constanta 2019. doi: 10.21279/1454-864X-19-I2-011.

УДК 658.51

**СТРУКТУРИЗАЦІЯ СИСТЕМНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ
ПРОЕКТІВ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МІСЬКОМУ
ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ**

**STRUCTURING OF THE SYSTEM MODEL FOR FORMATION OF
RESOURCE SAVING PROJECTS ON MUNICIPAL ELECTRIC
TRANSPORT**

д.т.н. М. В. Хворост, к. т. н. А. І. Кузнецов

*Харківський національний університет міського господарства імені
О. М. Бекетова,*

D.Sc. (Tech.) Khvorost Mykola, PhD (Tech.) Kuznetsov Anatoliy

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Відповідно до курсу економічного і соціального розвитку України необхідно орієнтуватись на вирішення різноманітних задач, безпосередньо зв'язаних з поліпшенням умов життя і праці людей. Це приводить до необхідності динамічного, і пропорційного розвитку всіх галузей народного господарства, у тому числі транспортних систем і їх інфраструктури [1, 2].

Дані системи характеризуються рядом специфічних особливостей: значним територіальним розподілом і величезним числом елементів, що формують систему; безперервним розвитком у просторі (по території) і в часі; ієрархічною структурою систем, що управляє, і якою управляють, та безпосередньо наявністю суб'єкта в контурі управління; безперервністю в часі процесів транспортної роботи; високим ступенем централізації управління з одночасною децентралізацією оперативного управління технологічними процесами пасажироперевезень; інерційністю транспортних процесів і неможливістю створення його оперативних запасів у процесі надання послуг.

З погляду структури і функціонального призначення окремих елементів ці системи можна представити у виді чотирьох незалежних за характером і критеріями функціонування підсистем: населення з попитом на транспортні послуги, транспортні мережі, виробничо-технологічний потенціал, а також споживачі транспортних послуг [2 - 4].

Призначення перших двох підсистем – формування в просторі і часі обсягів перевезень пасажирів відповідно попиту населення на транспортні послуги. Основне призначення третьої підсистеми – забезпечення безпечного пересування споживачів транспортних послуг з відповідним рівнем комфорту.

Цю найбільш розгалужену і складну підсистему, тобто виробничо-технологічний потенціал (ВТП), можна визначити як складну з багатьма зв'язками виробничу систему [2].

Надалі виробничо-технологічний потенціал будемо розглядати як складну систему взаємодії великої кількості підсистем (елементів) двох типів: активних

елементів і ліній зв'язку. Взаємозв'язок підсистем, обумовлений яким-небудь формальним способом, назовемо структурою ВТП. Зокрема, якщо всі підсистеми ВТП – двохолюсні елементи, структура мережі може бути представлена у виді лінійного орієнтованого зв'язного графа.

Кожну підсистему виробничо-технологічного потенціалу, розглянуту в деякий момент часу, будемо характеризувати двома змінними величинами – ефективністю функціонування (регулярністю руху, наповненням транспортних одиниць та ін. в залежності від об'єкту) та рівнем споживання ресурсів, а також і рядом інших параметрів. У цьому випадку розподіл ресурсів в виробничо-технологічному потенціалу в будь-який момент часу визначається значеннями перемінних і є наслідком поточної структури мережі і параметрів її підсистеми.

Розглянемо виробничо-технологічний потенціал, як об'єкт управління, що функціонує у деякому середовищі. Основна мета управління виробничо-технологічним потенціалом складається в задоволенні потреб, споживачів у транспортних послугах, що безупинно змінюються, тобто в забезпеченні найбільш повної відповідності між станами об'єкта управління і навколишнього середовища. Така відповідність повинна бути реалізована при квазіоптимальних значеннях деяких критеріїв управління і виконанні технологічних обмежень.

При вирішенні задач оперативного управління споживанням ресурсів в виробничо-технологічних потенціалах МЕТ до навколишнього середовища варто віднести: дислокацію пасажироутворюючих пунктів; соціальну структуру жителів; транспортну мережу; чисельність населення та його попит на транспортні послуги.

Крім того, до навколишнього середовища віднесемо споживачів транспортних послуг – пасажирів, оскільки їхніми запитами (тобто бажанням скористатись даним видом транспорту) управляти не можна. Стан навколишнього середовища в кожний момент часу будемо характеризувати необхідними обсягами транспортної роботи і споживання ресурсів у заданому діапазоні наповнення рухомого складу і можливого поповнення ресурсів з різних джерел.

Оптимальне управління ВТП повинно досягатися адаптацією виробничо-технологічного потенціалу до зовнішнього середовища, що постійно змінюється. Відзначимо основні невизначеності, характерні для виробничо-технологічного потенціалу як об'єкта управління:

1) невизначеність моделі об'єкта управління, що виявляється в неповноті інформації про структуру, параметри і змінні цієї моделі;

2) невизначеність середовища, що знаходить своє відображення в стохастичному характері процесів споживання транспортних послуг пасажиром і використання при цьому ресурсів, еквівалентності тільки деяких процесів споживання моделі й у відсутності поточної інформації про більшість споживачів;

3) невизначеність критеріїв управління, що виявляється в багатокритеріальності, невизначеності окремих критеріїв та їх згортки.

Одержана таким чином модель є основою побудови алгоритму управління виробничо-технологічним потенціалом. Побудова моделі об'єкта управління є необхідною, але недостатньою умовою побудови алгоритму управління виробничо-технологічним потенціалом. Необхідно мати ще і модель середовища, у якій об'єкт функціонує. Виробничо-технологічний потенціал є інерційною системою з великим часом перехідних процесів, а управління U^* видається в дискретні моменти часу і виявляється тільки у майбутньому. Це приводить до необхідності так розраховувати впливи управління, щоб стан об'єкта управління, у яке він перейде в результаті реалізації управління, оптимальним образом відповідав майбутньому стану навколишнього середовища.

Таким чином, задача побудови моделі середовища полягає в одержанні стохастичних моделей випадкових процесів потреби і споживання транспортних послуг по кожному вході і виході моделі об'єкта управління. Побудова математичних моделей процесів подачі і споживання транспортних послуг, адекватних реальним процесам, здійснюється також ітераційно, як і моделі об'єкта управління.

[1] Энергобережения - приоритетный напрямок державної політики України / Ковалко М. П., Денисюк С. П.; Відпов. ред. Шидловський А. К. – К. : УЕЗ, 1998. – 506 с.

[2] Далека В. Х. Наукові основи ресурсозбереження при експлуатації міського електричного транспорту. Автореф. дис...д-ра техн. наук: 05.13.22 / НТУ. – К., 2005. – 36 с.

[3] Далека В. Х. Математичне моделювання споживання ресурсів при експлуатації міського електричного транспорту // Коммунальное хоз-во городов. – Вып. 38. К.: Техніка, 2002. – С. 274-281.

[4] Вітлінський В. В. Оцінка, моделювання та оптимізація управління економічним ризиком. Автореф. дис... д-ра економ. наук: 08.03.02 / КДЕУ. – К.: 2003. – 48 с.

УДК 62-83:504

ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ТРАНСПОРТЕ

PROSPECTS FOR IMPROVING THE ENVIRONMENTAL INDICATORS OF THE URBAN ENVIRONMENT DUE TO THE INTRODUCTION OF THE ELECTRIC DRIVE ON SPECIALIZED TRANSPORT

д.т.н. В.Г. Пузырь, к.т.н. В.В.Кругляк, асп. А.С.Залата
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
(г. Харьков)

D.Sc. (Tech.) V. Puzyr, Ph.D (Tech.) V. Krugljak, Ph.D Stud A.Zalata
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Специализированные службы современных городов используют значительное количество разнообразной техники для выполнения своих

функцій. Как правило, она базируется на платформе обычных грузовых автомобилей, реже на базе коммерческих микроавтобусов или легковых. В силу специфики функционирования этим автомобилям приходится передвигаться в зонах плотной жилой застройки, что негативно сказывается на экологической обстановке внутри микрорайонов. Учитывая, что в большинстве случаев они проектировались и создавались как замкнутые, слабопродуваемые пространства, выбросы этих автомобилей постепенно оседают и накапливаются внутри жилых зон.

В настоящее время появилась технологическая возможность избежать вредных последствий использования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) путем модернизации парка спецтехники коммунальных служб. Предлагается оснастить их силовым электрическим приводом в дополнение к существующей трансмиссии для реализации возможности передвижения внутри жилых зон без использования ДВС.

В качестве примера можно рассмотреть применение такого решения на автомобилях, вывозящих твердые бытовые отходы (ТБО) как таких, которые чаще всего передвигаются в жилых зонах.

Главные части электропривода автомобилей по вывозу ТБО – привод движения и привод погрузки. Привод движения состоит из электродвигателя, редуктора, переходных деталей, инвертора, управляющих и индицирующих элементов, кабельных и разъемных узлов, креплений и аккумуляторной батареи. Привод погрузки состоит из аналогичных узлов. Многие узлы могут быть общими, например аккумулятор и инвертор. Если предусмотреть механическое переключение, общим может быть также электродвигатель. Список общих узлов может уточняться при предэскизном проектировании, когда будут выбраны конкретные типы автомобилей для установки на них электрического привода. В зависимости от расположения узлов на разных автомобилях может оказаться целесообразным использование двух отдельных электродвигателей для привода движения и подъема.

Электродвигатель движения через редуктор подключается к карданному валу и далее через главную передачу вращает колеса автомобиля по вывозу ТБО. Предполагается, что на электротяге такой автомобиль будет передвигаться внутри жилых зон города в процессе передвижении между погрузочными площадками. Скорость в этом режиме порядка скорости пешехода 1-2 м/с (3,6-7,2 км/ч). Параметры работы электродвигателя задаются инвертором.

Аккумуляторная батарея служит для питания электродвигателей движения и подъема электрической энергией. Главная ее характеристика – емкость, которая определяет - сколько подъемов контейнеров и какое расстояние может преодолеть автомобиль между двумя зарядками аккумулятора. Электродвигатель и инвертор могут быть выбраны и установлены так, чтобы иметь возможность заряжать аккумуляторную батарею при работе ДВС. То есть, двигатель в таком случае может выполнять и функции генератора. При таком выборе емкость аккумуляторной батареи можно существенно уменьшить, а это дает возможность существенно уменьшить и ее стоимость.

Так, на сегодняшний день стоимость 1 кВт/ч емкости аккумуляторной батареи составляет в среднем 5400 грн. для элементов. Элементы нужно соединить между собой, что дополнительно может стоить около 2700 грн. за кВт/ч. Соединенные в батарею элементы с помощью крепежных узлов необходимо закрепить в ящике. Заказчик может выдвинуть требования к системе поддержания заданной температуры аккумуляторной батареи, что потребует термоизоляции ящика и установки системы поддержания температуры.

Для управления всей установленной на автомобиле по вывозу ТБО аппаратурой водитель должен иметь необходимые органы управления: кнопки, рычаги, регуляторы. Для получения водителем информации о состоянии системы должно быть предусмотрено средство отображения информации, как правило, это жидкокристаллические дисплеи. В системе так же необходимы датчики тока, напряжения, температуры, оставшейся емкости батареи. Все вышеперечисленные устройства соединяются между собой кабельной слаботочной проводной сетью с разъемами и элементами крепления.

Стоимость основных покупных изделий зависит от мощности, стоимость аккумуляторной батареи зависит в первую очередь от емкости. Стоимость технического обслуживания в основном зависит от того, что на сегодняшний момент имеется у заказчика для обслуживания существующих автомобилей по вывозу ТБО. При наличии эффективной системы ТО и Р и передачи обслуживания электроники на аутсорсинг, в лучшем случае, можно обойтись без покупки дополнительного оборудования, разработав дополнительные регламенты, установив периодичность технического обслуживания и замены изнашиваемых частей.

УДК 658.51

**МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ВИТРАТ
РЕСУРСІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF CONSTRUCTION OF MODELS OF
RESOURCE CONSUMPTION DURING OPERATION OF MUNICIPAL
ELECTRIC TRANSPORT**

д.т.н. В. Х. Далека,

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

D.Sc. (Tech.) Daleka Vasyl

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Експлуатація міського електричного транспорту є процесом перетворення попиту на транспортні послуги до пасажирських перевезень і може розглядатися як функціонування технологічної системи та як системи споживання ресурсів на транспортну роботу. Цьому процесу відповідає функціонування трьох підсистем: управління експлуатацією, комерційної та технічної експлуатації з їх визначеними задачами.

Відповідно до цих задач розглядаються методи моделювання процесів ресурсовикористання, розробки системної моделі функціонування, моделей процесів і даних на міському електротранспорті, реалізація яких повинна забезпечити необхідний рівень ресурсозбереження у реальному середовищі функціонування [1, 2]. Задачі моделювання вирішуються на трьох рівнях відповідно до ієрархічної структури.

Обсяги споживання ресурсів визначаються на першому рівні при організації процесу пасажирських перевезень, де, в залежності від попиту на транспортні послуги за часом та в просторі, формується розклад руху. Тому можна вважати, що розклад руху є основним документом, який дає можливість не тільки встановити певний обсяг відповідних ресурсів для пасажирських перевезень, а і визначити обсяги їх фактичного споживання по виконаній транспортній роботі. Безпосереднє споживання усіх видів ресурсів відбувається на другому рівні в процесі перевезень пасажирів, що включає переміщення пасажирів, збір виручки, технічне обслуговування та ремонт технічних засобів. На цьому рівні формуються моделі ресурсозабезпечення та стратегія ресурсозаощаджуючої експлуатації.

На третьому рівні формується структура ресурсів, вирішуються питання матеріально – технічного, енергетичного, кадрового, інформаційного та фінансового забезпечення експлуатації міського електротранспорту. Ієрархічна структура задачі моделювання ресурсовикористання дає можливість також визначити принципи моніторингу ресурсоспоживання.

Розглянемо експлуатацію міського електричного транспорту як процес перетворення попиту на транспортні послуги до пасажирських перевезень.

З точки зору теорії систем міський електричний транспорт в тій його частині, що стосується його функціонування, можна розглядати як сукупність пунктів, де відбувається обмін пасажирів [3, 4].

Таким чином, процес експлуатації відбувається на подвійній мережі, тобто на мережі із зв'язками, де рух відбувається в різні сторони. Пересування рухомих одиниць по елементах мережі – зв'язкам з довжинами L_j між суміжними пунктами (зупинками) при русі туди і назад відбувається за час t_j , тобто з середньою швидкістю $V_{cx.j} = \frac{L_j}{t_j}$, а по кількох суміжних перегонах (ділянках) – з, так званою, швидкістю сполучення.

Кількість пасажирів, що прибувають ззовні на зупинки залежить від попиту на транспортні послуги і постійно змінюється як протягом доби, так і днів тижня, місяця, року. Відповідно до потреби в послугах, що є функцією часу, підприємства МЕТ повинні забезпечити на маршрутах потрібну кількість рухомого складу з заданою кількістю пасажиромісць.

Якщо розглянути рух по відтинках транспортної мережі безвідносно до інтенсивності надходжень пасажирів на зупинки, тобто вважати рух реалізацією заздалегідь сформованого плану подачі певних кількостей одиниць та їх відправлення до депо, виникає можливість представлення міського електротранспорту на іншому рівні – як технологічну систему, що повинна забезпечити проходження рухомих одиниць по відтинках транспортної мережі по заданих графіках при дії збурень. Збурення можуть бути викликані затримками одиниць на зупинках, або ззовні, під час руху – світлофори, пішоходи, інші учасники дорожнього руху, тощо. Критерієм ефективності цієї системи як технологічної є мінімум відхилень фактичних інтервалів руху $\tau_j^{<k>}$ по відтинках транспортної мережі рухомих одиниць, що належать до $k = 1, 2, \dots$, маршрутів, від планових $\hat{\tau}_j^{<k>}(t)$.

$$\Delta t_{j,k} = (\hat{\tau}_j^{<k>}(t) - \tau_j^{<k>}(t)) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Якщо ж розглядати роботу технологічної системи електротранспорту у межах припустимих відхилень, тобто за умови дотримання критерію стійкості, процес експлуатації міського електротранспорту може бути представлений системою перетворення ресурсів на транспортну роботу. Зокрема, на рух витрачається певна кількість електроенергії, тобто при наявності на мережі n рухомих одиниць, кожний з яких споживає питому (на одиницю часу) потужність P_e , загальне споживання енергії виглядає як

$$Q = \int_0^t n(t) \cdot P_e \cdot dt. \quad (2)$$

Очевидно, що критерієм досконалості такого представлення системи є досягнення мінімуму витрат τ -го виду при максимізації обсягу пасажирських

перевезень: $\sum Q \rightarrow \min$; $n \int_{cn}^{\tau} V_{cn} dt \rightarrow \max$.

Аналогічним чином може бути представлено споживання матеріалів, запчастин, використання робочої сили тощо.

- [1] Карпушин Е.І. Визначення експлуатаційних витрат енергії рухомих складом трамвая і тролейбуса з застосуванням нечітких множин при моделюванні руху // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2(23). Харків: ХарДАЗТ, 2000. – С. 48-50.
[2] Далека В. Х. Методологічні аспекти ресурсозбереження на міському електричному транспорті // Коммунальное хоз-во городов. – Вып. 49. К.: Техніка, 2003. – С. 179-184.
[3] Далека В. Х. Наукові основи ресурсозбереження при експлуатації міського електричного транспорту. Автореф. дис...д-ра техн. наук: 05.13.22 / НТУ. – К., 2005. – 36 с.
[4] Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці. – К.: ЦУЛ, 2003. – 202 с.

УДК 629.12:629.56

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ СУДНОВИХ ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ

USE OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS IN ELECTRIC DRIVES OF SHIP AUXILIARY MECHANISMS

*к.т.н. С. М. Волянський¹, к.т.н. Я. Б. Волянська¹,
д.т.н. О. О. Онищенко²*

¹ Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв)

² Національний університет «Одеська морська академія» (м. Одеса)

*PhD (Tech.) S. M. Volyanskiy¹, PhD (Tech.) Ya. B. Volyanskaya¹,
D.Sc. (Tech.) O. A. Onishchenko²*

¹ Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv)

² Odessa National Maritime Academy (Odesa)

Одним з перспективних напрямків сьогодення в транспортній галузі є розробка об'єктів морської робототехніки з автоматичною підтримкою параметрів. Максимум функцій при цьому перекладається на внутрішні інтелектуальні системи. При роботі суднових допоміжних механізмів, наприклад, насосних агрегатів велике значення має стабілізація тиску в трубопроводі при змінах параметрів мережі. Як відомо, регулювання продуктивності насоса можливо за рахунок зміни опору засувки на виході насосної станції, а також зміною частоти обертання ротора насосного агрегату [5]. Відомі принципи стабілізації тиску на виході насосної станції за рахунок автоматичної зміни частоти напруги живлення при зміні опору засувки, яка розташована в кінці напірного трубопроводу. Для зв'язку положення засувки і тиску на виході, як правило, в цьому випадку вводять додатковий контур регулювання з ПД-регулятором [1–3].

Система – електродвигун – насосний агрегат – трубопровід є складним об'єктом з розподіленими параметрами і різними інерційними властивостями всіх трьох складових частин цієї системи. Класичний ПД-регулятор має незадовільні показники якості при керуванні нелінійними і складними системами. Причому зміна властивостей такого об'єкта регулювання призводить до необхідності корекції коефіцієнтів регулятора. Так що, зміна положення вихідний засувки вимагає перенастроювання ПД-регулятора. Його характеристики в цих випадках можна поліпшити за допомогою методів нечіткої логіки і нейронних мереж [4, 6, 7].

Нечітка логіка в ПД-регуляторах використовується переважно двома шляхами: для побудови самого регулятора і для організації підстроювання коефіцієнтів ПД-регулятора. Підстроювання може бути виконано автоматично за допомогою блоку нечіткої логіки. Блок нечіткої логіки використовує базу правил і методи нечіткого виведення, тобто приведення до чіткості нечіткого набору висновків в чітке число [7].

Нейронні мережі, як і нечітка логіка, використовуються в ПД- регуляторах також двома шляхами: для побудови самого регулятора і для побудови блоку настройки його коефіцієнтів. Особливістю нейронної мережі є здатність до «навчання», що дозволяє передати нейронної мережі досвід експерта. Регулятор з нейронною мережею схожий за регулятором з табличним керуванням, однак відрізняється спеціальними методами настройки («навчання»), розробленими для нейронних мереж [7].

Побудовано алгоритм керування насосним агрегатом при змінах частоти обертання асинхронного двигуна за рахунок зміни частоти напруги живлення, уточнено математичну модель системи електродвигун – насос – трубопровід, визначено граничні умови на початку трубопроводу в точці установки насосного агрегату з частотно- керованим приводом. Розроблено алгоритми настройки і адаптації при побудові ПД-регуляторів для стабілізації роботи насосних станцій з насосними агрегатами різних типів. Проведено дослідження роботи системи з різними типами регуляторів.

[1] Gui-xi, J. [Research on Intelligent Soft Starter of Asynchronous electromotor](#) [Text] / Jia Gui-xi , Shao Hong-jun // [WRI Global Congress on Intelligent Systems](#), Volume: 2, 2009. – P. 303–307.

[2] Войтех, О. А. Вибір та адаптація серійних асинхронних двигунів для роботи від джерел регулюємої частоти [Текст] / О. А. Войтех, О. М. Попович // Пр. Інституту електродинаміки НАН України. – 2003. – № 3. – С.34–39.

[3] Волянська, Я. Б. Особливості використання регуляторів різних типів у системах керування електрорухом спеціальних плавальних засобів [Текст] / Я. Б. Волянська, С. М. Волянський // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2017. – Вип. 3/2017. – Ч. 1 (104) –С. 14–19.

[4] Еруланова, А. Е. Синтез системы автоматического управления методами расширенных частотных характеристик и компенсации динамики объекта и возмущений [Текст] / А. Е. Еруланова // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 6 (73). – С. 57-61.

[5] Локарев, В. И. Обобщенная динамическая модель судовых автоматизированных электроприводов для расчета рабочих процессов при их проектировании и эксплуатации [Текст] / В. И. Локарев, Я. Б. Волянская // 36. наук. праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – 2011. – № 6 (441). – С. 41–45.

[6] Онищенко, О. А. Электропривод систем конденсации холодильных установок [Текст] / О. А. Онищенко // Электромашиностроение и электрооборудование, 2006 – № 66. – С.190–192.

[7] Романов, В. Н. Техника анализа сложных систем [Текст] / В. Н. Романов.– СПб.: СЗТУ, 2011.– 287 с.

УДК 658.24

АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

ANALYSIS OF THERMAL MODES OF DISTRIBUTION HEAT NETWORKS

к.т.н. О.О.Алексахін¹, к.т.н. Є.Є.Счастний²

¹Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків

²Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

PhD (Tech.) O.O. Aleksahin¹, PhD (Tech.) Y.Y. Schastnyi²

¹Karazin Kharkiv national university, Kharkiv

²Ukrainian State University of railway transport, Kharkiv

Одним із завдань енергоаудиту централізованих систем теплопостачання об'єктів є визначення втрат теплоти у теплових мережах. Для цього використовують як експериментальні, так і розрахункові методи. При проведенні натурних вимірювань можна скористатися, наприклад, наведеними у [1] методиками. Для обчислення теплових втрат теплопроводами при відомих параметрах мережі можна використати наведену у [2] методику, яка дозволяє достатньо коректно врахувати зміну витрат і температури теплоносія по довжині теплопроводу. Недоліком вказаної методики є великий необхідний обсяг вихідної інформації для обчислень (спосіб прокладки теплової мережі, характеристики теплової ізоляції, довжина і діаметр розрахункових ділянок теплопроводів тощо).

Для вибору оптимального варіанту виконання теплової мережі на початкових етапах її проектуванні часто бувають корисними спрощені методики визначення втрат теплоти, для реалізації яких необхідний невеликий обсяг вихідних даних. Фактичний розподіл витрат теплоносія по довжині теплопроводу, який суттєво впливає на тепловий режим мережі, має ступінчастий характер з незмінними значеннями у межах кожної з розрахункових ділянок трубопроводу. Спрощена методика визначення показників теплових і гідравлічних режимів теплових мереж передбачає заміну фактичного закону зміни витрат монотонним. В результаті узагальнення характеристик гідравлічного режиму ідеалізованих груп будівель, сумарні опалювальні навантаження яких знаходиться у діапазоні $1,25 \leq Q_c \leq 10$ МВт, отримано формулу для врахування особливості розподілу витрат теплоносія по довжині розгалуженого теплопроводу

$$K_G = (2 - 1,075 \bar{G}_{min}) \left(\frac{G_{cp}}{G_{від}} \right)^{0,41}, \quad (1)$$

де $\bar{G}_{min} = G_{min}/G_{max}$ – мінімальні відносні витрати теплоносія на гілці; G_{min} – витрати теплоносія через систему теплоспоживання найвіддаленішого на гілці мережі об'єкта; G_{max} – витрати теплоносія на вході до гілки; G_{cp} –

середні у межах гілки витрати теплоносія; $G_{від}$ – витрати теплоносія через всі відгалуження на гілці.

Запропоновані формули для обчислення втрат теплоти подавальними ($Q_1^{ГЛ}$) і зворотними ($Q_2^{ГЛ}$) трубопроводами головної гілки опалювальної мережі групи будівель мають вигляд

$$Q_1^{ГЛ} = (0,428 + 0,493Q_c^{0,25} \cdot A) (\tau_1 - t_{от})L, \quad (2)$$

$$Q_2^{ГЛ} = (0,465 + 0,66Q_c^{0,25} \cdot A) (\tau_2 - t_{от})L, \quad (3)$$

$$A = (1 - 0,466 \cdot \bar{G}_{min}) (G_{сп}/G_{від})^{0,41}$$

де L – довжина гілки мережі; τ_1, τ_2 – температура теплоносія у подавальному і зворотному трубопроводах опалювальної мережі відповідно; $t_{от}$ – температура оточуючого середовища для прийнятого способу прокладки теплопроводів.

Результати обчислень втрат теплоти теплопроводами головних гілок за формулами (2), (3) для ряду житлових мікрорайонів м. Харкова зпівставлені з результатами розрахунків за викладеною у [2] методикою. Майже для 80% розглянутих груп будівель середня похибка обчислень становить орієнтовно 4,7%, приблизно для 20% випадків відхилення дорівнює 7-12%, що можна вважати задовільним для попередніх оцінок теплового стану теплових мереж.

[1] Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. РД 34.09.255-97. – М.: 1998. – 56 с.

[2] Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с

УДК 629.429.3:621.313

ДО ВИЗНАЧЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ СТРУМУ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗМІННОГО СТРУМУ

TO DETERMINATION OF SPECTRAL COMPONENTS OF CURRENT DRIVE CURRENT OF AC ELECTRIC MOTOR COMPOSITION OF AC

к.т.н. С. Гулак, д.т.н. С. Сапронова, д.т.н. В. Ткаченко
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

PhD (Tech.) S. Goolak, D.Sc. (Tech.) S. Sapronova, D.Sc. (Tech.) V. Tkachenko
The State University of Infrastructure and Technologies

Більша частина електрорухомого складу змінного струму, що в даний час експлуатується в Україні, оснащена тяговими двигунами пульсуючого струму. Це електровози серій ВЛ-80^Т, ВЛ-80^К, ЧС4, ЧС8, ВЛ40, ВЛ60, 2ЕЛ5К, електропоїзди серій ЕР-9М, ЕР-9-Т, ЕПЛ-9 тощо. Тягові приводи таких

електровозів та електропоїздів мають порівняно невисокий коефіцієнт потужності. Це пов'язано з наступними факторами:

- великий кут зсуву між напругою вторинної обмотки тягового трансформатора і тяговим струмом;
- наявністю в ланцюгах тягового приводу вищих гармонійних складових тягового струму [1].

Перелічені фактори призводять до збільшення частки реактивної енергії в спожитій електрорухомим складом повній енергії.

Причинами виникнення вищих гармонійних складових є нелінійність деяких елементів тягового приводу. Так, вентиля випрямних установок (діоди, тиристори) мають нелінійні вольт-амперні характеристики, згладжуючі реактори та тягові двигуни пульсуючого струму – нелінійні вебер-амперні характеристики.

В дослідженнях вітчизняних та закордонних вчених зазначено, що найбільш ефективним засобом компенсації реактивної потужності є застосування гібридних компенсаторів реактивної потужності (ГКРП), вбудованих в тяговий привод електрорухомого складу. ГКРП складаються з пасивних і активних фільтрів. Пасивні фільтри усувають фазовий зсув між напругою вторинної обмотки тягового трансформатора і тяговим струмом. Активні фільтри – компенсують вищі гармонійні складові в спектрі тягового струму [1].

Пасивний фільтр являє собою LC-фільтр. Активний фільтр складається з силової частини і системи керування. Силовою частиною активного фільтру є автономний інвертор струму. Принципи роботи системи керування полягає в визначенні спектральних складових тягового струму, на основі яких формуються сигнали керування для вентилів автономного інвертора струму. За допомогою цих сигналів керування автономний інвертор струму генерує в силові ланцюги тягового приводу вищі гармонійні складові однакової амплітуди, але протилежної фази по відношенню до визначених спектральних тягового струму [1].

Такий підхід до побудови системи керування ГКРП вимагають точного визначення амплітуди і фази вищих спектральних складових тягового струму. За звичай амплітуди і фази спектральних складових тягового струму визначаються за допомогою швидкого перетворення Фур'є. Не дивлячись на очевидну правильність такого підходу, при роботі електрорухомого складу в реальних умовах виникають певні труднощі [2]. Ці труднощі пов'язані з тим фактом, що застосування перетворення Фур'є коректним тільки в тому випадку, коли процес зміни тягового струму є детермінованим гаусовим процесом. Але процес зміни напруги в контактній мережі і, в свою чергу, процес зміни тягового струму є нетермінованим негаусовим процесом. Це викликано умовами проходження електрорухомим складом фідерної зони, наявністю, або відсутністю у фідерній зоні іншого рухомого складу, режимом роботи самого рухомого складу. Також на характер процесу зміни тягового струму впливають часті відриви і притискання струмоприймача. Іншими словами, застосування перетворення Фур'є для визначення в реальних умовах експлуатації електрорухомого складу є некоректним.

Пропонується для визначення вищих гармонійних складових тягового струму застосувати методи кореляційного аналізу, зокрема рекурсивні методи найменших квадратів (РНК), серед яких слід відзначити метод Левінсона-Дарбіна [3]. Реалізація РНК називається фільтрами лінійного прогнозування, так як під час кожної ітерації визначається значення наступного відліку контрольованої величини. Перевагами методів РНК над методами найменших середніх квадратів є більша швидкодія та менша похибка, що накопичується під час обчислення. Серед методів РНК для обчислення великої кількості даних найбільш ефективним є метод Левінсона-Дарбіна.

Застосування методу Левінсона-Дарбіна дасть змогу з високою точністю обчислювати амплітуди і фази вищих гармонійних складових тягового струму і реальних умовах експлуатації електрорухомого складу і спростити схему синхронізації роботи ГКРП і системи тягового приводу.

[1] Гулак С.О. (2014). Обґрунтування застосування активних методів компенсації реактивної енергії на електровозах змінного струму серії ВЛ80к.т. *Наук.-практ. конф. «Розвиток науки і техніки на залізничному транспорті. ДЕТУТ*, 39.

[2] Xiao, D., Mo, F., Zhang, Y., Zhao, M., & Ma, L. (2018). An extended Levinson-Durbin algorithm and its application in mixed excitation linear prediction. *Heliyon*, 4(11), e00948. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00948>.

[3] Goolak, S., Tkachenko, V., Bureika, G., & Vaičiūnas, G. (2020). Method of spectral analysis of traction current of AC electric locomotives. *Transport*, 35(6), 658-668. <https://doi.org/10.3846/transport.2020.14242>.

УДК 681.51: 004.89

МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОВОЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ

MODEL OF A SHIP POWER PLANT INTELLIGENT CONTROL

д.т.н. О.А. Дакі, д.т.н.О.І. Тимочко²

¹*Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

²*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, (м. Харків)*

D.Sc. (Tech.) O. Daki¹, D.Sc. (Tech.) O. Tymochko²

¹*State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

²*Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force (Kharkiv)*

Сучасні системи контролю, моніторингу й управління судновими енергетичними установками (СЕУ) вимагають впровадження інтелектуальних інформаційних систем для компенсації впливу людського фактору на процес експлуатації. Ядром інтелектуальної системи управління стає база знань, що містить сценарії, моделі та правила управління.

Основні елементи СЕУ (головні елементи енергетичної установки, допоміжні елементи енергетичної установки і елементи електроенергетичної установки) виконують одні й ті ж самі функції на суднах різних типів і призначень. Запропонована загальна технологічна структурна схема

вироблення та регенерації теплової, механічної й електричної енергії на судні. Вона базується на принципі функціонування всіх можливих зв'язків і містить базові елементи СЕУ.

При розробці технологічної схеми використані шість технологічних контурів, п'ять з яких є взаємозалежними й інколи взаємозамінними.

У першому технологічному контурі здійснюється перетворення енергії згоряння палива в механічну енергію, яка передається на рушій судна.

Другий технологічний контур описує процес використання в умовах роботи судна тепла вихлопних газів.

Третій технологічний контур призначений для виробництва електричної енергії для судових споживачів.

Четвертий контур використовується як контур регенерації тепла відпрацьованих газів.

П'ятий технологічний контур також працює в режимі регенерації тепла відпрацьованих газів для її перетворення в енергію водяної насиченої пари.

Шостий технологічний контур є незалежним від загальної системи пропульсивного комплексу судна і призначений для безпосередньої роботи в складі судової енергетичної установки. Суднова допоміжна дизельна установка при спалюванні палива обертає генератор електричної енергії, яка в подальшому за необхідністю подається до кінцевих споживачів.

Загальним для всіх шести технологічних контурів є правило виконання енергетичного балансу. Тобто завжди повинна виконуватися рівність між затраченою та спожитою енергією в усіх елементах СЕУ з урахуванням можливих сумарних механічних та гідравлічних втрат.

Для кожного елемента СЕУ передбачена система управління, що забезпечує досягання мети управління – регульована величина (стабілізація частоти обертання колінчатого вала судового дизеля, підтримка напруги та частоти генератора на заданому рівні, стабілізація рівня й температури води в котлах, стабілізація судна на заданому курсі) повинна дорівнювати заданому значенню.

Система автоматичного управління СЕУ формуються за принципом триступінчастої ієрархічної структури: перший рівень – пост у рульовій рубці, другий рівень – центральний пост управління й третій рівень – пост управління окремими двигунами та іншими технічними засобами.

Управління елементами СЕУ здійснюватиметься на основі концепції єдиного цифрового рішення. Система управління є модульною, коли кожний з модулів може функціонувати як самостійно, так і в рамках усієї системи.

Запропоновані критерії результативності для сценаріїв 1–8, на які повинна бути орієнтована система управління:

для сценарію 1 – максимальна потужність головних двигунів;

для сценарію 2 – номінальна потужність головних двигунів;

для сценарію 3 – енергетична ефективність судна;

для сценарію 4 – швидкість руху судна;

для сценарію 5 – екологічна ефективність судна;

для сценарію 6 – режими роботи об'єктів СЕУ, що забезпечують їх найбільшу довговічність;

для сценарію 7 – попередження погроз безпеки судна або їх ліквідація;
для сценарію 8 – автоматичне управління, коли критерій результативності не потрібен.

Отже, кожна з розглянутих моделей характеризується станом внутрішнього та зовнішнього середовища. У результаті можна сформулювати праобраз можливого розвитку майбутньої ситуації та підвищити енергетичну й екологічну ефективність суден за рахунок інтелектуального управління СЕУ. Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці елементів штучного інтелекту, що здійснює функції управління СЕУ в різних експлуатаційних ситуаціях.

- [1] Безюков О.К. Методы оценки научно-технического уровня судов, энергетических установок и контрольно-измерительных приборов / О.К. Безюков, А.А. Денисова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2015. - № 5 (33). – С. 119-130.
- [2] Васильев С.Н. От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению. / С.Н. Васильев // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2001. – № 1. – С. 5-22.
- [3] Ерофеев В.Л. Основы энергосбережения. Энергетическая эффективность водного транспорта: монография / В.Л. Ерофеев, В.В. Маркин. – СПб.: Судостроение, 2006. – 220 с.
- [4] Ищенко А.С. Интеллектуальная поддержка принятия решения в задаче контроля и управления работой главного судового двигателя / А.С. Ищенко, М.М. Чиркова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2005. – № 14. – С. 49-54.
- [5] Gupta, M. M. Intelligent control systems: theory and applications / Edited by M.M. Gupta, N.K. Sinha New York: IEEE, 1996. – 820 p.
- [6] Sutton, R.S. Reinforcement Learning: An Introduction / R. S. Sutton, A.G. Barto // The MIT Press, 1998. - 322 pages.

УДК 629.12.03

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВ ПРИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ

MATHEMATICAL MODELING OF FUEL TREATMENT PROCESSES BY APPLICATION OF THERMOCHEMICAL RECUPERATION

д.т.н. А. К. Чередниченко, О.Ю. Басов, Н.В. Коробейникова
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Николаев)

D.Sc. (Tech.) Cherednichenko O., Basov O., Korobyeynikova N.
Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv)

Одним из перспективных путей повышения эффективности энергетических установок является использование тепловой энергии выхлопных газов двигателя для обеспечения течения эндотермических реакций паровой конверсии углеводородных топлив разного состава. Проведенные ранее исследования показывают, что тепловой потенциал вторичных энергоресурсов ДВС не дает возможности эффективной конверсии компонентов попутного газа. Температурный диапазон отходящих газов современных серийных ГТД

допускает эффективную конверсию тяжелых углеводородов, входящих в состав попутного газа.

Различные схемы комбинированных дизель-газотурбинных энергетических установок с термохимической регенерацией тепла (COGED+TCR) рассмотрены в работах [1-6].

Диапазон применимости различных вариантов схем комплексно оценен по эффективности использования химической энергии базового топлива и эффективности термохимической конверсии тяжелых углеводородов, входящих в его состав.

В качестве критерия оценки эффективности использования энергии топлива принят КПД установки.

Оценка диапазона применимости разработанных схем COGED+TCR проводилась методами математического моделирования процессов.

В основу математической модели газотурбинного блока (рис. 1) положен укрупненный расчет газотурбинного двигателя с учетом потерь полного давления. Модель камеры сгорания основана на комбинированном химическом и фазовом равновесии, при этом для определения компонентного состава выполняется минимизация свободной энергии Гиббса для продуктов реакции. Затраты тепла отходящих газов, необходимые для осуществления конверсии топлива определены тепловым балансом термохимического реактора.

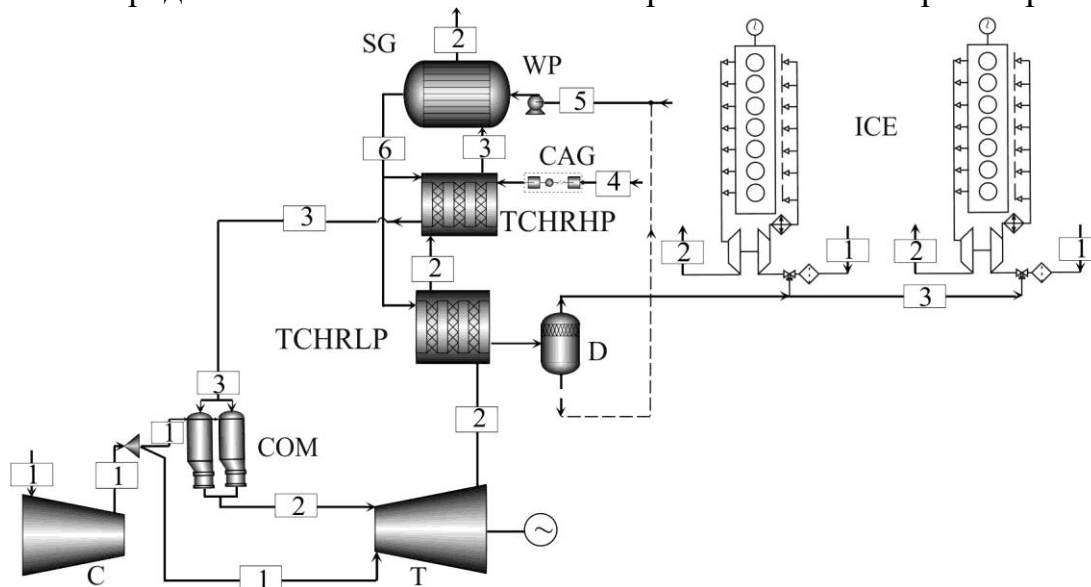


Рис. 1. Упрощенная схема расчетного варианта установки COGED+TCR: 1 – воздух, 2 – газ, 3 – сингаз, 4 – попутный газ, 5 – вода (пар), С – компрессор; CAG – компрессор попутного газа; COM – камера сгорания; CS – компрессор сингаза; D – дегидратор; SG - парогенератор; Т - турбина, TCHRLP, TCHRHP – термохимические реакторы низкого и высокого давления; WP – насос подачи

ВОДЫ

Согласно результатам математического моделирования применение термохимической регенерации тепла отработавших газов двигателей для паровой конверсии тяжелых углеводородов расширяет возможности

использования попутного газа в качестве топлива в энергетических установках плавучих объектов нефтегазодобычи.

- [1] Cherednichenko, O. C. (2014). Otsenka effektivnosti termokhimicheskoy regeneratsii tepla v dizel-gazoturbinnoy energeticheskoy ustanovke [Evaluation of efficiency of thermochemical heat recovery in diesel-gas turbine power plant]. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii - The scientific bulletin of Kherson state maritime academy*, 2 (11), 89 – 96. [in Russian].
- [2] Cherednichenko, O. C. (2016). Modelirovaniye energokompleksov s termokhimicheskoi regeneratsiei tepla dlya sudov-gazovozov [Modeling of efficiency of ship power plants with thermochemical heat recovery for liquefied natural gas carriers]. *Vestnik dvigatelestroeniya – Herald of Aeroenginebuilding*, 2, 36-41. [in Russian].
- [3] Cherednichenko, O. C. (2017). Povysheniye jeffektivnosti jenergeticheskikh ustanovok sudov-gazovozov primeneniem termokhimicheskikh tehnologiy [Increase of efficiency of ship power plants of gas carriers with application of thermochemical technologies]. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya – ICE*, 1, 46-51. [in Russian].
- [4] Cherednichenko, O. C., Serbin, S. I. (2018). Analysis of Efficiency of the Ship Propulsion System with Thermochemical Recuperation of Waste Heat. *Journal of Marine Science and Application*, 17, 1, 122-130.
- [5] Cherednichenko O., Serbin, S., Dzida M. (2019). Application of thermo-chemical technologies for converging of associated gas in diesel-gas turbine installations for oil and gas floating units. *Polish Maritime Research*, 3 (103), Vol. 26; pp. 181-187.
- [6] Cherednichenko, O. C. (2019). Application of thermochemical waste heat recovery in power plants of high-tech ships. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya - Aerospace technic and technology*, 7, 58-64. [in Russian].

УДК 629.12.03

**ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ
ТЕРМОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ ШЛЯХОМ
УТИЛІЗАЦІЇ СКІДНОГО ТЕПЛА ДВИГУНІВ**

**SELECTION OF CRITERIA OF EFFICIENCY OF TREATMENT
PROCESSES OF HYDROCARBON FUELS BY APPLICATION OF
THERMOCHEMICAL RECUPERATION**

*д.т.н. Чередніченко О. К., Басов О.Ю., Коробейнікова Н.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Миколаїв)*

*D.Sc. (Tech.) Cherednichenko O., Basov O., Korobeynikova N.
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, (Mykolaiv, Ukraine)*

Утилізація скидного тепла двигунів та елементів транспортних енергетичних установок дозволяє підвищити ефективність використання енергії палива. Термохімічна обробка вуглеводневих палив шляхом парової некаталітичної конверсії надає можливість отримати газоподібне паливо з кращими енергетичними та екологічними характеристиками.

Проведено аналіз взаємозв'язків термодинамічних параметрів двигуна, який працює на продуктах конверсії вуглеводневого палива та показників системи термохімічної обробки палива [1-5].

Моделювання проводилося при варіюванні відношення пара/базове паливо і наступних обмеженнях:

- фіксована потужність двигуна;
- фіксована температура газу перед турбіною (для ГТД);
- параметри навколишнього середовища згідно ISO 19859: 2016;
- температура газу за утилізаційним парогенератором приймалася вище температури точки роси.

В якості критерію ефективності прийнято коефіцієнт корисної дії енергомодулю

$$\eta = (Ne - \sum N_{\text{add}}) / (C_N \cdot H_U^B), \quad (1)$$

де Ne – механічна потужність на вихідному валу двигуна, кВт; $\sum N_{\text{add}}$ – витрати потужності на привід насосів та іншого обладнання підсистеми термохімічної обробки палива, кВт; C_N – секундна витрата палива, кг/с; H_U^B – нижча теплота згоряння базового палива, кДж/кг.

В якості критерію ефективності термохімічної конверсії вуглеводнів, що містяться в базовому паливі, прийнята ступінь конверсії відповідного вуглеводню (етан, пропан, бутан, пентан).

Ступінь конверсії визначається як

$$\zeta = (q_{\text{in}} - q_{\text{out}}) / q_{\text{in}}, \quad (2)$$

де q_{in} – мольна/масова частка відповідного вуглеводню в базовому паливі, q_{out} – мольна/масова частка відповідного вуглеводню в продуктах конверсії.

Важливою характеристикою процесу є вміст вуглецю в паливі. При термохімічній обробці вуглеводневих палив розглядався вміст вуглецю в синтез газі, отриманому при паровій конверсії.

Зміст вуглецю в синтез-газі може бути визначено за методикою [6]:

$$CC_{\text{Mixture}} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{\#of_Components}} (n \cdot AW_{\text{Carbon}} \cdot X_{m_i})}{\sum_{i=1}^{\text{\#of_Components}} (MW_i \cdot X_{m_i})}, \quad (3)$$

де CC_{Mixture} – масовий вміст вуглецю у суміші; n – число атомів вуглецю в компоненті; AW_{Carbon} – атомна маса вуглецю; MW_i – молекулярна вага компоненту i ; X_{m_i} – мольна частка компоненту.

[1] Cherednichenko, O., Serbin S., 2018. Analysis of efficiency of the ship propulsion system with thermochemical recuperation of waste heat. J. Marine. Sci. Appl. 17, 122-130. <https://doi.org/10.1007/s11804-018-0012-x>

[2] Cherednichenko, O., Serbin, S.: Termoximichni tehnologiyi dlya energety`chny`x moduliv plavuchy`x ob'yektiv naftogazovuy`dobutku ta suden-gazovoziv (in Ukraine): Monograph. Torubara V. V., Mykolaiv, ISBN 978-617-7472-14-7 (2020).

[3] Cherednichenko, O., 2019. Efficiency analysis of methanol usage for marine turbine power plant operation based on waste heat chemical regeneration. Problemele Energeticii Regionale, 1, 102-111.

[4] Cherednichenko O., Serbin, S., Dzida, M., 2019. Application of thermo-chemical technologies for converging of associated gas in diesel-gas turbine installations for oil and gas floating units. POLISH MARITIME RESEARCH, 3 (103), Vol. 26; pp. 181-187.

[5] Cherednichenko, O., Mitienkova, V.: Analysis of the impact of thermochemical recuperation of waste heat on the energy efficiency of gas carriers. J. Marine Sci. Appl. 19(1), 72–82 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11804-020-00127-5>.

[6] API, 2013. Carbon Content, Sampling, and calculation. American Petroleum Institute, API TR 2572.

УДК 620.9:657.6(045)

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ БУДІВНИЦТВА АБО РЕКОНСТРУКЦІЇ

INTRODUCTION TECHNICAL CONTROL THERMAL INSULATION BUILDING STRUCTURES AFTER CONSTRUCTION OR RECONSTRUCTION

к.т.н. О.В. Василенко¹, Г. І. Пригорнєв², О.В. Кутянін²

¹ Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

² ТОВ «Світло енергія тепло» (м. Харків)

PhD (Tech.) O.Vasilenko¹, H. Pryhorniev², O. Kutianin²

¹ Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

² LLC «Light energy heat» (Kharkiv)

В роботі розглянути основні недоліки теплоізоляційної оболонки будівельних конструкцій які спостерігаються підчас будівництва або реконструкції. Виявлення недоліків та їх усунення дозволяє зменшити енергоспоживання будівлі підчас експлуатації будівлі протягом його життєвого циклу.

Основні недоліки які спостерігаються при будівництві це:

- порушення при встановленні теплової ізоляції на зовнішніх стінах та перекриттях. Неналежне встановлення елементів кріплення теплової ізоляції, що призводить до надлишкових теплових втрат, утворення конденсату та руйнування будівельних конструкцій;

- порушення при встановленні світло-прозорих конструкцій. Найбільш поширене порушення при встановленні світло-прозорих конструкцій це зазори між рамою та стіною. Це призводить до надлишкових втрат, утворення конденсату або льоду на склопакетах та руйнування;

- неналежна ізоляція трубопроводів з гарячим теплоносієм. Відсутність теплової ізоляції, недостатня її товщина або пошкодження призводить до надлишкових теплових втрат;

- не відповідність будівельних матеріалів теплофізичним показникам відповідно нормативних документів.

Для вирішення вище зазначених недоліків пропонується використовувати тепловізійну зйомку [1,2] огорожувальних конструкцій та додаткове обстеження будівельних матеріалів. Такій підхід дозволить наблизити енергоспоживання будівлі до проектних значень і зменшити вартість експлуатації будівлі для власника. Переваги інфрачервоного методу обстеження: низька вартість, швидкість обстеження, широкі можливості апаратно-програмної реалізації і методів обробки, інформативність і наочність,

не вимагає безпосереднього контакту з об'єктом. Деякі приховані дефекти неможливо побачити неозброєним оком - вони проявляються під час експлуатації. При недотриманні норм енерговитрат під час проектування, використання будівельних матеріалів поганої якості при будівництві будівель призводить до перевитрати до 40% енергії, що вимагається для обігріву.

[1] Якісна оцінка теплових відхилень будівельних конструкцій і розташування ділянок фільтрації повітря через огорожувальні конструкції (Інфрачервоний метод обстеження). Виконується за чинним з 01.01.2013 р ДСТУ Б EN 13187: 2011.

[2] Кількісні методи оцінки ізоляції огорожувальних конструкцій і повітропроникності конструкцій. Виконуються по ДСТУ Б В.2.6-101: 2010 року (діє з 01.10.2010 р) та ДСТУ Б В.2.2-19: 2007 (діє з 01.07.2008 р).

УДК 621.311

ПІДХОДИ ДО НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

APPROACHES TO RATIONING ELECTRICITY IN TRANSPORT

*аспірант М.А. Барибін¹, к.т.н. А.О. Каграманян¹,
д.т.н. А.П. Фалендиш²*

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)*

²*Приазовський державний технічний університет (м.Маріуполь)*

*post-graduate student M. A. Barybin¹, PhD (Tech) A.O. Kagramanian¹,
D.Sc. (Tech.) A.P. Falendysh²*

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

²*Priazovsky State Technical University (Mariupol)*

На долю витрат тяги приходиться основний відсоток собівартості перевезень, тому встановлення об'єктивних норм витрати електроенергії залізничного комплексу країни є першочерговим завданням в напрямку робіт по енергозбереженню. Всі кроки в цьому напрямку повинні відповідати вимогам ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту», як основоположного документу робітників з енергоменеджменту. Пошук оптимальних підходів нормоутворення та обчислення витрат базується на визначенні необхідної методології обліку видатків в існуючій парадигмі методів, зображення яких наведено на рисунку 1 [2].

При виборі методу нормування повинні виконуватись критерії максимального наближення математичної моделі до фактичних показників роботи рухомого складу чи обладнання [1, 5]. Необхідною умовою до обраного підходу є не тільки правдоподібність, але і гнучкість модифікації та доступність алгоритму пересічному машиністу-інструктору з теплотехніки, а також відповідність існуючому розподілу норм витрат на залізниці [3-4], зображення яких наведено на рисунку 2. Головною особливістю для тягового рухомого складу залізничного транспорту є використання питомих норм витрат ресурсів.

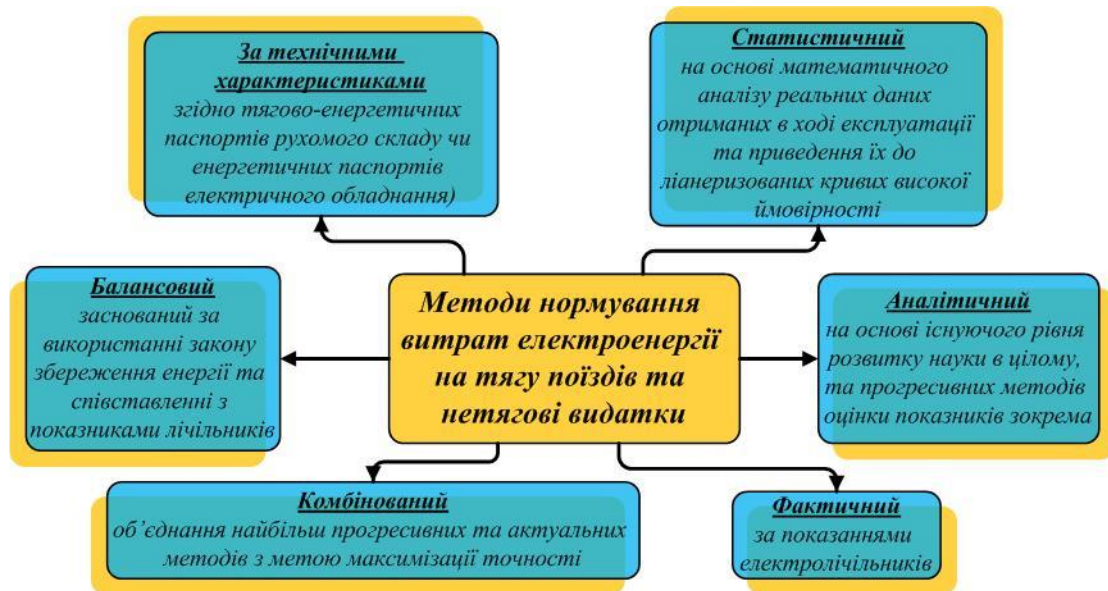


Рис. 1. Схематичне зображення існуючих методів нормування витрат електроенергії на залізничному транспорті

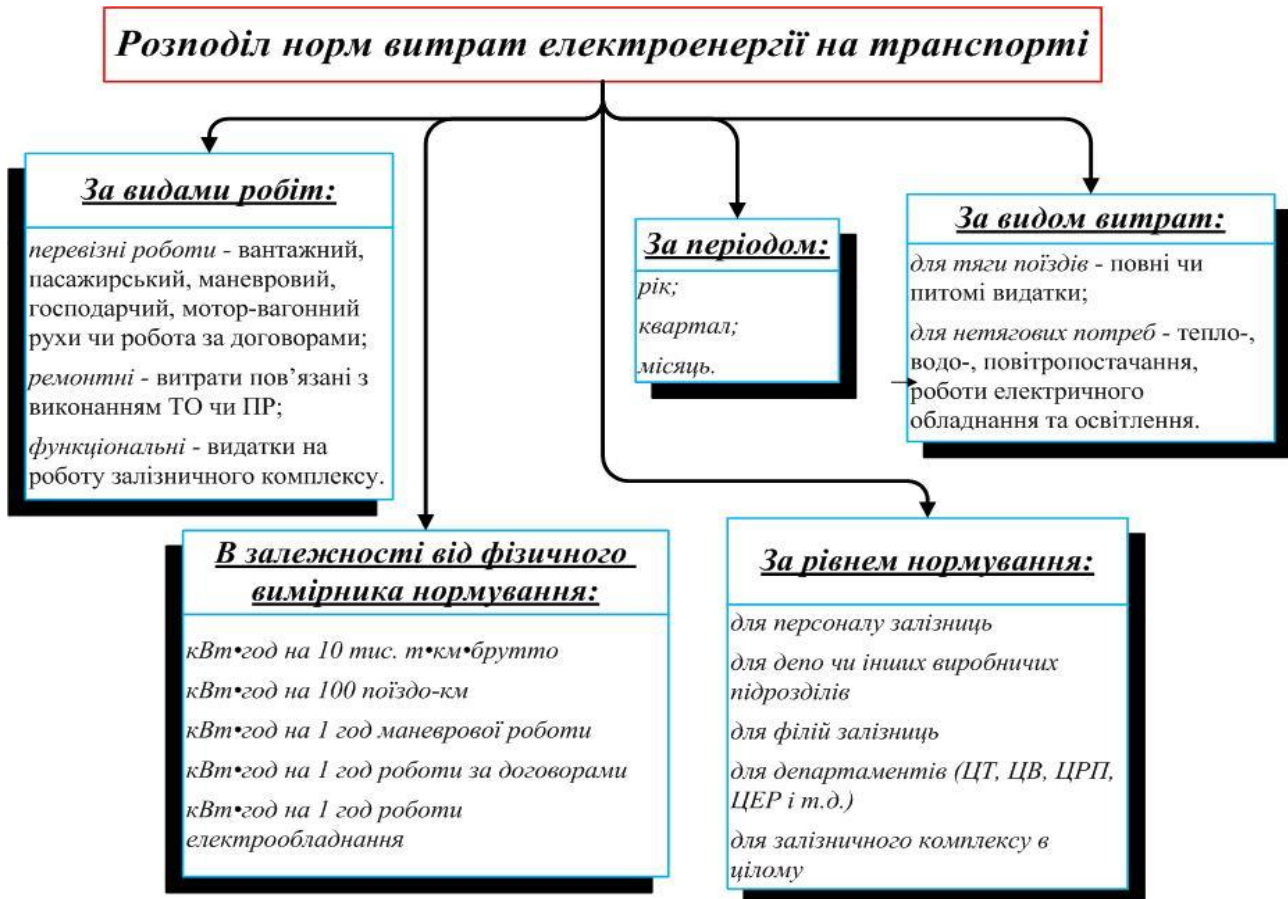


Рис. 2. Схематичне зображення розподілу витрат норм електроенергії в залежності від критерію призначення

Вибір раціонального підходу до нормування електроенергії на транспорті дозволить визначити величини, виконувати статистичний пошук втрат енергії в системі енергопостачання та розробити рекомендації по економній експлуатації рухомого складу чи електрообладнання обслуговуючому персоналу [1-5].

- [1] Barybin M., Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O., Kiritseva E. Determination of rational locomotive operating modes and resource costs based on information from global positioning systems // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020). Volume 1021, February 2021, pp 1-8.
- [2] Осипов С.И., Осипов С.С. Основы тяги поездов. Учебник для студентов техникумов и колледжей жеззнодорожного транспорта. Москва: УМК МПС России, 2010. 592 с.
- [3] Наказ №062-Ц. Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів (ЦТ-0059). - Введ. 2003-03-05. – Київ:, 2003. - 85 с.
- [4] Наказ №113-Ц. Методика розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів (ЦТ-0099). - Введ. 2004-06-09. – Київ:, 2004. - 62 с.
- [5] Наказ №204-Ц. Положення про інспекцію з контролю ефективності використання енергоресурсів Укрзалізниці. - Введ. 2014-05-16. – Київ:, 2014. - 10 с.

УДК 620.9

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ – ЯК ОСНОВНИЙ ПОКАЗНИК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ.

ENERGY INTENSITY – AS THE MAIN INDICATOR OF RATIONAL USE OF ENERGY RESOURCES.

*к.ю.н. Р.Є.Прокон'єв, А.І.Підпригора, Д.В. Чупахіна
регіональна філія «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» (м. Харків)*

*Ph.D (Juridical) R. Prokopiiev, A. Pidiprygora, D. Chupakhina
«Southern Railway» Regional Branch of JSC «Ukrzaliznytsia» (Kharkiv)*

В сучасному світі, переважна більшість видів діяльності всіх соціальних та економічних суб'єктів (населення, бізнес, державний сектор) потребують енергії. Згідно з прогнозом Міжнародного Енергетичного Агентства до 2040 року споживання енергії збільшиться ще на 30% через суттєве підвищення енергопотреб в країнах, що розвиваються. При цьому передовим центром впровадження енергоефективності залишатиметься Європейський Союз. Міжнародне Енергетичне Агентство вважає, що енергоефективність – «критично важливий інструмент для зменшення тиску на систему постачання енергоресурсів». На думку багатьох експертів енергоефективність є не тільки одним з найефективніших, але й одним з найдешевших засобів зменшення викидів парникових газів, а отже збереження довкілля, підвищення здоров'я та якості життя людей.

Транспорт є критично важливим сектором для зменшення обсягу викидів парникових газів. На транспорт припадає близько 19% усього світового використання енергоресурсів та чверть викидів CO₂, що відносяться до паливно-енергетичного комплексу. Транспортна система України залежна від імпорту нафтопродуктів та газу, ось чому зростання енергоефективності в транспорті є важливим чинником для зменшення впливу іноземних постачальників на транспортну систему України. Хоча за 10 років енергоспоживання в транспорті зменшилось майже на 25%, однак це

пояснюється, в першу чергу, тимчасовою втратою контролю над частиною території та зниженням економічної активності.

З метою встановлення показника ефективності роботи в сфері енергозбереження було введено поняття загальної енергоемності ВВП, а за окремими напрямками - енергоемність галузі. Аналізуючи дані щодо рівнів енергоемності ВВП провідних країн світу та України слід зазначити, що спостерігається значне відставання за рівністю ефективності використання енергоресурсів в Україні в порівнянні з іншими країнами світу (Україна на рівні 0,3 т.н.е/1000\$, а країни Європи на рівні 0,17-0,20 т.н.е/1000\$). Однак, спираючись на досвід країн Європи, можливе суттєве зменшення енергоемності у найближчі 10-15 років. Як приклад, Словаччина у 1990 році мала енергоемність 0,32 т.н.е/1000\$, а у 200 році 0,24 т.н.е./1000 \$ (тобто 25% зниження енергоемності за 10 років).

Що стосується безпосередньо енергоемності залізничного транспорту то це відношення всіх споживаних паливно-енергетичних ресурсів до обсягу приведених млн.ткм. Вперше енергоемність почала розраховуватися у 1997 року і на той час її рівень становив по Південній залізниці – 24,45 т.у.п./привед. млн. ткм. З рештою, робота, яка проводилась в сфері енергозбереження дозволила її скоротити за останні 24 роки майже на 50%. З метою проведення системного аналізу впливу на цей показник окремих факторів, енергоемність була розподілена на тягову сферу та нетягову сферу. В останні роки енергоемність регіональної філії «Південна залізниця» знаходиться на рівні 10,8-12,0 т.у.п./привед. млн. ткм., при цьому частка «тяги поїздів» у загальній енергоемності сягає 75,0%.

При розгляді рівня енергоемності регіональних філій в тязі поїздів можна відмітити, що має місце нерівномірні витрати енергоресурсів та обсягів робіт по філіях. Так, регіональні філії, які мають значний обсяг «заїздів» на інші філії (по регіональній філії «Південна залізниця» різниця витрат електроенергії між «заїздами» становить на рівні 14-16%) будуть мати більшу енергоемність, ніж регіональні філії, які мають не значний обсяг «заїздів» на інші філії (при інших рівних умовах). Це пояснюється тим, що витрати енергоресурсів «залишаються на балансі» регіональної філії, яка має «заїзди» на інші філії, а обсяг виконаної таким чином роботи, залишається на балансі іншої філії (до якої були здійснені такі «заїзди»). Також, значний вплив обумовлює наявний тяговий рухомий склад. Як приклад, електровози серії ВЛ-82^М (які використовуються регіональною філією «Південна залізниця») мають конструктивно більшу питому норму витрат електричної енергії ніж основні вантажні електровози серії ВЛ-80 (орієнтовно на 10-12%). Проведеним аналізом у 2019 році (2020 рік у зв'язку із карантинними обмеженнями розглядати не доцільно) по факторах, на які регіональна філія «Південна залізниця» не в змозі впливати, енергоемність тяги поїздів була орієнтовно збільшена на 12,8%.

Також є окремі чинники, які впливають і на нетягову енергоемність. Як приклад, серед регіональних філій тільки філія «Південна залізниця» постачає теплову енергію населенню, а витрати природного газу на ці потреби становлять до 0,4 млн.м.куб на рік. Також впливають фактори відношення витрат природного

газу між різними філіями, що в окремих випадках значно впливає на енергоємність однієї із філій. Тобто пряме порівняння енергоємності між регіональними філіями не завжди доречно. Водночас необхідно відмітити, що робота в сфері раціонального використання енергетичних ресурсів по АТ «Укрзалізниця», поступове запровадження елементів енергоменеджменту у підрозділах залізничного транспорту за останні 10-15 років дозволило значно скоротити її рівень.

Таблиця енергоємності залізничного транспорту України, т.у.п./привед.ткм.

Роки	1997	2000	2005	2010	2016	2017	2018	2019	2020
Рівень енергоємності	19,87	16,29	12,37	9,85	8,06	8,41	8,58	8,27	7,86

[1] Енергоефективність у регіональному вимірі. Проблеми та перспективи. Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень в м. Дніпропетровську, Дніпропетровськ - 2014.

[2] Розвиток транспорту з метою відновлення і зростання української економіки. За редакцією д-ра.економ. наук Никифорок О.І. Національна академія Наук України ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», Київ – 2018.

УДК629.421.4

ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ МАНЕВРОВИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

EVALUATION OF THE USE OF SHUNTING ELECTRIC LOCOMOTIVES

***Є.С.Рябов¹, Л.В.Оверьянова¹, к.т.н. С.О.Гулак²,
Л.Ю.Кондратьєва³***

¹*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», (м. Харків)*

²*Державний університет інфраструктури та технологій, (м. Київ)*

³*ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод», (м. Миколаїв)*

***¹Ye.S.Riabov, L.V. Overianova¹, PhD (Tech.) S.O. Goolak²,
L.Yu. Kondratieva³***

¹*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", (Kharkiv)*

²*State University of Infrastructure and Technology, (Kyiv)*

³*LLC "Nikolaev locomotive repair plant", (Mykolaiv)*

Маневрова робота є важливою частиною процесу залізничних перевезень. Інвентарна наявність парку маневрових тепловозів «Укрзалізниця» становить понад 1200 одиниць, а їх середній вік близький до 40 років [1]. Технічні характеристики цих тепловозів не відповідають сучасним вимогам щодо енергоресурсозбереження та екологічності. Загальноприйнятим шляхом покращення технічного рівня тепловозів є модернізація із застосуванням сучасного дизельного двигуна, цифрової системи керування і т.д. В Україні таким шляхом було відновлено декілька локомотивів серії ЧМЕЗ та ТЕМ2 на Полтавському тепловозоремонтному заводі (за проектами компаній CZ LOCO та ZOS ZVOLEN), тепловози ТГМ4, ТГМ6, ТЕМ2, ТЕМ7 на

Миколаївському тепловозоремонтному заводу. Водночас, для електрифікованих залізничних станцій альтеративним варіантом маневрового локомотиву може бути маневровий електровоз. У роботі [2] проведено огляд локомотивів побідного класу, до якого додалися кілька моделей від відомих виробників – HD 800 виробництва Toshiba та Prima H4 від Alstom. Розробкою маневрових електровозів також займаються компанії Stadler (модель NG), CZ LOCO (модель DualShunter 2000), CRRC (локомотив RailForceOne). Зазначається, що перевагами від застосування маневрових електровозів є нульові викиди CO₂.

Для залізничного транспорту України перехід до електричної тяги при виконанні маневрових операцій дозволить зменшити споживання дизельного палива, яке імпортується або виробляється із імпоротної сировини. Нижче виконано оцінку витрат на енергоносії на прикладі маневрового тепловозу ЧМЕЗ та маневрового електровозу з подібними тяговими характеристиками.

У роботі [3] на основі даних із систем БІС-Р наведено залежність тривалості часу роботи тепловоза ЧМЕЗ на кожній позиції контролера машиніста для маневрового характеру роботи. Базуючись на цих даних, з урахуванням витратних характеристик палива тепловозом, визначено загальну витрату палива за добу (вважаємо, що 20% часу тепловоз простоє з вимкненим двигуном). За даними табл.1 загальна витрата палива складає 616 кг. При вартості палива 26 000 грн/т витрати на паливо складуть близько 16 тис. грн. на добу.

Таблиця 1 – Результати розрахунку

ПКМ	Час роботи, % [3]	Тривалість роботи, год	Годинна витрата палива, кг/год[3]	Витрата палива, кг	Дотична потужність, кВт	Енергія, яку споживає електровоз, кВт·год
0	70	13,44	9	120,96	0	20
1	11	2,112	31	65,472	33	119,5
2	4	0,768	63	48,384	83	111,0
3	3	0,576	96	55,296	166	156,5
4	3	0,576	110	63,36	250	225,7
5	3	0,576	120	69,12	367	321,9
6	3	0,576	160	92,16	472	408,3
7	2	0,384	174	66,816	640	371,0
8	1	0,192	180	34,56	713	215,5

Для розрахунку витрат енергії маневровим електровозом використовуємо використано дані про дотичну потужність. Зважаючи на те, що маневровий електровоз буде обладнано енергоресурсоефективним тяговим електроприводом, приймаємо середній коефіцієнт корисної дії електровозу рівним 70% (зважаючи на режими роботи тягового електроприводу з неповною потужністю). При цьому вважаємо, що потужність споживачів власних потреб при простої електровоза становить 20 кВт. За даними табл.1 загальна енергія,

яку споживає електровоз, складає 1 949,9 кВт на добу. При тарифі за електроенергію 2,4 грн/кВт·год її вартість складе 4 680 грн на добу.

Як бачимо із проведених розрахунків, у разі застосування маневрового електровозу замість тепловозу ЧМЕЗ зниження витрат на енергоносії зменшиться більше ніж утричі. Для уточнення розрахунків необхідно, перш за все, дослідження роботи маневрових тепловозів у конкретних умовах залізничних станцій, що може бути виконано як шляхом аналізу даних бортових систем, так і за допомогою моделювання. Також це дасть інформацію для визначення достатніх тягових характеристик маневрових електровозів та оптимізації керування її роботою.

[1] <https://uprom.info/news/other/infrastruktura/park-manevroyh-lokomotyvi-v-ukrзалізничni-nalichuye-1253-odynyczi/>

[2] К вопросу создания маневровых электровозов / Е. С. Рябов // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 3. – С. 69–72.

[3] Підвищення експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів шляхом використання комбінованих накопичувачів енергії.– Дис... канд. техн. наук: 05.22.07. / Яровий Роман Олександрович. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Сєверодонецьк, 2019. – 175 с.

УДК 658.262

ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ENERGY SAVING ISSUES AT THE RAILWAY TRANSPORT COMPANY

*магістр Р.С. Лавро, магістр І.С. Ткаченко, к.т.н. Є.Є. Счастний
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

*magister R.S. Lavro, magister I.S. Tkachenko,
PhD (Tech.) Y.Y. Schastnyi
Ukrainian State University of railway transport, Kharkiv*

Одним з основних структурних елементів підприємств залізничного промислового транспорту є локомотивне господарство. Якісне технічне обслуговування і ремонт тягового рухомого складу є запорукою його надійної експлуатації та ефективного використання. Локомотивне господарство з позиції енергозбереження може розглядатися як складна енергетична система, в яку входить комплекс спеціального обладнання, ремонтна і технологічна документація, процеси основного і допоміжного виробництва, де використовуються паливно-енергетичні ресурси для перетворення в кінцеву продукцію. Питання енергозбереження на таких підприємствах включають два основних напрямки: - економія паливно-енергетичних ресурсів при ремонті рухомого складу; - зниження витрат дизельного палива і електричної енергії на тягу поїздів.

При проведенні ремонтів рухомого складу необхідно домагатися зниження прямих питомих витрат на випуск одиниці продукції, зменшення частки допоміжних витрат, витрат на транспортування матеріалів і комплектуючих, скорочення непродуктивної витрати ресурсів, пов'язаних з усуненням наслідків браку в роботі, надлишковими запасами, логістичними втратами. Витрати ресурсів на ремонт і технічне обслуговування включають в себе змінну складову на технологічні витрати C_T і приблизно постійну складову на енергозабезпечення виробничої інфраструктури ремонтних депо $C_{ООВ}$ (опалення, освітлення, вентиляція будівель).

Технологічні витрати складаються з корисних витрат і втрат на технологічну обробку, доставку і складування вузлів, агрегатів, матеріалів і комплектуючих. Фактичні енергетичні витрати перевищують плановий рівень через наявність непродуктивних технологічних операцій, помилки планування, слабку логістику при забезпеченні робіт, а також низьку якість ремонту. При оцінці енергетичної ефективності підприємства необхідно точно оцінити рівень і домогтися зниження додаткових витрат на проведення ремонтів. Ці проблеми характерні в тому числі і для підприємства промислового залізничного транспорту в м. Харкові.

УДК 692.232:624.042.5

ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ADVISABILITY OF THERMAL CONDUCTIVE INCLUSIONS CALCULATION OF EXTERNAL WALLS USING SOFTWARE

***А.В. Онищенко, к.т.н. Ю.А. Бабіченко, О.П. Бородін**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***A.V. Onishchenko, PhD (Tech.) J.A. Babichenko, O.P. Borodin**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Актуальність теми розрахунку теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій обумовлена великою кількістю питань, що виникають на стадії проектування будівель при виконанні розрахунків відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

Розрахунок опору теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції всієї будівлі при виборі товщини теплоізоляції розраховується за формулою (3) [1]:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_i} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \quad (1)$$

де F_{Σ} - загальна площа конструкції, м²;

R_i - опір теплопередачі і-ої термічно однорідної частини конструкції, (м² К)/Вт, визначають згідно з формулою (2) [1];

F_i - площа і-ої термічно однорідної частини конструкції, м²;

k_j - лінійний коефіцієнт теплопередачі j-го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м К);

L_j - лінійний розмір (проекція) j-го лінійного теплопровідного включення, м;

ψ_k - точковий коефіцієнт теплопередачі k-го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

N_k - загальна кількість k-их точкових теплопровідних включень, шт.

Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі розрахунків двовірних та тривірних температурних полів відповідно. Методика розрахунків встановлена згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі поширених лінійних теплопровідних включень наведені в додатку Г [1], точкові коефіцієнти теплопередачі – в додатку Д [1].

Але на практиці використовується значно більше конструкційних матеріалів, а також з підвищенням вимог, щодо опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі, наведених в ДСТУ Б В.2.6-189:2013, критично не вистачає. Тому для більш точного і правильного результату при виконанні розрахунків і застосовують програми визначення температурних полів.

Програмний комплекс для розрахунку 2D / 3D температурних полів у складі HEAT2 і HEAT3 відповідає стандартам ISO 10211 [4] і ISO 10077-2 [10] і дозволяє спростити вирішення низки завдань, пов'язаних з розрахунком температурних полів і звести до мінімуму виникнення помилок в розрахунках.

Основні можливості програмного комплексу HEAT2 / HEAT3:

1. Розрахунок 2D / 3D стаціонарного / нестаціонарного процесу теплопередачі;
2. Проведення аналізу теплових мостів, розрахунок коефіцієнтів Ψ і k ;
3. Розрахунок приведенного опору теплопередачі і коефіцієнтів теплотехнічної однорідності огорожувальних конструкцій;
4. Аналіз розподілу температур на поверхнях (санітарно-гігієнічні вимоги) і в товщі огорожень;
5. Розрахунок тепловтрат через конструкції, що контактують з ґрунтом;
6. Оптимізація кріплення теплоізоляції і консольних елементів;
7. Аналіз параметрів підлогового опалення;
8. Розрахунок віконних профілів і віконних примикань.

- [1] Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013–[Чинні 01.01.2014]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 51с. – (Національний стандарт України)
- [2] Blomberg, T. 1991. HEAT2 - A heat transfer PC-program. Manual for HEAT2. Department of Building Physics, Lund University. P.O. Box 118, S-221 00 Lund, Sweden. CODEN:LUTVDG/(TVBH-7122).
- [3] Blomberg, T. 1994a. HEAT3 - A three-dimensional heat transfer computer program. Manual for HEAT3. Department of Building Physics, Lund University. P.O. Box 118, S-221 00 Lund, Sweden. CODEN:LUTVDG/(TVBH-7169).

УДК 656.6-042.5/.8:502/504

**ДЕЯКІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗГЛЯДУ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ
ВНУТРІШНЬОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ У КОНТЕКСТІ ЙОГО
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

**SOME TRENDS OF CONSIDERING THE PROSPECTS OF THE INLAND
WATER TRANSPORT DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF ITS
ENERGY EFFICIENCY**

к.т.н. Т.В.Тарасенко, к.т.н. В. І. Залож

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»

PhD (Tech.) T.V. Tarasenko, PhD (Tech.) V.I. Zalozh

Danube Institute of the National University "Odessa Maritime Academy"

У порівнянні з морським міжнародним судноплавством питання енергоефективності внутрішнього водного транспорту здаються не дуже популярними та не дуже затребуваними у зв'язку з тим, що основна стратегічна лінія досліджень перспектив розвитку європейського внутрішнього водного транспорту будується Європейським Союзом на прагненні досягнути основної мети – знайти джерела та схеми фінансування для переходу до 2050 року до так званої «нульової» емісії (*zeroemission*) за рахунок повного впровадження виключно «зелених» технологій у судновій енергетиці. Тобто у першому пріоритеті – вирішення питань фінансового стимулювання судновласників до впровадження інноваційних «зелених» проектів [0] з метою досягнення ідеальної екологічності перевезень внутрішнім водним транспортом.

Поточний стан ринку перевезень характеризується суттєвими відмінностями у складі флоту та застосовуваних технологіях перевезень вантажів на західноєвропейських внутрішніх водних шляхах (Рейн, Майн, тощо) та на Дунаї. Застосування технологій роботи великими до 9 одиниць караванами на нижніх та середніх частинах Дунаю обумовлює зацікавленість стейкхолдерів у визначенні потенціалу покращення показників енергоефективності та витрати палива для існуючого в експлуатації флоту. Водночас європейські перевізники, які працюють виключно на верхньому Дунаї та на інших внутрішніх водних шляхах Європи, де перевезення вантажів здійснюються в умовах забезпечених глибин та на відносно постійних режимах роботи пропульсивного комплексу (звісно, виключаючи періоди маневрування) поодинокими самохідними

суднами або невеликими караванам з двох одиниць флоту, суттєвого покращення екологічних та економічних показників перевезень можуть досягнути виключно за рахунок впровадження новітніх зелених технологій. Саме це й є причиною більшої уваги до питань фінансування проектів інноваційних суден. Але з існуючих проектів, які профінансовані Європейським Союзом, немає жодного потужного штовхача, здатного долати великі відстані протягом 1500...2000 км з караванами 6...9 одиниць флоту та вантажем в середньому до 10...12 тис. т [0].

Таблиця 1 – Відмінності початкових умов розгляду перспектив розвитку внутрішнього водного транспорту для різних регіонів експлуатації

Характеристика	Верхній Дунай та ВВП Західної Європи	Середній та нижній Дунай
Основні стейкхолдери	Судновласники, проектувальники та науковці більшості країн Європейського Союзу	Судновласники, проектувальники та науковці України та Румунії
Навігаційні умови	Забезпечені 250 днів у році та більше	Велика кількість перекатів, вузьких місць, тривалі періоди паводків та мілководдя
Технологія перевезення вантажів	Поодинокими суднами або невеликими зчалами на відстані у середньому не більше 500 км	Великими караванами з застосуванням проводок та паузок на відстані 1500...2000 км
Резерв покращення показників енергоефективності, екологічності та витрати палива	Майже відсутній	20...55 % у залежності від форми каравану та швидкості руху [0]

Таким чином підтверджується актуальність дослідження питань покращення енергоефективності, екологічності та економічності вантажного внутрішнього водного транспорту та подальших перспектив його розвитку, не зважаючи на те, що основна увага європейських країн спрямована на пошук фінансування впровадження новітніх зелених технологій та проектів.

[1] CCNR study on energy transition towards a zero-emission inland navigation sector. Режим доступу 21.08.2021: <https://www.ccr-zkr.org/12080000-en.html>

[2] T. TARASENKO, V. ZALOZH, R. VARBANETS and D. MINCHEV. Considerations regarding reducing Danube navigation emissions. Scientific Bulletin of Naval Academy, Vol. XXIV 2021, pg.174-183,doi: 10.21279/1454-864X-21-II-021.

УДК 658.24

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТРІЧКОВИХ
ЗАВИХРЮВАЧІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ
ТЕПЛОВІДДАЧІ У КАНАЛАХ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЯГОВИХ
ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ**

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF BELT VORTICES
TO INCREASE THE HEAT TRANSFER COEFFICIENTS IN THE
CHANNELS OF THE COOLING SYSTEM OF TRACTION MOTORS**

к.т.н., О.О.Алексахін¹, О.В.Панчук², С.С.Робейко¹

¹*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, (Харків)*

²*Український державний університет залізничного транспорту, (Харків)*

Ph.D., O.O.Aleksakhin¹, O.V.Panchuk², S.S.Robeiko¹

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv)*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У роботі наведено результати аналізу процесів тепловідведення у каналах системи охолодження тягових електродвигунів ЕД-118 силових установок тепловозів. Охолодження статорів тягових двигунів здійснюють повітрям, яке рухається по системі каналів круглого перерізу діаметром 27 мм. Потужність вентиляторів охолодження, привід яких здійснюється від силової установки тепловозу, становлять 8-10% величини потужності електродвигунів. Застосування засобів штучної інтенсифікації процесів теплопереносу з одного боку веде до збільшення втрат тиску при русі охолоджуючого повітря у каналах системи охолодження. З іншого боку, використання засобів інтенсифікації конвективного теплообміну дозволяє забезпечити необхідні температурні умови елементів електродвигуна при помітно менших значеннях швидкості повітря. Доцільність застосування штучної інтенсифікації теплопереносу оцінено із умови $N/N_0 \leq 1$ (N_0 - потужність вентилятора системи охолодження без використання пристроїв для підвищення коефіцієнтів тепловіддачі, N - потужність вентилятора при встановленні у каналах засобів штучної інтенсифікації теплопереносу). Обчислення проведено при умові забезпечення однакових коефіцієнтів тепловіддачі у каналах з інтенсифікаторами і у «гладких» у каналах.

Для підвищення коефіцієнтів тепловіддачі у каналах статора тягового електродвигуна обрано стрічкові завихрювачі. До переваг таких пристроїв відносять простоту виготовлення та монтажу, можливість застосування і при проектуванні нових систем охолодження, і при модернізації існуючого обладнання. Для визначення коефіцієнтів тепловіддачі і коефіцієнтів гідравлічного опору у циліндричних каналах зі стрічковими завихрювачами використано наведені у [1] рівняння

$$Nu = 0.021 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.43} \cdot \left(1 + \frac{5,65 \cdot 10^4}{Re^{1.2}} \cdot \frac{d}{s}\right), \quad (1)$$

$$\xi = \xi_0 \cdot \left[1 + 14,35 \cdot \left(\frac{d}{s}\right)^4\right], \quad \xi_0 = \frac{0,316}{Re_0^{0.25}} \quad (2)$$

де Re – критерій Рейнольдса; Pr – критерій Прандтля для повітря при середній температурі; d – діаметр каналу; s – крок закручування завихрювача; ξ_0 – коефіцієнт гідравлічного опору для каналу без завихрювача [2].

Аналіз результатів виконаних розрахунків дозволив для проектних умов роботи системи охолодження визначити величину відносного кроку завихрювача d/s , при якій забезпечується мінімальна потужність вентиляторів системи охолодження.

[2] Ибрагимов М.Х., Номофилов Е.В., Субботин В.И. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при винтовом движении жидкости в трубе. – Теплоэнергетика, 1961, №7, с. 57-60.

[2] Теплотехнический справочник. Под общ. ред. В.Н. Юренева, П.Д. Лебедева. т.2, изд. 2-е, перераб. М.: Энергия, 1976. – 896 с.

УДК 658.24

ОЦІНКА ТЕПЛОВОГО СТАНУ МІКРОРАЙОННОЇ МЕРЕЖІ ОПАЛЕННЯ

THE COMMUNITY HEATING NETWORK'S THERMAL CONDITION ASSESSMENT

*к.т.н. О.О.Алексахін¹, І.С. Дубинська², І.С. Соляник²,
Ж.М. Домбровська²*

¹Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків

² Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

*PhD (Tech.) A.A. Aleksahin¹, I.S. Dubinska², I.S. Solyanik²,
Zh.M. Dombrovs'ka²*

¹ Karazin Kharkiv national university, Kharkiv

² Ukrainian State University of railway transport, Kharkiv

За роки розвитку централізованого теплопостачання інженерна інфраструктура мікрорайону стала одним з підрозділів складної, розгалуженої системи, для якої характерні наявність проміжних ступенів управління між джерелами теплоти і абонентами та чотиритрубні розподільні теплові мережі (подавальний і зворотний трубопроводи системи опалення та подавальний і циркуляційний трубопроводи системи гарячого водопостачання). Порівняння варіантів виконання системи теплопостачання забудови групи будівель при її реформуванні передбачає аналіз великої кількості факторів, у тому числі і

ступінь зменшення втрат теплоти для запропонованих варіантів у порівнянні з існуючою схемою.

У роботі наведено результати обчислення втрат теплоти теплопроводами системи опалення житлового мікрорайону у м. Харкові. Мережна вода надходить до мікрорайону від районної котельні з параметрами для розрахункового режиму 150/70°C. Для регулювання відпускання теплової енергії до будівель у мікрорайоні передбачено центральний тепловий пункт, на якому здійснюється також підігрівання води до 60°C для потреб гарячого водопостачання. Теплову мережу прокладено у непрохідних каналах. Температуру мережної води прийнято за температурним графіком теплової мережі, відповідно до розрахункової для опалення температури зовнішнього повітря. Питомі втрати теплоти трубопроводами на ділянках мережі прийнято на рівні нормативних значень для вказаного способу прокладки. Втрати теплоти конструктивними елементами мереж враховано коефіцієнтом 1,15. Обчислення проведено з урахуванням зміни витрат і температури мережної води на розрахункових ділянках. Витрати мережної води на ділянках мережі визначено за проектними тепловими навантаженнями приєднаних будівель.

Втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі обчислено з використанням викладеної у роботі [1] методики. Зміну теплового стану функціонуючої теплової мережі залежно від фактичної різниці температур теплоносія і оточуючого середовища на ділянках теплопроводу оцінено за формулою

$$Q_{\text{д}} = q_{\text{н}} l_{\text{д}} \frac{\tau - t_{\text{о}}}{\tau_{\text{н}} - t_{\text{о}}} k, \quad (1)$$

де $q_{\text{н}}$ - нормативні лінійні (питомі) втрати теплоти на ділянці теплопроводу; τ - температура теплоносія на ділянці; $l_{\text{д}}$ - довжина розрахункової ділянки; $\tau_{\text{н}}$ - температура теплоносія, при якій здійснено нормування теплових втрат через ізоляцію трубопроводу; k коефіцієнт для обліку втрат теплоти конструктивними елементами мережі.

Питомі теплові втрати через теплову ізоляцію трубопроводів прийнято на рівні нормативних значень [2]. Результати обчислень показали, що загальні втрати подавальною лінією становлять 102,5 кВт. Усереднені питомі теплові втрати подавальними трубопроводами дорівнюють 113 Вт/м. Загальні втрати трубопроводами зворотної лінії дорівнюють 78,3 кВт. Теплові втрати розподільними трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону в цілому при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря становлять 180,8 кВт. Обсяг річних втрат теплоти трубопроводами системи опалення становить 2184 ГДж.

[1] Алексахин А.А., Бобловский А.В. Теплотери трубопроводами отопительной сети при изменении расчетной отопительной нагрузки зданий микрорайона / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. №9, 2011

[2] Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с

УДК 621.7; 658.5

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖІ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF VENTILATION SYSTEMS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE OBJECTS BY OPTIMIZATION OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS

*к.т.н. Г.В. Біловол¹, П.В. Рукавішников¹,
В.В. Тимко², Д.В. Куницький²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків),

²ПрАТ «Ічнянський молочно-консервний комбінат»

*PhD (Tech.) H.V. Bilovol¹, V.I. Rublov¹, PhD (Tech.), P.V. Rukavishnikov¹,
Tymko V.V.², Kunitskii D.V.²*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv),

²PJSC «Ichnya Condensed Milk Company»

Вентиляційні системи на підприємствах залізничного транспорту та об'єктах інфраструктури, як відомо, є досить значними споживачами енергоресурсів, але на вимогу сучасної нормативної документації вони забезпечують комфортне та безпечне перебування людей у будівлях [1]. Поширеною проблемою вентиляційних систем є суттєва зміна характеристик роботи вентилятора при його встановленні в мережу. Це значною мірою впливає на енергоспоживання системи та її витратні характеристики.

Цікавим досвідом такого негативного впливу було обстеження витяжної вентиляційної системи 5-ти поверхової будівлі у м. Одеса. В систему за паралельною схемою включено два однакових вентилятори, які розташовані на даху. Заміри параметрів потоку повітря показали, що на 1-му поверсі не забезпечується потрібна витрата у $9600 \text{ м}^3/\text{год}$, а становить $4150 \text{ м}^3/\text{год}$. При цьому тип вентиляторів і спосіб їх підключення відповідали технічному проекту.

Були проведені вимірювання статичного, динамічного тисків на ділянках мережі, а також швидкість руху повітря. Це дозволило встановити втрати тиску по даним ділянках. За отриманими результатами розраховано аеродинамічний опір окремих ділянок вентиляційної системи для квадратичної залежності втрат тиску від витрати повітря [2]. Результати розподілення аеродинамічного опору по системі наведені в таблиці 1.

Так були визначені суттєві втрати тиску в повітроводах, розташованих на даху. Причина – нерівномірність потоку через значну кількість поворотів, розширень, наявність клапанів з гравітаційним керуванням та вибраний Т-подібний тип приєднання вентиляторів.

Таблиця 1. – Результати розподілення аеродинамічного опору

№ п/п	Ділянка вентиляційної системи	При роботі одного вентилятора	При роботі двох вентиляторів
1	Перший – п'ятий поверхи	21%	28%
2	П'ятий поверх – дах - поворот до вентилятора	29%	39%
3	Гравітаційний клапан, вхід та вихід вентилятора з зонтом	50%	33%
	Сумарно по системі	100%	100%

Зазвичай, продуктивність вентиляційної установки регулюється двома способами [3].

1) Регулювання шляхом зміни характеристики мережі, тобто в збільшенні або зменшенні сумарного опору шляхом прикриття або відкриття регулювальних пристроїв (шиберів, дросель-клапанів, повітророзподільних пристроїв і таке інше).

2) Регулювання шляхом зміни характеристики вентилятора шляхом збільшення або зменшення частоти його обертання.

Другий спосіб вигідніше з економічної точки зору, але збільшення частоти обертання вентилятора було неможливим, бо виміри проводились при живленні напругою, максимально допустимою для встановлених ЧРП (47,5 Гц).

Тому був проведений ряд розрахунків щодо можливості досягнення необхідної витрати на існуючому обладнанні та запропоновані заходи по зменшенню аеродинамічного опору системи:

1. Замінити жалюзійні гравітаційні клапани на шиберні заслінки.

2. Приєднання вентиляторів до спільного колектору під кутом 90° та глухим тупиком замінити на повітропровід, розділений на два потоки без поворотів (так звані «штани»).

Реалізація даних заходів дозволила зменшити опір системи на 32% з одночасним підвищенням витрати повітря до 9820 м³/год. Важливо, що досягнення проектних значень потоку повітря не призвело до суттєвого підвищення експлуатаційних витрат на електроенергію.

В цілому «чутливість» до системних факторів притаманна усім видам нагнітачів (насосам, вентиляторам, компресорам, кондиціонерам). Але оцінка рівня ефективності роботи обладнання на конкретну систему потребує використання відповідного вимірювального обладнання. Через це проведення оптимізаційних налаштувань власними силами на підприємствах ускладнюється.

[1] ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 240 с.

[2] Аэродинамика вентиляции / Талиев В.Н. // Учебное пособие для вузов. М: Стройиздат, 1979г. -295с.

[3] Вентилювання приміщень / С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш, З. С. Люльчак \ \ Навчальний посібник. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2007. - 476 с.

ФОРМУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ВОДІЇВ

FORMING OF TRAFFIC INFRASTRUCTURE ENVIRONMENTS INCLUDING DRIVER'S NEEDS

к.т.н. Н. І. Кульбашина ,

*Харківський національний університет міського господарства імені
О. М. Бекетова, м. Харків*

PhD (Tech.) Kulbashna Nadiia

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv

Системне вдосконалення умов руху на підставі ергономічного забезпечення дає змогу істотно поліпшити виробниче середовище водія. Призначенням ергономічного забезпечення є створення оптимальних умов високоякісної, високоефективної й безпомилкової діяльності водія в системі «Водій – автомобіль – дорожнє середовище».

Для ефективного функціонування підсистеми «водій – середовище руху», забезпечення стабільного психічного й психологічного стану водія під час руху дорогою, а також для того, щоб ця система не спричиняла негативних наслідків, необхідно забезпечити сумісність характеристик середовища руху і водія [1].

Функція середовища полягає в забезпеченні зручних і комфортних умов роботи водія, у здійсненні взаємопов'язаного функціонування всіх учасників руху [2]. Дорожнє середовище становить собою комплекс різних елементів інженерно-технічного забезпечення: власно елементів дороги, тих, що обумовлені динамікою процесу (автомобілі й пішоходи), а також елементів ландшафту інфраструктури. При цьому проблему узгодженості вимог водіїв і умов дорожнього середовища необхідно вирішувати шляхом пристосування параметрів (умов) руху до особливостей і можливостей водія, а не навпаки.

Певним чином сформоване дорожнє середовище становить як один із провідних регулятивних механізмів, що забезпечують гомеостатичний стан підсистеми «водій – дорожнє середовище». Якщо середовище руху змінюється, то це позначається на діяльності водія, оскільки під час руху дорогою водій керується певним мотивом і його дії спрямовані на досягнення певної мети [2-4].

Дорожнє середовище не повинне порушувати цілеспрямовану діяльність водія, тому змінювання ситуації на дорозі шляхом змінювання кількості інформації призводить до зміни мети дій водія відповідно до його мотивації. Таким чином, рух, спрямований на досягнення мети, відбувається без примусу, що забезпечує відносну стабільність поведінки водія і характеризує адекватність стосовно зовнішніх умов [3].

Отже, дорожнє середовище має бути організовано таким чином, щоб водій не відчув певного дискомфорту, наслідком чого може бути його негативна реакція, що може призвести до виникнення аварійної ситуації на дорозі.

Відповідно до принципу забезпечення динамічної достатності умови руху мають гарантувати підтримання змінних руху (швидкість і траєкторію) у допустимих межах. В іншому разі водій втрачає спроможність пристосовуватися до обстановки руху [5, 6].

Взаємодію елементів у підсистемі «водій – дорожнє середовище» вважають оптимальною, якщо взаємозв'язок відповідає оптимальним умовам взаємодії – створюються необхідні умови для діяльності, передумови для прояву найвищої працездатності і, як наслідок, продуктивної діяльності водія. Будь-яка невідповідність умов середовища руху вимогам водія розглядається як індивідуальне відхилення, що не співвідноситься із загальними соціальними принципами.

Параметри індивідуальних норм визначають за інформаційними характеристиками середовища руху: максимальною, поточною ентропією і відносною організацією поля сприйняття водія. Таким чином, взаємодія водія з середовищем подається на підставі характеристик середовища руху, для чого використовуються ентропійні моделі, які уможливають оцінку адекватності взаємозв'язку водія і дорожнього середовища за складністю і організацією їхньої взаємодії. Тобто використання ентропійних характеристик дає змогу одержати комплексний результат інформаційної сумісності в системі «Водій – автомобіль – дорожнє середовище». У разі невідповідності характеристик дорожнього середовища вимогам водіїв має бути змінено його облаштування або виконана реконструкція шляхом зменшення або збільшення кількості елементів на дорозі, їхнє об'єднання, переустановлення тощо.

[1] Islinger T. A. Functional Driver Analyzing Concept / T. Islinger, T. Köhler, C. Wolff // *Advances in Human-Computer Interaction*, 2011. – 4 p.

[2] Кульбашная Н. И. Применение информационных характеристик в моделях восприятия водителем дорожной обстановки / Н. И. Кульбашная, И. Э. Линник // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – Харьков : Технологический центр, 2015. – Вып. 3/3 (75). – С. 27–32.

[3] Кульбашная Н. И. Соответствие условий дорожной среды функциональному состоянию водителя / Н. И. Кульбашная // *Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб.* – Харків : ХНУГХ ім. О. М. Бекетова, 2017. – Вып. 134. – С. 108–112.

[4] Гаврилов Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог: учеб. пособие / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – Белгород : Издательство АСВ, 1998. – 138с.

[5] Гаврилов Э. В. Оценка безопасности движения в городских условиях / Э. В. Гаврилов, И. Э. Линник, А. В. Банатов // *Вісн. Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-ту: наук.-техн. зб.* – Харків : ХГАДТУ, 2002. – Вып. 17. – С. 57–62.

[6] Системологія на транспорті : Підручник : у 5 кн. / за заг. ред. Ф. М. Дмитриченко / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. – Київ : Знання України, 2008. – Кн. 5 : Ергономіка. – 256 с.

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ЗАПРОШУЄ НА НАВЧАННЯ

ЗА 50

ОСВІТНІМИ ПРОГРАМАМИ

- Наша освіта визнана світом.
- Широкий вибір програм підготовки.
- Попит на ринку праці.

ХОЧЕШ НА БЮДЖЕТ?

ОБИРАЙ НАС
за першим пріоритетом



@ukrduzt.University



@ukrduzt_university



kart.edu.ua

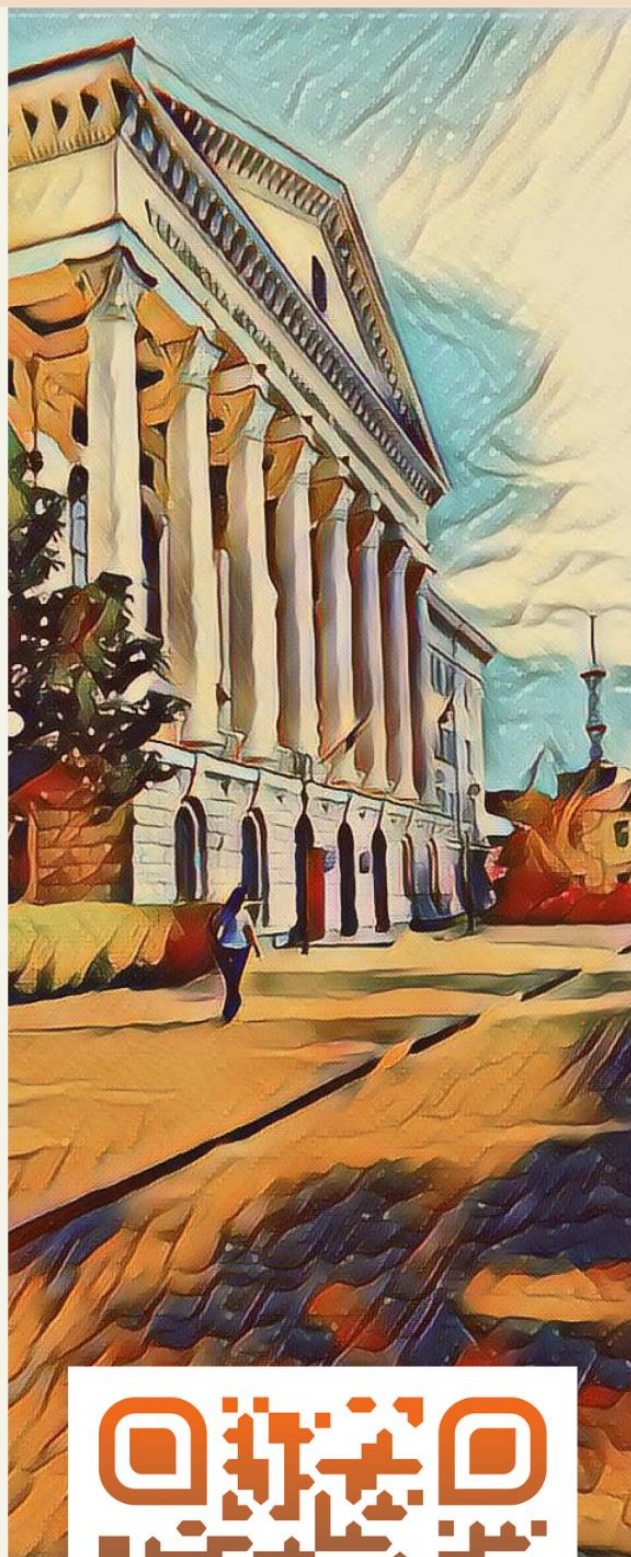


t.me/infovstup_ukrduzt

АДРЕСА: ПЛОЩА ФЕЙЕРБАХА 7, 61050, ХАРКІВ
ПРИЙМАЛЬНА КОМІСІЯ: +38 (057) 732-28-25

**ВАРТІСТЬ ДЗВІНКІВ ЗГІДНО ТАРИФІВ ВАШОГО ОПЕРАТОРА ЗВ'ЯЗКУ*

***Має відомості та Накази МОН щодо здійснення освітньої діяльності у сфері вищої освіти у Українському державному університеті залізничного транспорту.
Ідентифікаційний код: 01116472, Місцезнаходження юридичної особи: 61050, Харківська обл. м. Харків, вул. Фейєрбаха, 7*





#УКРДУЗТ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ



@ukrduzt.University



@ukrduzt_university



Online #УкрДУЗТ

ПРИЙМАЛЬНА КОМІСІЯ В TELEGRAM



t.me/infovstup_ukrduzt

САЙТ УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ



<http://kart.edu.ua/>



НАУКОВО- ВПРОВАДЖУВАЛЬНИЙ ЦЕНТР ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

- ❖ Організація і проведення робіт з підготовки, обстеження та підтвердження відповідності підприємств з ремонту рухомого складу залізниць;
- ❖ Навчання фахівців підприємств роботі із засобами діагностики;
- ❖ Консультативна допомога підприємствам з ремонту рухомого складу залізниць щодо вдосконалення технологічних процесів ремонту;
- ❖ Виробництво та впровадження сучасного діагностичного, технологічного та випробувального обладнання для підприємств з ремонту рухомого складу;
- ❖ Проведення сертифікаційних випробувань обладнання рухомого складу (випробувальна лабораторія ТРС-тест).



trs-test.com.ua



Відповідальний за випуск Ю.М. Дацун
Технічний редактор О.М. Обозний

КВ № 21515 - 11415ПР від 27.07.2015 р. Підписано до друку 22.09.2021 р.
Формат 60*90/16. Папір офсетний. Умовн. друк. арк. _____. Тираж 100. Замовлення № _____.
Видавець Український державний університет залізничного транспорту, 61050, Харків-50,
майдан Фейєрбаха,7. Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.