

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НА ТРАНСПОРТІ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

Тези доповідей



18–20 листопада 2020 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей міжнародної
науково-технічної конференції
«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НА ТРАНСПОРТІ»**

Харків 2020

Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність на транспорті», Харків, 18-20 листопада 2020 р.: Тези доповідей. - Харків: УкрДУЗТ, 2020. - 172 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за наступними напрямками: енергоефективність рухомого складу та перевезень, енергозберігаючі будівельні матеріали та конструкції, енергоменеджмент рухомого складу та споруд транспортної інфраструктури, ресурсо- та енергозбереження на транспорті

ЗМІСТ

Секція

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ПЕРЕВЕЗЕНЬ

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ФУНКЦІОНАЛЬНО-СТАТИСТИЧНИЙ КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ І СИСТЕМИ АВТОМАТИЧ- НОГО УПРАВЛІННЯ	
О.І. Акімов, Ю.О. Акімова, В.В. Панченко, М.М. Одєгов.....	11
МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ ПОХИБКИ РОЗРІЗНЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ	
О.М. Ананьєва, М.М. Бабаєв, В.С. Блиндюк, М.Г. Давиденко.....	13
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ДЕКОМПРЕСІЇ ЦИЛІНДРІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ	
С.В. Бобрицький, О.О. Аулін, О.О. Анацький, Ю.В. Жовтий, П.В. Черненко.....	14
РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ БОРТОВОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА БАЗІ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ	
С.Г. Буряковський, А.С. Маслій, Д.П. Помазан.....	15
ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	
Г.М. Голуб, І.І. Кульбовський, П.О. Скок, О.А. Шумейко.....	17
РОЗВ'ЯЗАННЯ ЛІНІЙНОГО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ З КУСКОВО-НЕПЕРЕРВНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ У ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКАХ	
О.В. Казанко, О.Є. Пенкіна, М.М. Одєгов	18
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ	
Н.П. Карпенко, М.М. Одєгов	20
ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	
МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА	
О.В. Кіріцева, О.В. Клецька, Г.Л. Новак	23
ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ З ЗЕРНОВИМИ ВАНТАЖАМИ НА ОСНОВІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	
А.О. Ковальов, С.М. Продащук, А.Л. Кравець, Д.І. Мкртич'ян, М.В. Продащук.....	25
ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ДВОПО- ВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ДЛЯ НІЧНИХ ПОЇЗДІВ З ТОЧКИ ЗОРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
О.М. Красноштан.....	26

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ДИСЛОКАЦІЇ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	
О.С. Крашенінін, М.М. Одегов, О.В. Лагерєва, В.В. Задесенец.....	28
ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДРОЗДІЛІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ	
І.І. Кульбовський, О.В. Агарков, В.С. Харута, М.М. Галушко.....	30
ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАНАТНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЮ ТЯГОЮ	
О.С. Куроп'ятник, О.Л. Краснощок.....	32
АНАЛІЗ ПЛАВНОСТІ РУХУ ВАГОНУ МЕТРОПОЛІТЕНУ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ АМОРТИЗАТОРАМИ ЕНЕРГІЇ	
Б.Г. Любарський, Н.П. Лукашова, Ан.С. Маслій.....	34
ПОКРАЩЕННЯ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ	
Б.Г. Любарський, Є.С. Рябов, Б.Х. Єрціян, Д.І. Якунін.....	36
ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ КОЛІСНО-МОТОРНОГО БЛОКУ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ	
Б.Г. Любарський, Є.С. Рябов, Л.В. Овер'янова, О.В. Демидов.....	38
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ НА ОДНОКОЛІЙНІЙ ЗАЛІЗНИЧНІЙ ДІЛЬНИЦІ	
А.В. Прохорченко, О.А. Малахова, Д.О. Гурін, Г.М. Сіконенко, Г.О. Прохорченко.....	40
УДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВХІДНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	
В.П. Нерубацький, О.А. Плахтій, Д.А. Гордієнко.....	41
ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	
В.В. Панченко, Р.О. Харін.....	43
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА БАЗІ КАРБІДУ КРЕМНІЮ	
О.А. Плахтій, В.П. Нерубацький, Г.А. Хоружевський.....	44
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОПОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЯГОВИХ ТРИФАЗНИХ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ	
О.І. Семененко, М.М. Одегов, Ю.О. Семененко, О.Д. Супрун.....	46
СТРАТЕГІЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ	
А.М. Сидоренко, С.І. Яцько, Я.В. Ващенко.....	48

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ-ПЛАТФОРМ З 25 РІЧНИМ СТРОКОМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ О. В. Фомін, Г. Л. Вагуля, М. І. Горбунов, А. О. Ловська, V. Píštěk, Р. Kučera	51
ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТА- ЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИТОГО ВАГОНА ПРИ ВЕДЕННІ З НЬОГО ВОГНЯНОЇ ДІЇ У ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ О. В. Фомін, А. О. Ловська, J. Gerlici, Ю. В. Фоміна, Д. В. Федосов- Ніконов, П. М. Прокопенко	53
МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ У СИЛОВОМУ ЛАНЦЮЗІ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ Р.О. Яровий	55

**Секція
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА СПОРУД
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

ENVIRONMENTAL EMPACT OF A SMALL SOLAR THERMAL ELECTRICITY GENERATION UNIT Paul Koltun, Vasyl Klymenko, Valentyn Soldatenko, Serhii Kononchuk, Ruslan Teliuta	57
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСІДАНЬ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В.А. Александрович, О.В. Гаврилюк	59
ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЛОКОМОТИВА ТА ВИТРАТ РЕСУРСІВ З ВРАХУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ З СИСТЕМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ М.А. Барібін, А.П. Фалендиш, В.О. Гатченко, О.В. Клецька, О.В. Кіріцева	61
МЕНЕДЖМЕНТ РОБОТИ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ПЕРСОНАЛУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ВИНИКНЕННІ НЕСПРАВНОСТІ ЧИ НЕЗНАЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ВІД НОРМИ М.А. Барібін, А.О. Каграманян, Д.А. Іванченко, Д.Е. Сулежко	63
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ Г.В. Біловол, В.І. Рубльов, П.В. Рукавішников	65
ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ПОШКОДЖЕННЯМ, ЩО ВИНИКЛИ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ Я.З. Бліхарський, Р.В. Вашкевич, Н.С. Копійка, Т.В. Бобало, З.Я. Бліхарський	67

ПОСИЛЕННЯ ДЕФОРМОВАНОЇ СПОРУДИ НА ПАЛЬОВОМУ ФУНДАМЕНТІ	
Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, С.М. Манжалій.....	69
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ВУЗЛІВ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУ	
О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Т.О. Совенко.....	71
ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	
С.М. Золотов, О.М. Пустовойтова, П.М. Фірсов, Є.Ф. Орел, С.М. Камчатна.....	73
ВПЛИВ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ	
Ф. Буреш, А.О. Каграманян, Ю.А. Бабіченко, О.В. Василенко, А.В. Онищенко.....	75
СТВОРЕННЯ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ КОМПОЗИЦІЙ ВАЖКИХ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ ШЛАКІВ	
Т.О. Костюк, В.І. Вінниченко, А.А. Плугін, О.С. Борзяк, А.С. Єфіменко.....	76
ОТРИМАННЯ ПОРИСТИХ ГРАНУЛЬОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА ПІД ДІЄЮ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	
Т.Е. Римар.....	
ПІДСИЛЕННЯ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО РЕЗЕРВУАРУ АНАЕРОБНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД З ВИРОБНИЦТВОМ БІОГАЗУ, ПОШКОДЖЕНОГО ВНАСЛІДОК ПОМИЛОК У ПРОЕКТУВАННІ ТА БУДІВНИЦТВІ	79
А.П. Крамарчук, Б.М. Ільницький, Д.Г. Гладишев, О.Я. Литвиняк....	81
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АРМОКАМ'ЯНИХ БАЛОК ІЗ КОМБІНОВАНИМ АРМУВАННЯМ	
А.П. Крамарчук, Б.М. Ільницький, Т.В. Бобало, О.Я. Литвиняк.....	
МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУЛИЧНИХ МЕРЕЖ	83
О.В. Кутья, А.Г.Кравцов, Т.Е. Городецька, О.В. Войтов.....	85
ЗАСТОСУВАННЯ СИЛКАТНО-ПЕРУКСУСНИХ РОЗЧИНІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ	
А.М. Левенко, В.А. Александрович	87
УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД	
Б.І. Маковецький, Р.Б. Папірник, П.М. Саньков, Н.О. Ткач, І.В.	

Тріфонов.....	89
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ СТАЛЕВИХ БУНКЕРІВ ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ	
А.В. Махінько, Н.О. Махінько.....	91
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСНОВ	
О.В. Михайловська, М.Л. Зоценко.....	93
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА	
В.І. Мойсеєнко, Л. П.Єрмоленко.....	95
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У КАБЕЛЬНОМУ ТУНЕЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО ПАРАМЕТРІВ	
О.М. Нуянзін, С.О. Сідней, П.І. Заїка, С.М. Федченко, Б. О. Алі.....	97
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ З ПРОСОЧЕНОЇ ФАНЕРИ	
С.В. Поздєєв, С.О. Сідней, М.І. Змага, О.В. Некора, Я.В. Змага.....	99
ДОСЛІДЖЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО МІНЕРАЛОВАТНОГО ОБЛИЦЮВАННЯ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ	
С.В. Поздєєв, В.О. Нуянзін, О.В. Борсук, І.А. Неділько	101
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗКРИТТЯ ПРОРІЗІВ ЛЕГКОСКИДНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПОЛІКАРБОНАТНИМ ОГОРОДЖЕННЯМ В УМОВАХ ВИБУХУ	
С.В. Поздєєв, В.В. Ніжник, Ю.Ю. Підгорецький, А.В. Швиденко.....	103
МЕХАНІКА ДЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ І КОНСТРУКЦІЙ	
В.М. Ромашко.....	104
ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РІВНОСТІ ДОРОЖНИХ ПОКРИТТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛАЗЕРНИХ ДОРОЖНИХ СКАНЕРІВ	
Р.В. Смолянюк, Н.В. Смолянюк, І.В. Кіяшко	106
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ДЛЯ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	
А.Л. Сумцов, Н.Д. Чигирик	108
ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ НОВАЦІЙ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	
Ю.Л. Тулей, А.І. Підпригора, Д.В. Чупахіна.....	110
НАУКОВИЙ ПІДХІД ЩОДО РОЗРАХУНКУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТА КОЛОН	
С.Л. Фомін, Ю.В. Бондаренко, С.В. Бутенко, С.М. Колесніков.....	

ВИПРОБУВАННЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ: ІСТОРІЯ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	112
С.Л. Фомін, І.А. Плахотникова, С.В. Бутенко, С.М. Колесніков.....	
ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЙМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ	113
Р.Є. Хміль, Р.Ю. Титаренко, Я.З. Бліхарський, П.І. Вегера.....	
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ СИСТЕМИ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ	
А.О. Шевченко, О.О. Матвієнко, В.А. Лютий, В.Г. Мануйленко, Н.О. Муригіна.....	115
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТА ЇХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
О.А. Шкурупій, П.Б. Митрофанов, Ю.О. Давиденко, О.Г. Горб	118

Секція

РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

CONTROL OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE ROAD LEAF USING A SOLAR COLLECTOR	
Jamil Guliyev , Javanshir Guliyev.....	120
SIMULATION MODELING OF THE AUTOMOBILE BRAKING SYSTEM PERFORMANCE	
G. Viselga, , Ev. Ugnenko, E. Uzhviieva, O. Tymchenko, N. Sorochuk	123
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ РІДКОКРИСТАЛІЧНОЇ ПРИСАДКИ НА ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНДУСТРІАЛЬНИХ ОЛИВ	
Н.М. Аношкіна, О.С. Харківський	124
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ АРМОВАНИХ ПЛАСТИКІВ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	
П.А. Білим, А.С. Рогозін, П.М. Фірсов, С.М. Золотов.....	126
ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	
Ф. Буреш.....	128
МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТРУКТУРИ СПОЛУЧЕНИХ МАТЕРІАЛІВ У ТРИБОСИСТЕМІ	
А.В. Войтов, К.А. Фененко, О.М. Фененко.....	130
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМОТОРІВ	

А.А. Волошина, А.І. Панченко, О.А. Тітова, В.В. Пашенко, А.І. Засядько.....	132
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ФРАКТАЛІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕНОСТІ НЕМЕТАЛЕВИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ НА КОМПЛЕКС МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ S355J2	
В.М. Волчук , О.В. Узлов, О.В. Пучіков , С.В. Іванцов	134
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПРИСАДОК НА МАСТИЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ОЛИВ КОЛІЙНИХ МАШИН	
С.В. Воронін, В.О. Стефанов, Д.В. Онопрейчук, О.О. Овчінніков, О.С. Харківський, В.В. Пашенко.....	136
ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ПО ЗНОСУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТРИБОСИСТЕМ КОВЗАННЯ АВТОМОБІЛЯ	
О.В. Диха, Ю. Падгурскас, О.П. Бабак	138
ЗВ'ЯЗОК МІЖ МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ, ШВИДКІСНИМ РЕЖИМОМ І ВИТРАТАМИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РОЗЧИННИХ АБО БЕТОННИХ СУМІШЕЙ	
А.О. Задорожний, М.П. Ремарчук, А.П. Ковревський, Ю.В. Човнюк, С.О. Бугаєвський.....	140
МЕТОДИКА РЕСУРСООЩАДНОГО ПРОЕКТУВАННЯ АСУ НА ТРАНСПОРТІ	
А.А. Косолапов, П.В. Івін.....	142
СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПАРИ ТЕРТЯ «КОЛЕСО-РЕЙКА»	
А.М. Кравець, В.М. Власовець, А.В. Євтушенко, Є.В. Романович, А.Л. Кравець.....	144
МОДЕЛЮВАННЯ ТОВЩИНИ МАСЛЯНОЇ ПЛІВКИ НА ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ ЗА НАЯВНОСТІ ФУЛЛЕРЕНОВИХ КОМПОЗИЦІЙ В МАСТИЛЬНОМУ МАТЕРІАЛІ	
А.Г. Кравцов, Ю.О. Градиський, Б.М. Цимбал, К.В. Борак.....	146
ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ НА ЗМІНУ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМОТОРІВ	
С.В. Кюрчев, П.Г. Лузан, Н.І. Болтянська, Г.О. Радіонов, А.І. Засядько.....	148
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЛОГІСТИЦІ ТРАНСПОРТНИХ КОМПАНІЙ	
Д.В. Ломотько, Г.О. Примаченко, О.В. Ковальова, Є.І. Григорова.....	150
ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЇ ЗАЧЕПЛЕННЯ ТЯГОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ З РІЗНИМИ СТУПЕНЯМИ ЗНОСУ ЗУБЦІВ	
В.І. Мороз, В.І. Громов, О.В. Братченко, О.А. Логвіненко.....	152
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВОГО ККД МОДУЛЬНОГО ТЯГОВОГО	

ЗАСОБУ

В.Т. Надикто, В.М. Кюрчев, А.П. Чаплінський, А.М. Аюбов.....	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРОВОГО ВПЛИВУ НА ПОВЕРХНЕВУ ГУСТИНУ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ	154
В.В. Ніжник, А.С. Борисова.....	
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВНО- ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В ПРОЦЕСІ РОЗВИТКУ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ	156
І.О. Новаковська, І.В. Славін, Л.Р. Скрипник, В.Ю. Беленок, І.В. Шатохіна.....	
АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ «ЕКОЛОГІЗАЦІЇ» АВТОТРАНСПОРТУ ТА ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В УКРАЇНІ	157
І.О. Новаковська, П.Ф. Жолкевський, Н.Ф. Іщенко, М.П. Стецюк	
ОЦІНКА СТАНУ ДВИГУНА МОБІЛЬНИХ МАШИН В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	159
С.В. Панченко, М.П. Ремарчук, О.В. Кебко, О.І. Рощупкін.....	
КІНЕМАТИКА РУХУ РОТОРІВ ОРБІТАЛЬНОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ МАШИНИ	161
А.І. Панченко, А.А. Волошина, П.Г. Лузан, І.А. Панченко, С.В. Волков.....	
ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО РОЗРІВНЮВАННЯ ПОВЕРХНЬ НАСИПНИХ ВАНТАЖІВ В КУЗОВАХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ ВІДКРИТОГО ТИПУ	163
Є.В. Романович, А.В. Євтушенко, А.М. Кравець, Г.М. Афанасов, Є.В. Повороженко	165
ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА НАЗЕМНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
В.Б. Струтинський, А.М. Гуржій, О.Я. Юрчишин.....	166
ВПЛИВ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ГУСЕНИЦІ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ	
С.В. Струтинський, Р.В. Семенчук	168

Секція
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ПЕРЕВЕЗЕНЬ

УДК 681.51

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ФУНКЦІОНАЛЬНО-СТАТИСТИЧНИЙ КРИТЕРІЙ
ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ І СИСТЕМИ
АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

GENERALIZED FUNCTIONAL-STATISTICAL CRITERION FOR
ESTIMATING THE EFFICIENCY OF THE PROCESS AND AUTOMATIC
CONTROL SYSTEM

*канд. техн. наук О.І. Акімов, канд. техн. наук Ю.О. Акімова,
канд. техн. наук В.В. Панченко, М.М. Одегов
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Akimov, PhD (Tech.), Ju. Akimova, PhD (Tech.),
V. Panchenko, PhD (Tech.), M. Odiehov,
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Останнім часом все більш широкого застосування знаходять системи автоматичного управління та контролю (САУК). У зв'язку з цим необхідні критерії для оцінки процесу і САУК.

Раніше розглянуті авторами [1-5] критерії не дають інтегральної оцінки процесу і САУК. Тому пропонується узагальнений критерій.

Він повинен характеризувати інформаційну здатність процесу, який розглядається та САУК.

Оскільки в таких системах використовуються дискретні повідомлення, а реальний обсяг інформації залежить не тільки від числа можливих повідомлень, але й від їх ймовірностей, то вводиться поняття ентропії

$$H(X) = -\sum_{i=1}^N P(X_i) \log_2 P(X_i), \quad (1)$$

де $P(X_i)$ - ймовірність i -го повідомлення з множини N .

Показано, що для H справедливою є нерівність:

$$0 < H < \log_2 N. \quad (2)$$

Обсяг інформації, що отримується такою системою в процесі контролю і керування об'єктом за інтервал часу (t, τ) , дорівнює зміні кількості ентропії:

$$I(X, t, \tau) = H_0(X, t, \tau) - H_k(X, t, \tau), \quad (3)$$

де $H_0(X, t, \tau)$ - ентропія, що характеризує невизначеність об'єкта яким керують

та САУК до початку процесу контролю і керування (X – множина станів об’єкту в момент часу t , що відповідає припиненню контролю, τ - момент часу, що відповідає припиненню роботи системи керування);

$H_k(X, t, \tau)$ - умовна ентропія об’єкта керування і САУК при здійсненні процесу контролю та управління.

Оскільки кожен зі станів об’єкту управління в будь-який момент часу t характеризується ймовірністю виконання поставленої задачі в інтервалі часу (t, τ) , то при незалежності раптових та поступових відмов ентропія процесу, що розглядається представляє собою суму ентропій, обумовлених цими відмовами:

$$H_0(X, t, \tau) = H_{BO}(X, t, \tau) + H_{ПО}(X, t, \tau). \quad (4)$$

Розглянемо складові, що входять до виразу (4)

Ефективність САУК з інформаційної точки зору можна оцінити за допомогою критерію

$$\mathcal{E}_I(t, \tau) = \frac{I_P(t, \tau)}{I_{II}(t, \tau)}, \quad (5)$$

де $I_P(t, \tau) = I(t, \tau)$ - реальна кількість інформації, що визначається по (3).

$I_{II}(t, \tau)$ - потенційна можливість цієї системи, що дорівнює, равная $H_0(t, \tau)$.

Після підстановки у (5) виразів для $I_P(t, \tau)$ та $I_{II}(t, \tau)$ отримаємо вираз:

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{H_0(t, \tau) - H(t, \tau)}{H_0(t, \tau)}. \quad (6)$$

Розглянуті варіації критерію при врахуванні різних факторів. Отриманий кінцевий вираз для критерію оцінки ефективності САУК:

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{\sum_{i=1}^m [H_{0i}(t, \tau) - H_i(t, \tau)] C_{\min}(t, \tau)}{m \sum_{i=1}^m C_i(t, \tau)}, \quad (7)$$

де $C_{\min}(t, \tau)$ - мінімальна загальна вартість ідеалізованої САУК;

$C_i(t, \tau)$ - загальна вартість i -ї системи;

$$m = I_{\max \max}(t, \tau).$$

Отримана методика оцінки ефективності процесу контролю та керування об’єкта за допомогою САУК.

- [1] O.Fomin, A. Akimov, Ju Akimova, A. Mastepan. The criteria choice of evaluating the effectiveness of the process and automatic control systems.//Procedia Computer Science, 2019, Vol. 149, p.246-251.
- [2] Muginshtein L.A. Power optimal traction calculation for operation of trans of increased mass and length [Текст]/L.A. Muginshtein, L.A. Yabko // ІННА, June 22-55, Shanghai, China, 2009.
- [3] Прутик А.Ф., Шмойлов А.В. Алгоритм оценки технической эффективности средств релейной защиты и автоматики. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, №1, 2009, с. 192-195.
- [4] Матвеев В.Н. Оценка эффективности системы электроснабжения г.Топки [Текст]/В.Н. Матвеев, М.М. Еремеев, М.И. Васенин // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та, 2010, №6, с. 74-78.
- [5] Акімов О.І. Оцінка ефективності систем електропостачання електрифікованих залізниць [Текст]/О.І. Акімов, Д.О.Кукушкін, А.І. Попадін, А.В. Прищепа // Системи обробки інформації, зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил, 2016, вип. № 7(114), с.12-14.

**МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ ПОХИБКИ РОЗРІЗНЕННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ****METHODS FOR CALCULATING THE DIFFERENCE ERROR
INFORMATION SIGNALS**

*канд. техн. наук О.М. Ананьєва, д-р техн. наук М.М. Бабаєв,
д-р техн. наук В.С. Блиндюк, канд. техн. наук М.Г. Давиденко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Ananieva, PhD (Tech.), M. Babaiev, DSc (Tech.),
V. Blyndiuk, DSc (Tech.), Davydenko, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Задача розрізнення інформаційних сигналів виникає в системах та підсистемах зв'язку, в яких має місце необхідність фіксації подій більш складних аніж прості наявність або відсутність одного певного сигналу на вході приймача. Технічне її розв'язання полягає в багатоканальній (за кількістю розрізняваних сигналів) обробці вхідної суміші сигналу та завад за певним алгоритмом таким чином, щоб вихідний ефект каналу, яки відповідає фактично прийнятому сигналу, був найбільшим серед вихідних ефектів усіх каналів. Оскільки в реальних системах зв'язку декотрі із завад носять стохастичний характер і, крім того, склад комплексу завад може змінюватися в часі випадковим чином, то вихідний ефект кожного із згаданих каналів за підсумками кожного наступного акту обробки має випадкову числову величину. Відтак, завжди існує ймовірність того, що найбільшим виявиться вихідний ефект будь-якого з каналів, які не відповідають фактично прийнятому сигналу s_r . Це так звана похибка P_{Er} прийому сигналу s_r . Сукупність таких похибок, обчислених для всіх приймальних каналів, лежить в основі розрахунку узагальнених похибок прийому сигналів. А в основі розрахунку величин P_{Er} для кожного з сигналів лежить знання сумісної щільності розподілу ймовірності числових величин вихідних ефектів всіх приймальних каналів. Її аналітичне визначення полягає в розрахунку добутку сумісної щільності розподілу ймовірностей відліків вхідної сигнально-завадової суміші на детермінант якобіану перетворення сукупності цих відліків у сукупність вихідних ефектів каналів. Після цього величину P_{Er} визначають шляхом інтегрування у певних межах отриманого виразу по величинах усіх вихідних ефектів. Виконання відповідних аналітичних перетворень далеко не завжди можливе, перш за все тоді, коли розрізнявані сигнали не ортогональні та мають різні енергії. Тому в тих випадках, коли треба отримати для похибки P_{Er} саме аналітичний вираз, який дав би хоча б її нижню (тобто оптимістичну) оцінку, можна застосувати наступний метод. Розрізнявані сигнали попередньо ортогоналізують за допомогою процедури Грама-Шміда. Потім вирівнюють їхні енергії за найбільш високоенергетичним з них, отримуючи таким чином сукупність ортогональних рівноенергетичних сигналів. Для кожного з таких

сигналів величина P_{Er} є однією і тією ж і обчислюється за відомою класичною формулою. Ще один метод обчислення похибки розрізнення полягає в числовому інтегруванні сумісної щільності розподілу ймовірностей вихідних ефектів. Область його застосування, однак, обмежена випадками, коли вимога отримання універсального результату не є вирішальною.

УДК 621.45.03

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ДЕКОМПРЕСІЇ ЦИЛІНДРІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

DETERMINATION OF DEVICE PARAMETERS FOR AUTOMATIC DECOMPRESSION OF CYLINDERS OF THERMAL POWER PLANT

*канд. техн. наук. С.В. Бобрицький¹, канд. техн. наук. О.О. Аулін¹,
О.О. Анацький¹, Ю.В. Жовтий¹, П.В. Черненко²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Національна академія Національної гвардії України (м. Харків)

*S. Bobrytskyi¹, PhD(Tech), D. Aulin¹, PhD(Tech), O. Anatskyi¹,
Y. Zhovtiy¹, P. Chernenko²*

¹Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)

²National Academy of the National Guard of Ukraine (Kharkiv)

Запуск дизельного двигуна транспортного засобу, особливо при низьких температурах навколишнього повітря негативно позначається на роботі систем живлення, змащення і інших вузлів і механізмів, різко підвищується крутний момент, необхідний для прокручування колінчастого вала, тиск і температура стиснення різко зменшуються і значно ускладнюється процес запуску. Витрати на пуск збільшуються і складають від 10 до 25% часу. А також постійне посилення нормативів, що обмежують шкідливий вплив двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) на навколишнє середовище змушує конструкторів шукати шляхи вирішення проблеми зниження токсичності циліндрів теплоенергетичної установки та зменшення перерахованих негативних явищ.

Аналіз сучасних науково-дослідних робіт показує, що досягнення високих економічних та екологічних показників сучасних дизелів неможливо без вдосконалення параметрів і конструкції системи пуску. Основним напрямком розвитку системи пуску сучасних дизелів є здійснення гнучкого мікропроцесорного управління [1,2].

Для економії ресурсів, зменшення негативних екологічних явищ при слабкій акумуляторній батареї, щоб уникнути негативних впливів пускових пікових струмів і продовження терміну служби акумуляторних батарей та досягнення надійного пуску дизельних двигунів, рекомендується пристрій для автоматичної декомпресії циліндрів (рис. 1).

Підчас визначення необхідних параметрів пристрою було проаналізовано різні типи кінематичних схем привода з різними типами передач. Виходячи з необхідності вписування в мінімальний габарит та для підвищення надійності автоматичного регулювання декомпресії циліндрів теплоенергетичної

установки було вибрано привід з черв'ячною передачею.

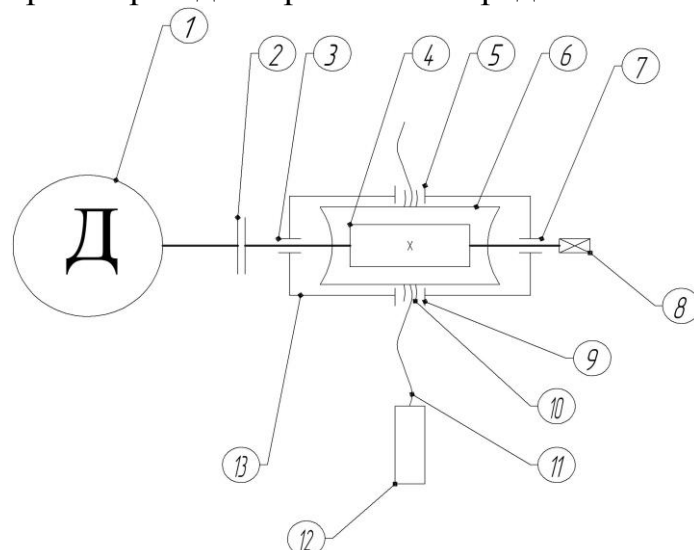


Рис. 1 Кінематична схема привода з черв'ячною передачею:

1 – електричний двигун; 2 – муфта; 3, 5, 7, 9 – підшипники; 4 – черв'як; 6 – черв'ячне колесо; 8 – кінець валу під знімне руків'я; 10 – ходова гайка; 11 – ходовий гвинт; 12 – шток індикаторного крана, 13 – корпус

[1] Gurusamy, S.K., Rajagopalan, C., Sateesh Kumar, R., Ashok, B. Reducing starting current for existing commercial vehicle engines 4th Symposium on International Automotive Technology, SIAT 2015; ARAI Campus Pune; India; 23 January 2015.

[2] Zinkivskiy A., Anatskiy O., Aulin D., Kovalenko D. Measures for Resource Saving for Diesel Locomotives. International Journal of Engineering & Technology. 2018. №7. P. 152-156. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19726.

УДК 629.423.3

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ БОРТОВОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА БАЗІ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF ONBOARD ENERGY STORAGE OF TRACTION ROLLING STOCK BASED ON SUPERCONDENSATORS

*докт. техн. наук С.Г. Буряковський, канд. техн. наук А.С. Маслій,
асп. Д.П. Помазан*

Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*S.G. Buryakovskiy, DSc. (Tech.), A.S. Maslii, PhD (Tech.),
D.P. Pomazan, PhD stud. (Tech.)*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На даний час найбільш широке застосування в якості бортових накопичувачів енергії знаходять акумуляторні та суперконденсаторні батареї, а також їх комбінації [1]. З огляду на це досить важливим є питання вивчення особливостей роботи таких накопичувачів енергії на тяговому рухомому складі залізниць. При такому дослідженні досить зручним є використання імітаційних моделей їх роботи із різним, необхідним саме для поставлених задач, ступенем деталізації, чому й буде присвячена робота.

Вперше підхід до моделювання процесів, що протікають при роботі суперконденсатора, був запропонований у 19 столітті німецьким фізиком Гельмгольцем [2]. Рішення базувалось на теорії подвійного електричного шару та в подальшому було доповнене вченими Гуї, Чапманом та Штерном. Результатом таких досліджень була модель суперконденсатора, яка представляє його ємність як сумарну ємність компактного та дифузійного шарів, з'єднаних послідовно [2,3]. Такий підхід вимагає високого ступеню деталізації моделі та потребує ряду припущень, що наведені у [4].

Відповідно до підходу Гуї-Чапмана-Штерна [5] та з урахуванням допущень вихідна напруга суперконденсатора $U_{СК}$ описується наступним рівнянням:

$$U_{СК} = \frac{N_c Q_T d}{N_n N_e \varepsilon \varepsilon_0 A_{мф}} + \frac{2N_e N_c RT}{F} \operatorname{arsh} \left(\frac{Q_T}{N_n N_e^2 A_{мф} \sqrt{8RT \varepsilon \varepsilon_0 c}} \right) - R_{СК} i_{СК}$$

де N_c – кількість суперконденсаторів, що з'єднані серієсно; N_n – кількість суперконденсаторів, що з'єднані паралельно; N_e – кількість шарів електродів; Q_T – електричний заряд; d – молекулярний радіус; ε – діелектрична проникність матеріалу; ε_0 – діелектрична проникність вакууму; $A_{мф}$ – міжфазна площа між електродами та електролітом; R – універсальна газова стала; T – температура роботи; F – стала Фарадея; c – молярна концентрація; $R_{СК}$ – загальний опір суперконденсатора; $i_{СК}$ – струм суперконденсатора.

На основі зазначеного вище рівняння можна скласти структурну схему імітаційної моделі роботи суперконденсатора, яка наведена на рис. 1.

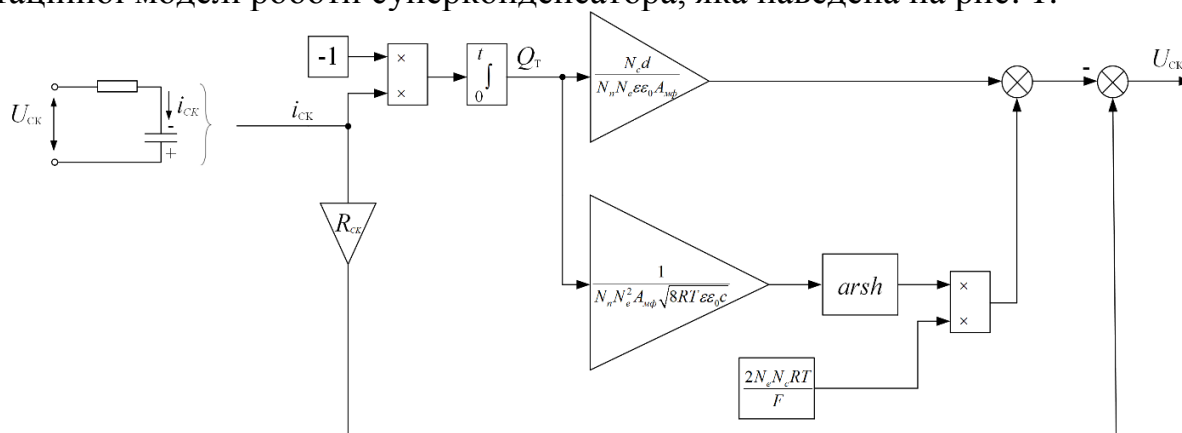


Рис. 1 Структурна схема імітаційної моделі роботи суперконденсатора

Отриманий математичний опис та структурна схема дає змогу скласти імітаційну модель роботи суперконденсаторної батареї та провести дослідження основних режимів її роботи, що буде детальніше розглянуто у наступних роботах.

[1] Wang, Zhen-hao Research on Hybrid Energy Storage for DC System of Substations and Power Plants Based on Super Capacitors, Power Syst Technol. vol. 4, 2010, p. 31.

[2] Wang Kai, Ren Baosen, Li Liwei, Li Yuhao, Zhang Hongwei, Sui Zongqiang A review of Modeling Research on Supercapacitor. 2017 Chinese Automation Congress (CAC), Jinan, 2017, pp. 5998-6001.

[3] Ning Xu, Jason Riley Nonlinear analysis of a classical system: The double-layer capacitor. Electrochemistry Communications, 2011, pp. 1077-1081.

[4] Keith B. Oldham A Gouy–Chapman–Stern model of the double layer at a (metal)/(ionic liquid) interface. Journal of Electroanalytical Chemistry, №613, 2008, pp. 131-138.

ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

ORGANIZATION OF THE PROJECT MANAGEMENT SYSTEM IN THE PROCESS OF OPERATION OF TECHNICAL MEANS ON THE BASIS OF THE SYSTEM APPROACH

*канд. техн. наук Г.М. Голуб¹, канд. техн. наук І.І. Кульбовський¹,
канд. держ. упр. П.О. Скок¹, канд. техн. наук О.А. Шумейко²*
¹Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)
²Національний транспортний університет (м. Київ)

*H. Holub¹, PhD (Tech.), I. Kulbovskyi¹, PhD (Tech.), P. Skok¹,
PhD, O. Shumeiko², PhD (Tech.)*

¹State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

²National Transport University (Kyiv)

За вимогами сучасного ринку існує підвищений інтерес до питання проблеми якості управління проектами, що є найважливішим чинником підвищення рівня життя, економічної, соціальної й екологічної безпеки. Вирішення її лише шляхом контролю системи, тобто традиційними методами, практично неможливо. Повинен бути комплексний, системний підхід, реалізація якого можлива лише в рамках системи управління в основі якої лежить проектний менеджмент.

Системний підхід став основним із загальновизнаних методів підходу до рішення складних задач в області удосконалення системи організаційного управління. А саме при проектуванні та дослідженні складних об'єктів на залізничному транспорті, що характеризуються спільною взаємодією великої кількості факторів різної природи походження [1].

Сьогодення підприємств, в рамках конкуренції, диктує нові вимоги щодо системи управління проектами в процесі експлуатації технічних засобів. В силу того, що об'єкти залізничного транспорту мають складну інфраструктуру та специфіку виробничих процесів, до системи управління висувається ряд вимог. Зокрема заходи щодо оптимізації для забезпечення ресурсозбереження та енерго-ефективності роботи технічних засобів, що дозволить покращити безпеку руху.

Тому, саме застосування системного підходу направлене на комплексне удосконалення проектів в процесі експлуатації технічних засобів і формування ефективних зв'язків для реалізації поставлених цілей з максимальною системною ефективністю [1-2].

В рамках управління проектом існують два види процесів: процеси управління проектом і процеси, орієнтовані на продукт [3]. Процеси управління проектом є загальними незалежно від типу проекту, спрямовані на досягнення єдиної мети і включають в себе такі групи процесів: ініціації, планування, виконання, моніторингу та управління і завершення проекту.

Для змістовної постановки задач на етапі експлуатації технічних засобів виділяємо «малий» життєвий цикл, який включає поетапно процеси використання технічних засобів за призначенням, підготовка виробництва по забезпеченню необхідного рівня роботоздатності. А саме це процеси – діагностування, технічного обслуговування та ремонту. Управління проектами життєвого циклу вимагає необхідного вирішення множини наукових, технічних, технологічних, організаційно-економічних, соціальних, правових та інших задач [4]. А проблема їхньої реалізації вимагає принципово нових підходів системного управління програмами та системою.

Процеси, що забезпечують системні властивості технічних засобів в процесі експлуатації визначаються цілями, які формуються з урахування зв'язків із зовнішнім середовищем.

Практично всі параметри системних цілей є відображенням виробничо-технологічних процесів, які виконуються при експлуатації технічних засобів. Параметри техніко-економічних та екологічних цілей, на якому б рівні вони не приймалися, можуть бути реалізовані тільки шляхом їх втілення у відповідних технологічних процесах на залізничному транспорті [5].

Саме за допомогою системного підходу формується критерій стратегій забезпечення експлуатаційної надійності технічних засобів на основі максимізації рівня надійності, мінімізації експлуатаційних витрат та шкідливого впливу на навколишнє середовище. На основі оптимальних системних критеріїв для забезпечення системи управління проектами в процесі експлуатації технічних засобів формується множина задач у вигляді конструктивних рішень.

[1] Левковець П.Р., Гедзь Ю.М., Канарчук О.В. (2003). Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії. 216 с.

[2] Kulbovskiy, I., Bakalinsky, O., Sorochynska, O., Kharuta, V., Holub, H., & Skok, P. (2019). Implementation of innovative technology for evaluating high-speed rail passenger transportation. EUREKA: Physics And Engineering, 0(6), 63-72.

[3] Suchetha, C., Ramprabhakar, J. (2018). Optimization Techniques for Operation and Control of Microgrids – Review. Journal of Green Engineering, 8 (4), 621–644.

[4] Kulbovskiy, I., Saprionova, S., Holub, H., Tkachenko, V., Musorina, M. (2019). Modeling of Management Strategies for Manufacturing Technological Processes in Metro Power Supply Projects. Proceedings of the International Conference Transbaltica 2019: Transportation science and technology», (May 2–3, Vilnius.), p 211-219.

[5] Kulbovskiy, I., Holub, H., Skliarenko, I., Bambura, O., Soloviova, O. (2019). Development of a system model for the functioning of distribution electrical supply systems in transport infrastructure projects. Technology Audit and production reserves. 4/2 (48), 24-28.

УДК 629.42,519.926

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЛІНІЙНОГО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ З КУСКОВО-НЕПЕРЕРВНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ У ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКАХ

SOLUTION OF A LINEAR DIFFERENTIAL EQUATION WITH LUMBLE- CONTINUOUS COEFFICIENTS IN TRACTION CALCULATIONS

О.В. Казанко, О.Є. Пенкіна, М.М. Одегов

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. Kazanko, O. Penkina, M. Odiehov

Кількісний опис процесу руху поїздів необхідний для здійснення тягових розрахунків (для електрорухомого складу). Вони у свою чергу потрібні для визначення найбільш економічного режиму роботи двигунів локомотиву на заданій ділянці. Тягові розрахунки дозволяють встановлювати зв'язок між шляхом, швидкістю та часом для даного рухомого складу. Наукове розуміння та опис процесу руху поїзду може формуватися на основі класичної механіки. 2-й закон Ньютона – один з фундаментальних законів механіки – змушує мати справу з функціональними залежностями фізичних величин, що містять похідні 2-го порядку. Таким чином, при описі процесу руху поїздів доводиться мати справу з диференціальними рівняннями 2-го порядку.

Напрямок дослідження пов'язаний з математичною проблемою визначення простору розв'язків такого диференційного рівняння дасть можливість враховувати ефекти, що виникають в наслідок миттєвого перемикавання режимів роботи тягового рухомого складу. Диференціальне рівняння, що досліджується у роботі є рівнянням з кусково-неперервними коефіцієнтами та кусково-неперервним вільним членом. Для вирішення таких рівнянь класичного поняття похідної виявляється недостатнім. Звісно, з аналізу проведеного авторами [1-5], це добре відома математична проблема при її вирішенні можна допустити альтернативні погляди на розширення класичного поняття похідної. Зрозуміло, що даний напрям дослідження потребує відповідного математичного обґрунтування. На основі лінійної алгебри, зокрема, апарату лінійних операторів поняття звичайного диференційного рівняння, яке базується суто на класичному понятті похідної, може бути розширено до рівняння з кусково-неперервними коефіцієнтами. Головним у такому підході є той факт, що розв'язок лінійного диференційного рівняння 1-го порядку може бути записано у явній формі для самого загального випадку. Справді, нехай $\dot{x} + ax = f$ – рівняння першого 1-го порядку ($a(\tau)$ – коефіцієнт), або, в операторній формі, $Dx = f$. Загальний інтеграл цього рівняння є сума $u = \ker D + u_0$, де u_0 – частковий (деякий) розв'язок. Однорідне лінійне диференціальне рівняння $\dot{x} + ax = 0$ допускає розділення змінних. Отже, маємо

$$\frac{\dot{x}}{x} = -a \Leftrightarrow \ln|x| = -\int_{\alpha}^t a(\tau) d\tau \quad (x \neq 0)$$

$$\Rightarrow \ker D = \{x^*(t) = \lambda e^{-\int_{\alpha}^t a(\tau) d\tau}, \lambda \in (-\infty, +\infty)\}.$$

Далі, за методом варіації знаходимо частковий розв'язок рівняння $\dot{x} + ax = f$:

$$x_0 = C(t)x^* \Rightarrow \dot{C}(t)x^* + C(t)\dot{x}^* + aC(t)x^* = f$$

$$\Rightarrow \dot{C}(t)x^* + C(t)\underbrace{(\dot{x}^* + ax^*)}_{=0} = f \Rightarrow C(t) = x^*(\alpha) + \int_{\alpha}^t f(\tau)(x^*(\tau))^{-1} d\tau.$$

На останок, отримуємо загальний інтеграл звичайного лінійного диференційного рівняння 1-го порядку

$$x = \ker D + x_0 = \{x^* + C(t)x^*\} = \{ x^*(1 + C(t)) \}$$

$$x(t) = \left(1 + \int_{\alpha}^t f(\tau)(x^*(\tau))^{-1} d\tau \right) x^*(t), \quad x^*(t) = \lambda e^{-\int_{\alpha}^t a(\tau) d\tau}.$$

Припустимо коефіцієнт $a(\tau)$ потерпає стрибок в деякій точці t_0 проміжку визначення (α, β) . Точку t_0 будемо називати *точкою нерегулярності*. Формула (5), що виражає загальний розв'язок рівняння 1-го порядку, не втрачає сенсу також якщо коефіцієнт $a(\tau)$ потерпатиме стрибок при $t = t_0$. Більш того, функція x у лівій частині виразу опиниться неперервною при $t = t_0$ та диференційованою при $t \neq t_0$. Не обмежуючи спільності, таку функцію будемо вважати *розв'язком лінійного диференційного рівняння 1-го порядку з кусково-неперервним коефіцієнтом $a(\tau)$* . Таке визначення справді узагальнює поняття звичайного диференційного рівняння, оскільки розв'язок $x(t)$ є неперервна функція при $t = t_0$, тобто диференційованість розв'язку у точці нерегулярності, взагалі кажучи, порушується (поняття звичайного диференційного рівняння базується суто на класичному понятті похідної).

Лінійний диференційний оператор 2-го порядку з кусково-неперервними коефіцієнтами може бути визначено як композицію відповідних операторів 1-го порядку. Причому в якості внутрішнього компонента виступає звичайний диференційний оператор $-D_2$, а в якості зовнішнього композиту – оператор з кусково-неперервним коефіцієнтом D_1 : $L = D_1 D_2$. У роботі вирішено питання про структуру ядра оператора L . Поряд із цим питанням постає ще одне цілком природне питання – питання про можливість виразити коефіцієнти оператора L через коефіцієнти операторів - компонентів $-D_1, D_2$.

[1] Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения, 4-ое издание: учебное руководство – Ижевск, Ижевская республиканская типография, 2000 – 368 с.

[2] Александров, В. А. Обобщенные функции: учебное пособие / В. А. Александров// Новосибирск, Новосибирский гос. ун-т, 2005 – 46 с.

[3] Понтрягин, Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения: учебное пособие /Л. С. Понтрягин// М.: Наука, 1965 – 332 с.

[4] Гетьман, Г. К. Теория электрической тяги: Монография в 2 т. / Г.К.Гетьман – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2011. Т.1. – 456 с.

[5] Гетьман, Г. К. Теория электрической тяги: Монография в 2 т. / Г.К.Гетьман – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2011. Т.2. – 364 с.

УДК 629.423

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ

MODERNIZATION OF TRACTION ENGINES OF SUBURBAN ELECTRIC TRAINS

*канд. техн. наук Н.П. Карпенко, М.М. Одегов
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*N. Karpenko, PhD (Tech.), M. Odiehov
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Парк електропоїздів приміського сполучення в Україні старіє, використання електропоїздів нового покоління носить одиничний характер. Тому особливої важливості набуває модернізація тягових електричних двигунів (ТЕД) електропоїздів постійного струму, що були спроектовані багато років тому і мають недосконалу конструкцію. Такі двигуни мають підвищений магнітний шум, невисоку потенціальну стійкість, що разом з коливаннями напруги в контактній мережі приводить до їх відмов. Відмовлення через колові вогні по колектору складають приблизно 50% [1-7], тому пропонуються наступні шляхи модернізації таких двигунів:

- застосування компенсаційної обмотки;
- зміна геометрії наконечника головного полюса;
- застосування тиристорно-імпульсної системи керування ТЕД.

Застосування компенсаційної обмотки дозволить підвищити потенціальну стійкість тягового двигуна. Були проведені електромагнітні розрахунки з метою встановлення компенсаційної обмотки на двигун УРТ-110. Модернізація магнітної системи дозволяє зберегти опір обмотки збудження і всі ступені ослаблення поля, тобто модернізований двигун буде цілком взаємозамінним з існуючим. Встановлення компенсаційної обмотки приводить до зниження максимальної міжламельної напруги більш ніж на 35% та економії обмотувальної міді.

Збільшення полюсної дуги з 265 до 278 мм дозволяє виключити причини магнітного шуму і магнітної вібрації, що викликані при зубчаті осердя якоря.

Магнітна вібрація має зубцеву частоту якоря і в деякій смузі частот обертання викликає резонансні хитання остова ТЕД, при котрих нормальна робота становиться неможливою. Крім того, вібрація збільшує можливість пошкодження ізоляції обмотки, що приводить до збільшення відмов ТЕД. Усунути резонансне коливання можна правильним вибором кількості пазів на полюсну дугу.

Відомо, що сила, діюча в електромагнітній системі, підключеної до джерела струму, визначається швидкістю зміни електромагнітної енергії за узагальненою координатою [2]. В ТЕД сили взаємодії між осердям головних полюсів і осердям якоря визначаються похідною магнітної енергії у проміжку під головним полюсом за координатою повітряного проміжку:

$$F = \partial W / \partial \delta, \quad (1)$$

де $W = \int_v w dv$ - енергія магнітного поля;

δ - повітряний проміжок;

$w = BH / 2 = B^2 / 2\mu_0$ - питома магнітна енергія;

B - магнітна індукція.

Сила, що діє на один полюс у радіальному напрямку, визначається як

$$F \cong \frac{l}{2\mu_0} \int_{-\alpha\tau/2}^{\alpha\tau/2} B^2(x,t) dx, \quad (2)$$

де τ, l, α - полюсне ділення, довжина осердя якоря, коефіцієнт полюсного перекриття.

Магнітна індукція в повітряному проміжку визначається у вигляді двох складових:

$$B(x, t) \cong B_0 \left[1 + B_m^* \cos\left(\frac{2\pi}{p\tau} x - \omega t\right) \right], \quad (3)$$

- постійна складова B_0 , що дорівнює середньому значенню;

- змінна складова $B_m^* = B_m / B_0$, що викликає із-за конструктивних особливостей якоря.

Колова частота ω визначається частотою обертання якоря n [об/хв] :

$$\omega = \frac{\pi \cdot z \cdot n}{60}, \quad (4)$$

де z - кількість пазів якоря;

p - кількість пар полюсів;

x, t - просторова і часова координата.

Інтегрування залежності для сили по полюсній дузі дає три складові сили:

$$F_0 = \frac{\alpha d}{2\mu_0} B_0^2 \left[1 + \frac{(B_m^*)^2}{2} \right], \quad (5)$$

$$F' = \frac{\alpha d B_0^2}{\mu_0} \cdot \frac{(B_m^*)^2}{4} \cdot \frac{\sin(\alpha z \pi / p)}{\alpha z \pi / p} \cos 2\omega t; \quad (6)$$

$$F_z = \frac{\alpha d \cdot B_0^2 \cdot B_m^*}{\mu_0} \cdot \frac{\sin(\alpha z \pi / 2p)}{\alpha z \pi / 2p} \cos \omega t. \quad (7)$$

Дві перші складові не викликають однобічного тяжіння тому що, діють на протилежні полюси в різних напрямках, третя складова викликає однобічне магнітне тяжіння зубцевої частоти.

При непарній кількості пазів у чотириполюсних машинах, як у нашому випадку ($z=51$ у тягового двигуна УРТ-110), протилежні полюси зрушені за фазою в часі (координата ωt) на величину кута $\pm\pi$.

Отже, сили F_z під зазначеними полюсами будуть діяти в одну сторону по діаметральній вісі, що збігається з віссю протилежних головних полюсів. Амплітудне значення сили, як впливає з формули для F_z , залежить від кількості зубців, що припадають на полюсну дугу: при цілому числі зубців сила відсутня; при цілому з половиною вона максимальна.

При ексцентричному проміжку з розкриттям $\delta_{\text{кр}} / \delta_{\text{ц}} = 2 \div 3$ ($\delta_{\text{кр}}$ - проміжок під краєм полюса, $\delta_{\text{ц}}$ - проміжок під центром полюса) амплітудне значення сили знижується приблизно в 2 рази [1,2].

Таким чином, усунути резонансне коливання можна правильним вибором кількості пазів на полюсну дугу. У зв'язку з цим, при модернізації тягового

двигуна УРТ-110 електропоїзду постійного струму серії ЕР-2 передбачається вибрати ціле число кількості зубців на полюсну дугу, рівне 8, замість 7,6.

Третій шлях модернізації передбачає застосування тиристорно-імпульсної системи керування на ТЕД. Переваги імпульсного регулювання напруги тягових двигунів відомі і не викликають сумніву [2], а до недоліків варто віднести появу пульсацій струму в їх силовому колі. Пульсації струму викликають виникнення вихрових струмів у магнітній системі, які ускладнюють комутацію, що має прояв в іскрінні і підвищеному зносі щіток.

Для рішення цієї проблеми пропонується форсоване збудження додаткових полюсів, що здійснюється додатковою (форсуючою) обмоткою, розташованою на осерді разом з основною обмоткою додаткового полюса [2-4]. Форсуюча обмотка підключається паралельно обмотці згладжуючого реактора таким чином, щоб її полярність збігалася з полярністю основної обмотки додаткових полюсів. У разі необхідності послідовно в коло форсуючої обмотки вмикається ємність. Магнітний потік від форсуючої обмотки повинен створити таку електрорушійну силу (ЕРС), яка забезпечить повну компенсацію небалансної ЕРС в комутуючій секції обмотки якоря та тим самим поліпшить комутацію.

Таким чином, запропоновані шляхи модернізації тягових двигунів можуть бути рекомендовані при реконструкції рухомого складу приміського сполучення.

[1] Карпенко Н. П. Одегов М.М. Уніфікований тяговий двигун для електропоїздів постійного та змінного струму // Розвиток наукової та інноваційної діяльності на - Харків: УкрДУЗТ, 2016. – С. 46.

[2] Захарченко, Д.Д. Тяговые электрические машины [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Д.Д. Захарченко, Н.А. Ротанов. – М.: Транспорт, 1991. – 343 с.

[3] Гетьман Г.К. Теорія електричної тяги Монографія [Текст] в 2т./Г.К. Гетьман – Дн-вск: Вид-во Маковецький, 2011.Т1.-456с.

[4] Гетьман Г.К. Теорія електричної тяги Монографія [Текст] в 2т./Г.К. Гетьман – Дн-вск: Вид-во Маковецький, 2011.Т2.-364с.

[5] Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н. Теория электрической тяги. - М. Транспорт, 1995.

[6] Правила тяговых расчетов для поездной работы, Транспорт, 1985.

[7] Б.К. Просвириин Электрпоезда постоянного тока с электрическим торможением.- М.: "ТРАНСИЗДАТ", 2000 г. – 328 с.

УДК 656.073

ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

AN APPROACH TO DETERMINING EFFECTIVE MEASURES TO IMPROVE THE QUALITY OF RAILWAY TRANSPORT OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

Кіріцева О.В.¹, канд. техн. наук Клецька О.В.¹, Новак Г.Л.²
¹ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (м. Маріуполь)
²Маріупольський механіко-металургійний коледж

O.V. Kiritseva¹, O.V. Kletska¹, PhD (Tech.), G.L. Novak²
¹The State Higher Education Institution "Pryazovskyi State Technical University" (Mariupol)
²Mariupolskiy mehaniko-metalurgiyiniy koledg

Залізничний транспорт є основною складовою з обслуговування цехів металургійного підприємства залізничним транспортом, який повинен забезпечувати безперервність і безперебійність вантажних перевезень.

В даний період на підприємствах до мінімуму скоротилися виробничі запаси, зросли вимоги до якості і термінів поставки сировини і відвантаження готової продукції. У зв'язку із зазначеним, посилилася неузгодженість виробничого процесу, що привело до неузгодженості режимів роботи виробництва і транспорту [1]. Залежність розмірів і структури парку рухомого складу для відвантаження готової продукції, яка залежить від структури і об'єму замовлень продукції металургійного комбінату, а також від тривалості оборту вагонів із зовнішньої мережі залізниць, на сьогодні вивчена не повністю. Таким чином, вирішення цього питання є актуальним і важливим для будь-якого виробництва.

Поставлене завдання можна вирішити за допомогою існуючих математичних методів. До основних показників, які характеризують роботу залізничного транспорту на промисловому підприємстві можна віднести час оборту рухомого складу на коліях металургійного підприємства та витрат на ці операції. Далі необхідно більш детально розглянути ці два показники.

Від часу знаходження рухомого складу на металургійному підприємстві залежить плата підприємства різним операторам за користування цими вагонами. Саме тому, необхідно більш детально розглянути час знаходження рухомого складу на станціях під операціями, які виконуються на них[2]. Загальний час знаходження рухомого складу на підприємстві можна визначити за формулою: $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5$, де τ_1 – час, витрачений на операції з рухомим складом на станції «Р», хв; τ_2 - час, витрачений на операції з рухомим складом на станції «З», хв; τ_3 - час, витрачений на вантажні операції у цехах вальцівки, хв; τ_4 - час, витрачений на операції з рухомим складом у цехах вальцівки, хв; τ_5 - час, витрачений на операції з рухомим складом на станції «С», хв.

Виходячи з оброблених даних був зроблений порівняльний аналіз нормативного та фактичного часу знаходження вагонів на підприємстві. Він показав, що приблизно 42% від загального часу оборту вагона становить знаходження його на станціях виконання вантажно-розвантажувальних операцій в цехах вальцівки.

Другим важливим показником є витрати на операції (С), які виконуються з вагонами на комбінаті. Їх можна визначити за формулою $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$, де C_1 – витрати за користування на обробку вагонів на станції «Р», грн; C_2 – витрати за користування вагонами на станції «З», грн; C_3 – витрати за користування вагонами у цехах вальцівки, грн; C_4 – витрати за користування вагонами, які закріплені за цехом управління залізничним транспортом у цехах вальцівки, грн; C_5 – витрати за користування вагонами, які формуються у потяг за відправленням на станцію «С», грн.

Виходячи з оброблених даних був зроблений порівняльний аналіз нормативної та фактичної плати за використання вагонів. Він показав, що приблизно найбільші витрати припадають за цехами вальцівки, які складають

приблизно 60% від загальних витрат за вагон. Таким чином, проведений аналіз дає підставу вважати, що необхідно більш детально вивчати операції, які виконуються з вагонами на цих станціях та виявляти «слабкі» місця в оберті вантажного вагону.

На цій стадії можливо застосування запропонованої моделі, цільову функцію якої можна представити як мінімізацію витрати за часом, згідно операцій, які виконуються з вагонами на різних стадіях його обертю на виробничому комбінаті. Необхідно враховувати, що згідно договору між металургійним підприємством та Укрзалізницею, час знаходження рухомого складу магістрального транспорту на підприємстві за нормативом становить $T_{\text{норм}}$.

Визначені мінімальні витрати по даній моделі дозволять розробити заходи по підвищенню ефективності роботи залізничного транспорту на металургійному комбінаті.

[1]. Гусев Ю.В. Анализ продвижения внешнего вагонопотока в транспортной логистике металлургического предприятия / Ю.В.Гусев, Е.В.Кирицева // Modern engineering and innovative technologies". Вып.8, 2019. С. 79-85.

[2]. Кирицева Е.В. Система планирования и управления порожними вагонопотоками на внутривозовских перевозках / Е.В. Кирицева // Scientific World Journal. Issue № 15, Volume 2, Yolnat PE, Minsk, Belarus, Desember, 2017. С. 74-80.

УДК 656.212

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ З ЗЕРНОВИМИ ВАНТАЖАМИ НА ОСНОВІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF WORK WITH GRAIN LOADS ON THE BASIS OF RESOURCE SAVING

*канд. техн. наук А.О. Ковальов¹, канд. техн. наук С.М. Продащук¹,
канд. техн. наук А.Л. Кравець¹, канд. техн. наук Д.І. Мкртичян¹,
М.В. Продащук²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна (м. Харків)

*A. Kovalov¹, PhD (Tech.), S. Prodashchuk¹, PhD (Tech.),
A. Kravets¹, PhD (Tech.), D. Mkrtychian¹, PhD (Tech.),
M. Prodashchuk²*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²V.N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv)

Проведення аналізу існуючого стану перевезень зернових вантажів виявило стабільне зростання його обсягів. Але для переробки існуючих обсягів перевезень недостатньо транспортних засобів та складських приміщень. Виробництво зерна в країні росте значними темпами, що призводить до потреби удосконалення умов його транспортування, а саме: підвищення пропускної спроможності і зменшення собівартості перевезень. На сьогодні існує великий дефіцит зерновозів, а значна кількість рухомого складу робочого парку перебуває на останніх роках терміну експлуатації. Компенсувати дефіцит

вагонів-хоперів можуть контейнери для перевезення зерна, що мають ряд переваг: більш дешеві тарифи на перевезення, зручність завантаження, відсутність додаткових перевалок [1].

Проаналізовано технологію переробки зернових вантажів на вантажній станції. Визначено, що існуюча технологія не є раціональною, не сприяє залученню додаткових клієнтів та не підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту. Для підвищення доходності залізничного транспорту та конкурентоспроможності з автомобільним транспортом необхідно впроваджувати нову сучасну технологію обробки зернових вантажів на станції на основі управління запасами та належного вибору транспортних засобів, що визначаються та аналізуються з урахуванням взаємозв'язку між вартістю перевезення, місткістю транспортного засобу та розміром вантажних партій, а також раціонального розміщення складу та ваг [2].

Формалізовано технологію роботи зерноскладу станції. Визначено оптимальну кількість та вид навантажувально-розвантажувальних механізмів. Організація роботи за новою ресурсозберігаючою технологією забезпечує скорочення планового часу на виконання вантажних робіт, а також забезпечує скорочення часу знаходження транспортного засобу в очікуванні вантажно-розвантажувальних операцій. З урахуванням виявленої залежності сукупних витрат від кількості вантажно-розвантажувальних механізмів встановлено, що сумарні витрати на роботу та непродуктивні простої транспортно-складських комплексів і транспортних організацій при використанні оптимальної кількості механізмів будуть суттєво скорочені.

[1] Шульдінер Ю.В., Олійник Ю.О. Удосконалення перевезення зернових вантажів залізничним транспортом. *Вагонний парк*. 2018. № 7. С. 16-19.

[2] Bagdonienė D., Mazūra S. The optimisation of loading facilities at the terminal. *TRANSPORT*. 2004. Vol XIX. No 6. P. 239–251.

УДК 656.2

**ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ
ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ДЛЯ НІЧНИХ
ПОЇЗДІВ З ТОЧКИ ЗОРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**JUSTIFICATION FOR THE INTRODUCTION OF TWO-STOREY
PASSENGER CARS FOR NIGHT TRAINS FROM THE POINT OF VIEW OF
ENERGY EFFICIENCY OF PASSAGE**

*канд.техн.наук О.М. Красноштан
Національний транспортний університет (м.Київ)*

*О.М. Krasnoshtan, PhD (tech.)
National Transport University (Kyiv)*

Залізничний транспорт – один із найбільш енергоощадних видів транспорту. Тим не менше, в Україні наявний значний потенціал удосконалення енергоефективності пасажирських залізничних перевезень. Одним із напрямків підвищення енергоефективності пасажирських залізничних перевезень є

застосування двоповерхових пасажирських вагонів для нічних перевезень. Габарит, прийнятий на залізничній мережі України дозволяє запроваджувати такий рухомий склад.

Основними прямими витратами енергії безпосередньо на здійснення пасажирських перевезень є:

- енергія на тягу поїздів;
- енергія на опалення вагону (взимку);
- енергія на кондиціювання повітря (влітку).

Отже, для підвищення енергоефективності пасажирських перевезень резерви зниження енерговитрат слід шукати саме за цими напрямками. Більш того, для правильних подальших досліджень, слід переходити до відносних витрат, тобто витрат електроенергії (або палива) на одного перевезеного пасажиря, або на одиницю транспортної роботи.

Для зменшення витрат електроенергії/дизельного палива на тягу поїздів, необхідно зменшити вагу поїзда брутто в розрахунку на одного пасажиря. Саме це і дозволяє ефективно зробити за інших рівних умов використання двохповерхових вагонів.

Так, сучасний рухомий склад, який в даний період часу закуповує Укрзалізниця, на прикладі вагона моделі 61-779, забезпечує вагу брутто на одного пасажиря 1600 кг [1].

За тих же умов, двоповерховий вагон для перевезення 72 пасажирів матиме вагу брутто за умови 100% населеності порядку 70 тон, тобто в даному випадку вага брутто на пасажиря становитиме 1000 кг, тобто в 1,6 рази менше в порівнянні із вагонами, які на сьогодні поповнюють парк пасажирських вагонів УЗ [2].

Слід зазначити, що вага брутто на одного пасажиря для двоповерхового вагона фактично рівна аналогічному показнику для швидкісних електропоїздів Hyundai Rotem HRCs-2, які на сьогодні становлять основу парку пасажирського швидкісного рухомого складу Укрзалізниці.

Відповідно, витрати електроенергії/дизельного палива у розрахунку на одного пасажиря або на 1000 пасажирокілометрів будуть меншими у 1,6 рази у порівнянні із поточними показниками.

Стосовно витрат енергії на опалення вагонів (взимку) та витрати енергії на кондиціювання повітря (влітку) – ці параметри прямо залежать від площі зовнішніх поверхонь кузова вагона.

Так, площа зовнішніх поверхонь кузова сучасного пасажирського 40-місного купейного вагона становить приблизно 350 м^2 , тобто $8,75 \text{ м}^2$ на одне пасажирське місце. Площа ж зовнішніх поверхонь кузова перспективного пасажирського 80-місного вагона становить приблизно 450 м^2 , тобто $5,625 \text{ м}^2$ на одне пасажирське місце. Тобто площа зовнішніх поверхонь кузова двоповерхового вагона в розрахунку на одне пасажирське місце в 1,55 разів менша. Це призводить до того, що і витрати енергії на опалення та кондиціювання повітря в розрахунку на одне пасажирське місце для двоповерхових вагонів за інших рівних умов будуть приблизно в 1,5 рази менші, ніж для класичних купейних вагонів.

Саме з подібних міркувань двоповерховий пасажирський рухомий склад набуває все більшого використання в країнах, в яких габарит залізниць

дозволяє повномасштабно це здійснювати, наприклад, в Фінляндії [3].

[1] Вагони пасажирські купейні мод. 61-779Э (61-779ЭИ) та мод. 61-779ЭГ (61-779ЭГИ) // <http://www.kvsz.com/index.php/ua/produksiya/pasazhirske-vagonobuduvannya/pasazhirski-vagoni-lokomotivnoji-tyagi/item/1910-vahony-pasazhyrski-kupeini-mod-61-779e-61-779ey-i-mod-61-779eh-61-779ehy>.

[2] Viaggio – Passenger Coaches from Siemens // <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/rolling-stock/passenger-coaches.html>.

[3] VR – железная дорога Финляндии. Ночные поезда и перевозка автомобилей // https://www.vr.fi/cs/vr/ru/yo-ja_autojunat_ru.

УДК 629.4.014.64

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ДИСЛОКАЦІЇ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

SIMULATION OF OPTIMAL DISLOCATION OF SERVICE ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT

*д-р. техн.наук. О.С. Крашенінін М.М. Одієгов, О.В. Лагерєва, В.В. Задесенец
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Krashenin, DSc (Tech.), M. Odiehov, O. Lahereva, V. Zadesenets
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт традиційно забезпечує масові перевезення вантажів і пасажирів в дальньому сполученні і приміських перевезеннях. Але за останні роки технічний стан локомотивного парку і об'єктів інфраструктури для його утримання значно погіршився. Зараз склалася ситуація, коли на залізницях експлуатується одночасно вітчизняний рухомий склад і закордонний. Поки не настав час на проведення крупних видів ремонту закордонного рухомого складу ситуація з забезпеченням перевезень задовільнена.

Разом з цим підготовленої ремонтної бази в Україні для цього рухомого складу практично не існує, тим більше, що навіть для вітчизняного рухомого складу все складніше проводити повноцінні ТО і ПР.

Як показує закордонний досвід, потрібна гармонічна взаємодія між постачальниками продукції і її користувачами. Великі фірми – виробники залізничної техніки вважають за доцільне займати суттєву нішу в системі утримання, модернізації і постачання запасних частин для локомотивів, які поставляються на залізницю.

Для України цей досвід поки неможливо реалізувати у повному обсязі із-за нестійкої ситуації в країні.

Але є можливість на базі локомотиворемонтних заводів, які на даний момент значно скоротили свою дію, або на базі крупних локомотивних депо, або на базі будови нових підприємств організувати сервіс для рухомого складу, що експлуатується, в тому числі із залученням закордонних спеціалістів і сучасних технологій.

Визначення дислокацій і потужностей таких центрів є актуальною задачею для локомотивного господарства.

Як відмічається в ряді керівних документів, технічний стан локомотивного парку майже вичерпав свій ресурс. Разом з цим на протязі багатьох років

ремонтна інфраструктура також майже не оновлювалася і також досягла критичної межі, що привело до погіршення якості ремонтних послуг, їх удорожчання, а також навіть різкому скороченню обсягів роботи ремонтних підрозділів.

В цих умовах можливими є запровадження на базі локомотиворемонтних заводів, або крупних локомотивних депо стратегії створення і формування сервісних центрів.

Припустимо, що на окремій залізниці можливо формування декількох сервісних центрів. Відомі перспективи виходу сервісних центрів на відповідну потужність і витрати на їх створення.

В математичній постановці це можливо представити таким чином.

$$\sum_{i=1}^M u_i(x_i) \rightarrow \min(\max), \quad (1)$$

за умови $\sum_{i=1}^M x_i = A^{\max}$, $a_i < x_i < A_i$

де M – кількість сервісних центрів підприємств, які планується створити;

A^{\max} - сумарна очікувана потужність сервісних підприємств;

a_i, A_i - відповідно найменша і найбільша потужність, яку може мати i -е сервісне підприємство; x_i - потужність i -го сервісного підприємства;

$u_i(x_i)$ - витрати (економічний ефект) по i -ому сервісному підприємству.

Таким чином, необхідно обрати оптимальний варіант розвитку і дислокації сервісних підприємств, за умови мінімальних витрат на їх створення в умовах обмежених ресурсів.

Замість оптимальної виробничої потужності можна обрати її зростання. При цьому це зростання може представити у вигляді $y_i = x_i - a_i$ і тоді

$\sum_{i=1}^M u_i(y_i) \rightarrow \min(\max)$, за умови $\sum_{i=1}^M y_i = \bar{A}$, $0 < y_i < Y_i$,

де $\bar{A} = A^{\max} - \sum_{i=1}^M a_i$, $Y_i = A_i - a_i$,

Введемо функцію $f_k(A)$ для пошуку рішення методом динамічного програмування

$$f_k(A) = \min \sum_{i=1}^M u_i(y_i) \quad (2)$$

$$f_1(A) = u_1(A), \quad A = \sum_{i=1}^M y_i \quad (3)$$

В такому вигляді ця функція представляє собою мінімальні витрати на організацію сервісу к підприємствах.

Витрати, що пов'язані з зростанням потужності на k -му сервісному підприємстві на величину y_k і зростання потужностей на інших $k-1$ сервісних підприємствах дорівнюють $u_k(y_k) + f_{k-1}(A - y_k)$.

Представимо процедуру мінімізації цих витрат у вигляді.

$$f_k(A) = \min[u_k(y_k) + f_{k-1}(A - y_i)], \quad k = \overline{2, M}, \quad 0 < y_k < Y_k, \quad f_1(A) = u(A)$$

Коли деякі функції $f_k(A)$ не визначені при всіх значних A , то замість них введено карну функцію – скільки завгодно велике число Z .

Забезпечення необхідного рівня сервісу на деякому полігоні залізниць можливо досягнути шляхом розвитку (організації) одного чи декількох підприємств.

За результатами дослідження можна зробити наступні висновки:

- за інформацією щодо потенціальної ефективності окремих підприємств за умови досягнення максимального ефекту від експлуатації всіх сервісних підприємств на деякому регіоні залізниць методом динамічного програмування показана процедура вирішення такої задачі;

- оскільки формалізація динаміки зміни витрат на організацію сервісних підприємств складає окрему задачу запропонована методика достатньо ефективна і наглядна;

- запропонована в системі методика одночасно визначає місце дислокації конкретного сервісного підприємства і її ефективність в наданні сервісних послуг.

[1] Обґрунтування обсягів ремонту для ТРС при подовженні терміну експлуатації / О.С. Крашенінін, Є.В. Щипак, О.О. Шапатіна // Зб. наук. праць. Донецьк: ДонІЗТ. 2009. - Вип. 19.

[2] Крашенінін О.С., Шапатіна О.О., Обозний О.М. Моделювання технічного обслуговування та поточних ремонтів ТРС при подовженні терміну його експлуатації. // Зб. наук. праць. УкрДАЗТ, Харків, 2010. - Вип. 119 – с.172 – 177.

[3] Крашенінін О.С., Обозний О.М. Економічна оцінка подовження терміну експлуатації ТРС понад нормативний. Зб. наук. праць. УкрДАЗТ, Харків, 2011. - Вип. 127, с.118-122.

[4] Крашенінін О.С., Щипак Є.В., Матвієнко С.А, Шапатіна О.О. Обґрунтування оптимального терміну експлуатації тягового рухомого складу. / Зб. наук. праць. ДонІЗТ, Донецьк, 2011. - Вип.25, с.126-128.

[5] Крашенінін О.С., Обозний О.М. Визначення граничних термінів довговічності тягового рухомого складу. / Зб. наук. праць. УкрДАЗТ, Харків, 2011. - Вип.122. с.134-140.

УДК 625.42:629.4:658.1

ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДРОЗДІЛІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

MAIN CRITERIA OF COMPLEX EVALUATION OF METRO TRAIN POWER FACILITY TECHNOLOGICAL PRODUCTIVE POTENTIAL

*канд. техн. наук І.І. Кульбовський¹, канд. техн. наук О.В. Агарков¹,
канд. техн. наук В.С. Харута², М.М. Галушко¹*

¹Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

²Національний транспортний університет (м. Київ)

I.I. Kulbovskyi¹, PhD (Tech.), O.V. Aharkov¹, PhD (Tech.),

Забезпечення безпеки руху поїздів та безпечного перевезення пасажирів регламентується технічним станом рухомого складу, що відповідає вимогам нормативної документації. Сучасні умови функціонування підрозділів тягового рухомого складу (ПТРС) характеризуються недостатнім використанням виробничо-технологічного потенціалу. Однією з головних причин такого становища є відсутність необхідних науково-методичних розробок, що описують та дозволяють вдосконалити системні методи, моделі та критерії ефективності функціонування виробничих процесів ПТРС.

Сучасний етап діяльності підприємств характеризується зростанням конкуренції, що вимагає постійного процесу удосконалення та оптимізації виробничих процесів [1-2]. Поряд з такими заходами для оптимізації функціонування підприємств як ресурсозбереження та енергоефективність [3-5], рівень автоматизації та механізації, більш результативним є використання комплексних показників ефективності діяльності підприємств та їх підрозділів

Найбільшу ефективність використання комплексних показників можна отримати на підприємствах із складною управлінською структурою, до таких підприємств можна віднести транспортні підприємства з розгалуженою структурою, зокрема метрополітени.

Так, наприклад, в Київському метрополітені, крім підрозділів, що безпосередньо забезпечують перевезення людей, постійно зростають витрати на забезпечення експлуатації, ремонту та комплексного обслуговування як штучних споруд, елементів колії [6-7] та тунелів, так і рухомого складу, обслуговуванням якого займається три електродепо.

Показники рівня використання ВТП повинні бути керованими, тобто дозволяти встановлювати потрібне значення і підтримувати його стан чи змінювати його в потрібному напрямку.

Підвищення ефективності і якості використання виробничо-технологічного потенціалу ПТРС передбачає, перш за все, розвиток засобів праці та встановлення раціональних співвідношень між людською і автоматизованою працею. Для дослідження технічного рівня виробництва на всіх етапах життєвого циклу, необхідно мати задану (нормативну) модель стану ВТП. При наявності такої моделі можна визначити наскільки їй відповідає існуючий стан виробництва.

Суттєво впливає на рівень використання виробничо-технологічного потенціалу кількісний та якісний склад технологічного обладнання.

Найбільш динамічним фактором, що визначає рівень використання виробничо-технологічного потенціалу є технологічний рівень процесів виробництва. Комплекс заходів по оптимізації технологічних процесів веде до зниження трудомісткості, підвищення продуктивності праці та якості виконуваних робіт.

Кожен з представлених факторів характеризується множиною показників,

кількість яких залежить від реального стану конкретного підприємства. Визначення впливу всіх факторів і показників на рівень використання виробничо-технологічного потенціалу є актуальною науково-прикладною задачею, яка може бути вирішена на основі економіко-математичного моделювання.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що систематизація і класифікація основних критеріїв ефективності та якості використання виробничо-технологічного потенціалу підрозділів тягового рухомого складу дозволяє перейти до реалізації системної моделі функціонування ПТРС в сучасних умовах роботи підприємства.

- [1] Carpintero, S., (2011), The Competitive Advantages of The Spanish Companies in the International Toll Road Industry, Journal of Civil Engineering and Management, Volume 17(4), pp.483-493.
- [2] Wielgross, T., et al (2010), Consolidation drives competition at the local level, Railway Gazette International Oct 2010, pp.60-62.
- [3] Arena, M., Azzone, G., & Conte, A. (2013). A streamlined LCA framework to support early decision making in vehicle development. Journal of Cleaner Production, 41, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.031>.
- [4] Kulbovskiy, I., Bakalinsky, O., Sorochynska, O., Kharuta, V., Holub, H., & Skok, P. (2019). IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR EVALUATING HIGH-SPEED RAIL PASSENGER TRANSPORTATION. EUREKA: Physics And Engineering, 0(6), 63-72.
- [5] Nakano, H. (2017). A Study on the Features of the Evolution Processes and Business Models of Global Enterprises in the Transport Sector. Transportation Research Procedia, 25, 3769–3788.
- [6] Boiko, V., Molchanov, V., Tverdome, V., & Oliinyk, O. (2018). Analysis of vertical irregularities and dynamic forces on the switch frogs of the underground railway. In MATEC Web of Conferences (Vol. 230, p. 01001). EDP Sciences.
- [7] Aharkov, O. V., Tverdome, V. M., Boiko, V. D., Kovalchuk, V. V., & Strelko, O. H. (2019, December). Influence of the structural design of rail fastenings on ensuring the stability of track gauge in operating conditions. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 708, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.

УДК 625.57:621.311

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАНАТНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЮ ТЯГОЮ

JUSTIFICATION OF ENERGY EFFICIENCY OF ROPE TRANSPORT SYSTEMS WITH DECENTRALIZED TRACTION

*канд. техн. наук О.С. Куроп'ятник, О.Л. Краснощок
Дніпровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна (м. Дніпро)*

*O.S. Kuropiatnyk, PhD (Tech.), O.L. Krasnoshchok
Dnipro National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan (Dnipro)*

Транспортний процес – один з найважливіших процесів, який забезпечує виробничі та невиробничі потреби галузей економіки і населення у перевезеннях. Енергоефективність та енергозбереження транспортного процесу є запорукою підвищення конкурентоспроможності різних видів транспорту. На сьогодні окрім звичайних видів транспорту велику роль відіграють

альтернативні. Серед них можна відокремити канатні транспортні системи.

Канатна транспортна система (КТС) – засіб для перевезення пасажирів та/або вантажів, де в якості тягового органу використовується тяговий або несуче-тяговий канат, протягнутий між опорами таким чином, щоб вагони (кабіни, крісла, вагонетки) не торкалися землі. Канатні системи на відміну від наземних доріг характеризуються наявністю підвісної канатної або рейкової колії, по якій відбувається рух вагонів. В залежності від місця розташування тягового агрегату (приводу) КТС поділяються на системи з зосередженою (централізованою) тягою та системи з децентралізованою тягою.

Метою даної роботи є обґрунтування переваги канатних транспортних систем із децентралізованою тягою над системами із зосередженою тягою щодо їх енергоефективності. Для обґрунтування енергоефективності КТС пропонуємо показник – приріст коефіцієнта корисної дії канатної транспортної системи.

Як відомо, коефіцієнт корисної дії (ККД) механічної системи – добуток ККД усіх складових цієї системи. Запишемо формули для визначення ККД приводів самохідного вагона та КТС із зосередженою тягою:

$$\text{КТС з децентралізованою тягою: } \eta_{\text{заг1}} = \eta_{\text{дв1}} \cdot \eta_{\text{мех1}};$$

$$\text{КТС із зосередженою тягою: } \eta_{\text{загп}} = \eta_{\text{двп}} \cdot \eta_{\text{мехп}} \cdot \eta_{\text{ТК}}.$$

У цих формулах для приводу самохідного вагона $\eta_{\text{дв1}}$ – ККД електродвигуна; $\eta_{\text{мех1}}$ – ККД механічної передачі; для приводу КТС із зосередженою тягою $\eta_{\text{дв.п}}$ – ККД електродвигуна; $\eta_{\text{мех.п}}$ – ККД механічної передачі; $\eta_{\text{ТК}}$ – ККД тягового канату.

У даній роботі нами введено поняття ККД тягового канату як величини, що характеризує розсіювання енергії за рахунок демпфуючих властивостей канату.

Знайдемо приріст коефіцієнта корисної дії КТС:

$$\Delta \eta = \eta_{\text{заг1}} - \eta_{\text{загп}} = \eta'_{\text{дв1}} \cdot \eta''_{\text{дв2}} \cdot \eta_{\text{мех1}} - \eta'_{\text{двп}} \cdot \eta''_{\text{двп}} \cdot \eta_{\text{мехп}} \cdot \eta_{\text{ТК}}$$

де $\eta'_{\text{дв1}}$ та $\eta'_{\text{дв.п}}$ – величини, які враховують вплив потужності електродвигуна на його ККД для приводу самохідного вагона та для КТС із зосередженою тягою; $\eta''_{\text{дв1}}$ та $\eta''_{\text{дв.п}}$ – величини, які враховують вплив завантаженості електродвигуна на його ККД для приводу самохідного вагона та для КТС із зосередженою тягою.

Якщо $\Delta \eta > 0$, то КТС із децентралізованою тягою є більш енергоефективною, ніж КТС із зосередженою тягою.

Коефіцієнт корисної дії двигуна може варіюватися залежно від таких параметрів: номінальна потужність; ступінь завантаженості; номінальна частота обертання вала. Проведений аналіз показав, що вплив номінальної частоти обертання вала на ККД електродвигуна є незначним (у межах 0,5 %).

Дослідження проводилися на таких інтервалах параметрів: для КТС із зосередженою тягою потужність електродвигуна – 20...250 кВт, ККД двигуна – 0,91...0,93 (в залежності від потужності); для КТС з децентралізованою тягою потужність електродвигуна – 3...10 кВт, ККД двигуна – 0,81...0,87 (в залежності від потужності). ККД механічних передач приводів КТС із зосередженою та приводів КТС з децентралізованою тягою прийнято однаковими.

Для двох характерних випадків ККД тягового канату визначаємо так:

випадок завантаження приводу КТС із зосередженою тягою на рівні 25 % (на лінію виведено лише чверть вагонів, усі заповнені):

$$\eta_{\text{TK25\%}} = \frac{\eta'_{\text{дв1}} \cdot \eta''_{\text{дв2}} \cdot \eta_{\text{мех1}}}{\eta'_{\text{дв25}} \cdot \eta''_{\text{дв25}} \cdot \eta_{\text{мех25}}} = \frac{\eta'_{\text{дв1}} \cdot \eta''_{\text{дв2}}}{\eta'_{\text{дв25}} \cdot \eta''_{\text{дв25}}} = \frac{0,94 \cdot 0,84}{0,83 \cdot 0,89} \approx 1,07 > 1;$$

випадок завантаження приводу КТС із зосередженою тягою на рівні 100 %:

$$\eta_{\text{TK100\%}} = \frac{\eta'_{\text{дв1}} \cdot \eta''_{\text{дв1}}}{\eta'_{\text{дв100}} \cdot \eta''_{\text{дв100}}} = \frac{0,94 \cdot 0,84}{0,94 \cdot 0,89} \approx 0,94.$$

При цьому приводи самохідних вагонів (КТС з децентралізованою тягою) завжди завантажено на 100 %. Оскільки ККД не може бути більшим за одиницю, доходимо висновку, що в разі, якщо на лінію виведено лише чверть вагонів, більш енергоефективною є КТС з децентралізованою тягою (самохідними вагонами).

У разі завантаження приводу КТС із зосередженою тягою на рівні 100 % ККД тягового канату є меншим за одиницю. Це означає, що існує граничне значення кількості вагонів $n_{\text{гр}}$, за якого ККД КТС із зосередженою тягою та ККД КТС з децентралізованою тягою є однаковим. Дослідження показали, що в разі завантаження електродвигуна приводу КТС із зосередженою тягою менш, ніж на 50 %, КТС з децентралізованою тягою є більш енергоефективною. Це вказує на наявність певних умов, за яких використання КТС з децентралізованою тягою замість КТС із зосередженою тягою є виправданим із точки зору енергетичної ефективності.

Узагальнюючи отримані результати, доходимо висновку, що канатні транспортні системи із децентралізованою тягою мають перевагу над системами із зосередженою тягою щодо їх енергоефективності за певних умов завантаження приводів обох систем.

УДК 629.429.3

АНАЛІЗ ПЛАВНОСТІ РУХУ ВАГОНУ МЕТРОПОЛІТЕНУ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ АМОРТИЗАТОРАМИ ЕНЕРГІЇ

ANALYSIS OF THE SMOOTHNESS OF THE METROWAY WAGON WITH ELECTROMECHANICAL ENERGY SHOCK ABSORBERS

*д-р техн. наук Б.Г. Любарський¹, Н.П. Лукашова²
канд. техн. наук Ан.С. Маслій¹,*

¹*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)*

²*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (м. Харків)*

***B. Liubarskyi¹, DSc (Tech.), N. Lukashova,
A. Maslii, PhD (Tech.)***

¹*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)*

²*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)*

Підвищення енергоефективності електрорухомого складу метрополітену при одночасному збереженні рівня комфорту пасажирів є одною з найважливіших задач розвитку систем ресорного підвішування для транспортних засобів метро. Одним з шляхів вирішення проблеми є застосування електромеханічних амортизаторів постійного струму [1], які з одного боку забезпечують досить високий рівень комфорту пасажирів, а з іншого можуть рекуперувати енергію коливань кузова в електричну, що може бути застосована для внутрішніх потреб метровагону. В порівнянні з пневмопідвіскою, застосування електромеханічних амортизаторів не потребує додаткових втрат енергії на роботу компресора та збільшення його потужності.

Для проведення порівняльного аналізу якості роботи електромеханічного амортизатору запропоновано застосування показників динамічної якості вагону метро [2]. Одним з важливіших таких показників є коефіцієнт плавності руху C по реалізаціям випадкового процесу прискорень кузова тривалістю t_p , що визначається до виразу рекомендованим в [3]:

$$C = \alpha \cdot 6,67 \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{t_j}{t} \left(2 \int_{f_n}^{f_b} q_n^2(f) G_{z_{kj}}(f) df \right)},$$

де α – коефіцієнт пропорційності, $\alpha = 4,346$; t_j – тривалість j -ї реалізації, $t_p = \sum_{j=1}^n t_j$; f_n , f_b – відповідно нижня і верхня межі частотного діапазону вимірюваних прискорень; $G_{z_{kj}}(f)$ – спектральна щільність j -ї реалізації процесу прискорень кузова з частотою f $q_n(f)$ – нормована амплітудно-частотна характеристика фільтру, що коригує (апроксимація фізіологічного коефіцієнта)

$$q_n(f) = 1,15 \sqrt{\frac{1 + 0,1f^2}{(1 + 4,04f^2)[(1 - 0,0364f^2) + 0,045f^2]}}.$$

За результатами моделювання руху метровагону по шляху з випадковою нерівністю за методикою [4] зі швидкістю від 40 до 90 км/год визначено коефіцієнт плавності руху для вагонів з пружинним центральним ресорним підвішування та з електромеханічними амортизаторами які приведено для двох шкворневих точок кузова (рис.1 та 2).

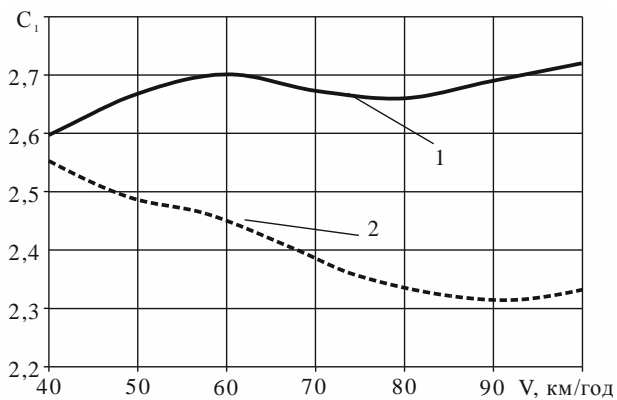


Рис. 1 Коефіцієнт плавності руху від швидкості руху над першою шворневою точкою кузова

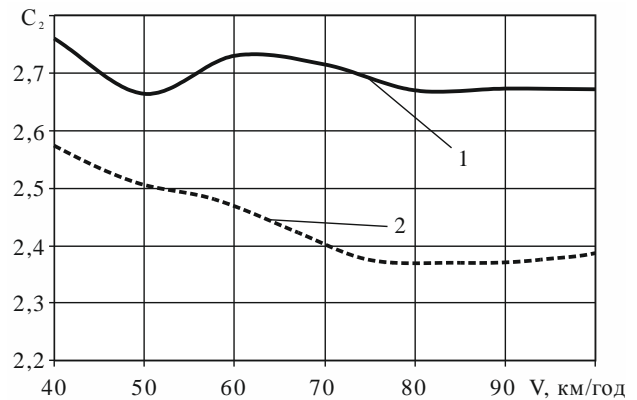


Рис. 2 Коефіцієнт плавності руху від швидкості руху над другою шворневою точкою кузова

Зазначено, що коефіцієнт плавності руху C_1 для підвішування з електроамортизатором в усьому діапазоні швидкостей значення цього коефіцієнта менше на 2,1-14,2%, чим для пружинного підвішування, а для C_2 - на 5,45-11,5%. Таким чином доказано, що електромеханічні амортизатори забезпечують достатньо високий рівень плавності руху, що відповідає не перебільшенню коефіцієнта плавності руху значення 3,25, яке є максимальним для метровагонів.

- [1] Liubarskyi, B. Devising a procedure to choose optimal parameters for the electromechanical shock absorber for a subway car / B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, T. Pavlenko, D. Iakunin, S. Yatsko, Y. Vashchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 4, N 5 (100). - P. 16-25. – Way of Access : DOI : 10.15587/1729-4061.2019.176304.
- [2] Liubarskyi, B. Procedure for modeling dynamic processes of the electromechanical shock absorber in a subway car / B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, B. Yeritsyan, Y. Kovalchuk, L. Overianova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 5, N 5 (101). - P. 44-52. – Way of Access : DOI : 10.15587/1729-4061.2019.181117.
- [3] Кондрашов В. М. Единые принципы исследования динамики железнодорожных экипажей в теории и эксперименте: Дис. доктора техн. наук – М., 2001. 274с.
- [4] Савоськин А. Н. О выборе аналитического выражения для функции спектральной плотности случайных колебательных процессов // Тр. МИИТ. –1971. вып.373. с.78–85.

УДК 629.4

ПОКРАЩЕННЯ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

IMPROVEMENT OF TRACTION AND ENERGY CHARACTERISTICS OF SNUNTING LOCOMOTIVES

*д-р техн. наук Б.Г. Любарський, канд. техн. наук Є.С. Рябов,
канд. техн. наук Б.Х. Єріцян, канд. техн. наук Д.І. Якунін*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

*B. Liubarskyi, DSc (Tech.), Ie. Riabov, PhD (Tech.),
B. Eritsyian, PhD (Tech.), D. Iakunin, PhD (Tech.)*
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)

На даний час для оновлення рухомого складу широко застосовується модернізація тепловозів, ключовим у якій є заміна технічно застарілого дизельного двигуна на сучасні моделі [1] (рис.1). При поглибленій модернізації заміні підлягає тягове електрообладнання, системи керування, компонування кузова і т.д. (рис.2).



Рис. 1 Модернізований маневровий тепловоз TEM7 з дизелем компанії ABC



Рис. 2 Модернізований маневровий тепловоз ЧМЕЗ

Ефект від модернізації полягає у зменшенні витрат на паливо-мастильні матеріали, збільшення пробігів між технічними обслуговуванням, зменшення його об'ємів тощо. При цьому тягові електричні двигуни постійного струму, якими оснащено всі маневрові тепловози з електричною передачею потужності, які експлуатуються в Україні, як правило, проходять капітальний ремонт із заміною ізоляції, що дозволяє підняти силу тяги тривалого режиму на 10...15%. Для подальшого підвищення тривалої сили таких локомотивів необхідно інтенсифікувати їх охолодження, що у поєднанні із зменшенням коефіцієнту корисної дії (ККД) тягової передачі потужності знижує ефективність такого рішення [2].

Альтернативним варіантом підвищення тривалої сили тяги є застосування тягових електродвигунів змінно струму як у складі існуючих колісно-моторних блоків (КМБ), так і при застосування нових КМБ [3]. На рис. 3 та 4 показано залежність коефіцієнту корисної дії тягового електродвигуна тепловоза ЧМЕЗ (суцільна лінія) та ККД тягового асинхронного електродвигуна, розробленого авторами (пунктирна лінія).

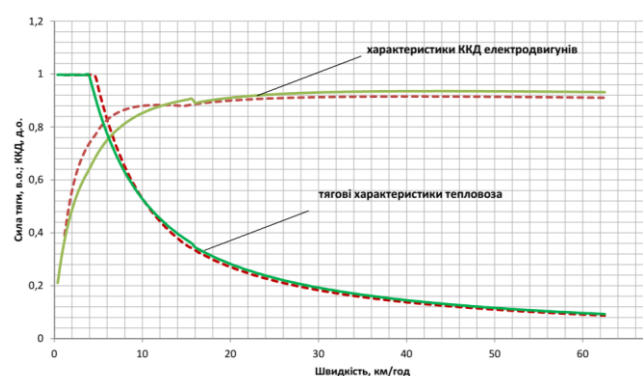
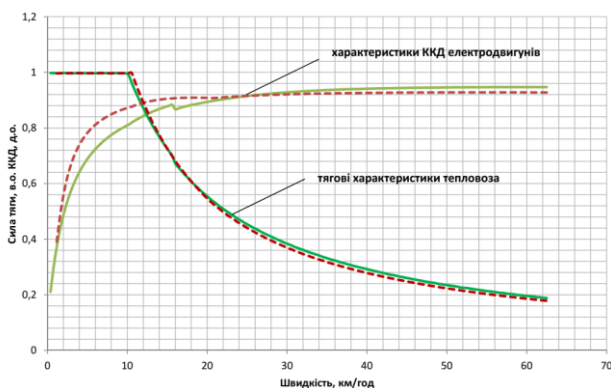


Рис. 3 Залежність ККД та сили тяги при підведеній до електродвигуна потужності 200 кВт

Рис. 4 Залежність ККД та сили тяги при підведеній до електродвигуна потужності 100 кВт

Як бачимо із рис.3 та 4 у області низьких швидкостей руху (до 10 км/год) при реалізації сили тяги 340 кН (відносне значення сили тяги дорівнює одиниці) ККД асинхронного електродвигуна перевищує ККД двигуна постійного струму. Крім того, при застосуванні асинхронного електродвигуна можлива тривала робота тепловоза із силою тяги 340 кН.

Таким чином, показана можливість покращення тягово-енергетичних показників маневрових тепловозів при застосування тягових електродвигунів змінного струму. На наш погляд, впровадження такого технічного рішення доцільне на тепловозах для гіркової роботи та маневрово-вивозних тепловозах підприємств гірничої промисловості.

[1] Бабел М. Теоретические основы и методология выбора объемов и технологий модернизации тепловозов по критерию стоимости жизненного цикла: дисс. д-ра техн. наук, специальность : 05.22.07 / М. Бабел. - СПб. : ВНИИЖТ, 2014. - 266с.

[2] Petrenko A. Analysis of the optimal operating modes of traction drives for determining the control algorithm for a semiconductor converter / B. Liubarskyi, A. Petrenko, V. Shaida, A. Maslii // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies and computer systems Engineering technological systems.* – 2017. – №4/8(88).2017. – P. 65-72.

[3] S. Buriakovskiy, B. Liubarskyi, A. Maslii, D. Pomazan, V. Panchenko and A. Maslii, "Mathematical Modelling of Prospective Transport Systems Electromechanical Energy Transducers on Basis of the Generalized Model," 2019, pp. 76-79.

УДК 629.4

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ КОЛІСНО-МОТОРНОГО БЛОКУ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ

INNOVATIVE ENERGY EFFICIENT SOLUTIONS FOR THE WHEEL-MOTOR UNIT OF THE SHUNTING LOCOMOTIVES

д-р техн. наук Б.Г. Любарський, канд. техн. наук Є.С. Рябов, канд. техн. наук Л.В. Овер'янова, О.В. Демидов,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

B. Liubarskyi, DSc (Tech.), Ie. Riabov, PhD (Tech.), L.Overianova, PhD (Tech.), O.Demydov

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)

На даний час загальноживаною світовою практикою є застосування тягових приводів з асинхронними електродвигунами. Головними технічними перевагами цих електроприводів є високі енергетичні та масо-габаритні показники при достатньо простій конструкції, високий рівень надійності, простота обслуговування. Традиційно тягові асинхронні двигуни використовуються у існуючих колісно-моторних блоках. Це забезпечує високий рівень уніфікації, однак не дозволяє суттєво збільшити енергоефективність тягового приводу. У табл.1 наведено залежність коефіцієнту корисної дії (ККД) тягового асинхронного електродвигуна, розробленого авторами, потужністю 200 кВт при реалізації чотирьохвісним тепловозом тривалої сили тяги 250 кН.

Таблиця 1

Передаточне відношення тягового редуктора	4,41	5,3	7,5	9,4
---	------	-----	-----	-----

ККД електродвигуна, %	88,0	89,8	93,4	94,5
-----------------------	------	------	------	------

Як видно із табл.1, ККД залежить від передаточного відношення тягового редуктор, а, отже, для забезпечення високої енергоефективності маневрового локомотиву при роботі з висковими силами тяги доцільно застосовувати тягові редуктори з підвищеним передаточним відношенням. Конструктивно такі редуктори виконуються двоступінчастими (рис.1). На рис.2 показано загальний вигляд візка з колісно-моторними блоками з двоступінчастими редукторами.

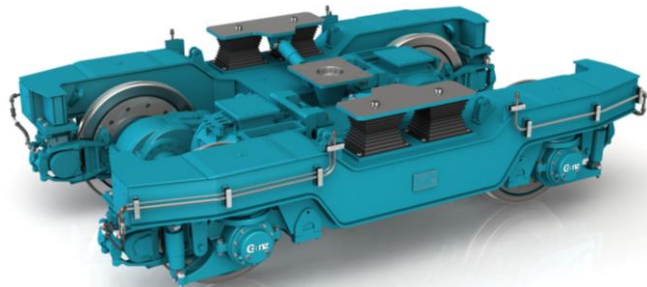


Рис. 1 Тяговий редуктор типу ТКН 22,5 виробництва Ganz Motor для маневрового локомотиву [1]

Рис. 2 Візок виробництва Ganz Motor для маневрових локомотивів [1]

Подальше підвищення енергоефективності тягового приводу пов'язане із застосуванням тягових синхронних електродвигунів із збудженням від постійних магнітів, особливостями яких є високі ККД у широкому діапазоні частоти обертання та навантаження (рис.3).

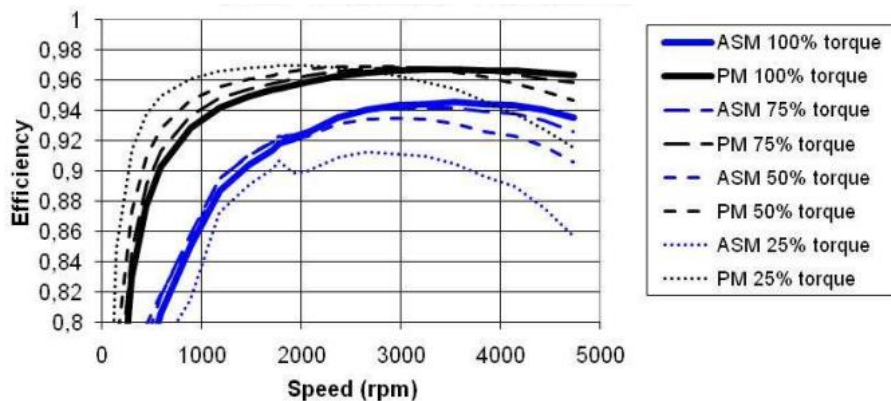


Рис.3 Залежність коефіцієнту корисної дії електродвигунів електропоїзду Regina [2]

Як видно з рис.3., темп зміни ККД при зменшенні частоти обертання у асинхронного двигуна більш інтенсивний, ніж у синхронного електродвигуна з постійними магнітами. При зміні потужності ККД асинхронного двигуна в цілому змінюється незначно, а у синхронного електродвигуна з постійними магнітами навіть підвищується. Незважаючи на те, що наведений приклад є окремим випадком, в цілому він демонструє загальний хід залежності ККД електродвигунів від частоти обертання на потужності. Узагальнюючи, можна зробити висновок, що енергетичні характеристики тягових електроприводів залежать від типу електродвигуна (і електрообладнання в цілому).

Таким чином, застосування інноваційних технічних рішень у колісно-

моторному блоці дозволяє досягти високих енергетичних показників маневрових локомотивів.

[1] <https://ganzmotor.hu/products/railway-bogies/>

[2] <http://www.gronataget.se/upload/PM%20motors%20for%20railway%20applications.pdf>

УДК 656.22

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ НА ОДНОКОЛІЙНІЙ ЗАЛІЗНИЧНІЙ ДІЛЬНИЦІ

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINATION OF ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY OF CARGO TRANSPORTATION ON A SINGLE RAIL LINE

*д-р техн. наук А.В. Прохорченко, канд. техн. наук О.А. Малахова, Д.О. Гурін,
канд. техн. наук Г.М. Сіконенко, канд. техн. наук Г.О. Прохорченко,
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A. Prokhorchenko, DSc. (Tech.), O. Malakhova PhD (Tech.), D. Gurin,
G. Sikonenko, PhD (Tech.), G. Prokhorchenko, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах пошуку стратегій розвитку залізничної інфраструктури важливим є теоретичне обґрунтування вибору конструктивних та організаційних заходів, що дозволять освоїти перспективні пасажиро- та вантажопотоки. Одним із елементів залізничної інфраструктури, що найчастіше стають обмежувачами в мережі та потребують вдосконалення організації перевезень або технічного оснащення, є одноколійні дільниці. Для підвищення конкурентоздатності залізничних перевезень, обмеження впливу на довкілля, зниження витрат важливо визначати доцільність реалізації запропонованих заходів з урахуванням ефективного використання енергії, ресурсів – енергоефективності [1].

В роботі запропоновано методику визначення енергоефективної технології перевезень вантажів на одноколійній дільниці. На прикладі дільниці Кременчук – Бурти регіональної філії “Південна залізниця” АТ “Укрзалізниця” запропоновано теоретично обґрунтувати впровадження диспетчерської централізації з пошуком енергоефективної технології перевезень вантажів на дільниці [2,3]. Виконані теоретичні розрахунки зміни дільничної швидкості при впровадженні диспетчерської централізації з урахуванням вибору різних варіантів маси вантажних поїздів. Проведені тягові розрахунки витрат електроенергії на тягу з урахуванням різної маси вантажних поїздів [4, 5]. З огляду на обмеженість вихідних даних для техніко-економічних розрахунків застосовано метод розрахунку дільничної швидкості через коефіцієнт швидкості. Коефіцієнт швидкості відображає вплив на дільничну швидкість як загальної тривалості зупинок поїздів на проміжних станціях, так і час, що витрачається на зупинки для виконання схрещень і обгонів. Спираючись на Інструкцію з визначення станційних та міжпоїзних інтервалів (ІЦД 0034) та дані щодо допустимих швидкостей руху та відстаней колійного розвитку перегонів і

приймально-відправних колій дільниці проведено розрахунок станційних інтервалів та середньозваженого часу руху дільницею вантажного поїзда різної маси [6]. Отримані залежності зміни витрат на один відправлений вагон та дільничної швидкості від маси поїзду, що дозволило визначити оптимальні параметри енергоефективної технології перевезень вантажів дільницею.

Відповідно до проведених розрахунків впровадження диспетчерської централізації та застосування енергоефективної технології перевезень вантажів на дільниці дозволить збільшити дільничну швидкість, скоротити час руху дільницею та зменшити витрати електроенергії на рух поїздів.

[1] ISO 50001:2011. Energy management systems – Requirements with guidance for use (Системи енергетичного менеджменту – Вимоги та настанови з використання).

[2] Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT): ДСТУ ISO 50001:2014. – [Чинний від 2015-01-01]. – Київ: МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ, 2015, 19 с. – (Національний стандарт України).

[3] Максимович Б.М. Участковая скорость и факторы, влияющие на нее. В кн. Ф.П. Кочнев, Б.М. Максимович, И.Б. Сотников Вопросы организации движения поездов. М., Трансжелдориздат, 1960.

[4] Інструкція користування програмним продуктом ГАС – „Railway”. Державна адміністрація залізничного транспорту України, Львів, 2007.

[5] Правила тяговых расчетов для поездной работы.–М:Транспорт, 1985.

[6] Каретников, А.Д., Воробьев, Н.А. График движения поездов. [Текст] Изд. 2-е, перераб. и доп. М: Транспорт, 1979.

УДК 621.316

УДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВХІДНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

IMPROVED CONTROL SYSTEM OF INPUT CONVERTER OF THE ELECTRIC ROLLING STOCK

*канд. техн. наук В.П. Нерубацький,
канд. техн. наук О.А. Плахтій, аспірант Д.А. Гордієнко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), O.A. Plakhtii, PhD (Tech.), D.A. Hordiienko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У тягових електроприводах електричного рухомого складу змінного струму застосовуються тиристорні та діодні випрямлячі, але це викликає певні недоліки, серед яких викид вищих гармонік струмів і реактивної потужності в контактну мережу. Зважаючи на це перспективним є використання однофазних чотириквadrантних активних випрямлячів (рис. 1) з корекцією коефіцієнта потужності [1, 2]. Перевагою цих перетворювачів є забезпечення коефіцієнта потужності, що близький до одиниці, реалізація синусоїдального вхідного струму, а також можливість реалізації рекуперації електроенергії у контактну мережу [3, 4].

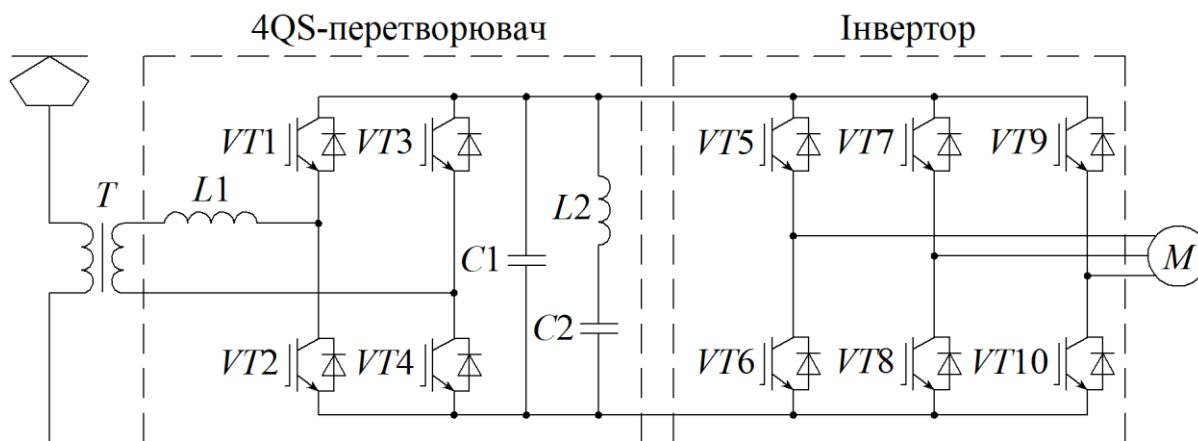


Рис. 1 Силова схема тягового електроприводу електрорухомого складу

У системах керування активних випрямлячів досить поширені системи керування з гістерезисною модуляцією, але це вимагає реалізації високої і змінної частоти перемикання силових ключів, що негативно позначається на втратах потужності в перетворювачі. Тому пропонується система керування з поліпшеною гістерезисною модуляцією (рис. 2).

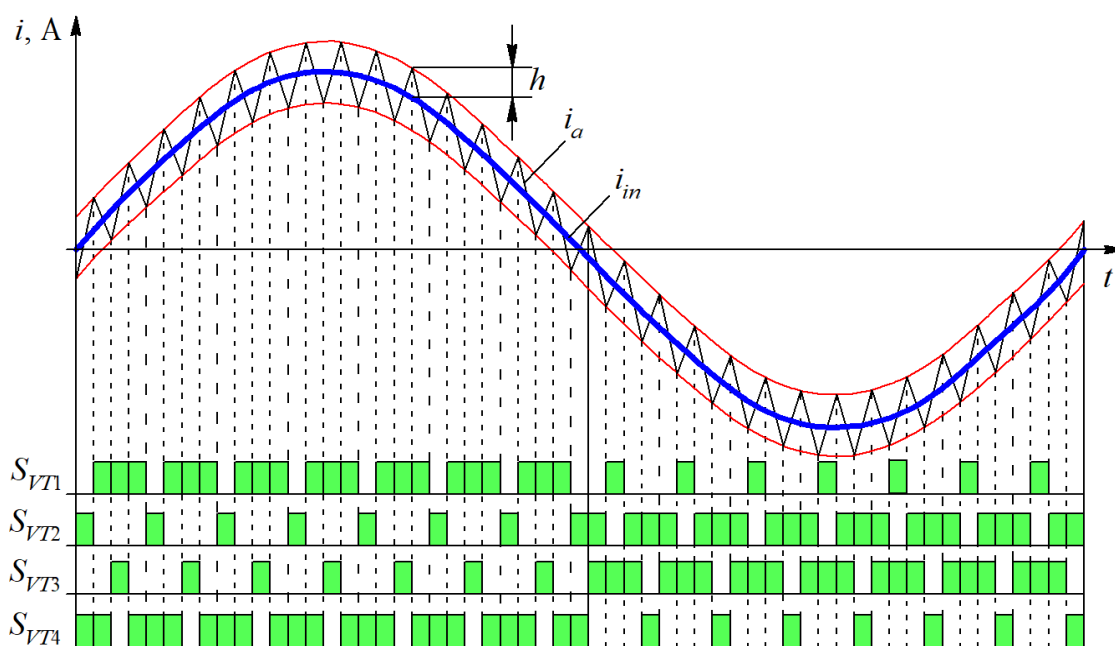


Рис. 2 Формування синусоїдального вхідного струму 4QS-перетворювача:
 h – уставка гістерезису; i_{in} – сигнал завдання вхідного струму; i_a – миттєве значення вхідного струму

Перевага запропонованого алгоритму полягає в тому, що всі чотири ключі алгоритму модуляції будуть з однаковими динамічними втратами. Пропонована система гістерезисного керування активного чотирьохквADRантного перетворювача за рахунок поліпшеного алгоритму перемикання силових ключів зменшує кількість їх перемикань і, відповідно, знижує динамічні втрати потужності в активному перетворювачі, що дозволяє підвищити ефективність роботи вхідного перетворювача.

У програмному середовищі Matlab було проведено імітаційне моделювання, яке підтвердило ефективність запропонованого алгоритму модуляції за рахунок зменшення кількості перемикачів силових ключів. Крім того, при реалізації запропонованого алгоритму перемикачів відбувається поліпшення гармонічного складу вхідного струму, а саме зменшення амплітуд вищих гармонік вхідного струму і зменшення результуючого коефіцієнта гармонічних спотворень.

[1] Нерубацький В. П. Регулювальні характеристики 4QS-перетворювача з гістерезисною системою керування. Матеріали III всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, фахівців, аспірантів «Проблеми енергосересорозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика» (Маріуполь, 11–12 травня 2017 р.). Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2017. С. 112–114.

[2] Нерубацький В. П., Плахтій О. А. Підвищення енергоефективності тягових підстанцій постійного струму шляхом застосування активних тягових випрямлячів з корекцією коефіцієнта потужності. Матеріали 80 міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, 24–26 квітня 2018 р.). Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 177. С. 79–81.

[3] Liubarskyi B., Demydov O., Yeritsyan B., Nuriiev R., Iakunin D. Determining electrical losses of the traction drive of electric train based on a synchronous motor with excitation from permanent magnets. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2, Issue 9 (92). P. 29–39. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127936.

[4] Paku R., Popa C., Bojan M., Marschalko R. Appropriate Control Methods for PWM AC - to - DC Converters Applied in Active Line - Conditioning. *EPE-PEMC 2006, Proceedings of the 12'th International Power Electronics and Motion Control Conference*. 2006. P. 573–579.

УДК 620.92

ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

INTRODUCTION OF ALTERNATIVE POWER SOURCES ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

канд. техн. наук В.В. Панченко, Р.О. Харін

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V.V. Panchenko, PhD (Tech.), R.O. Kharin

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На разі доволіно гостро стоїть проблема зменшення енергоспоживання на залізницях України. Існують перспективи впровадження альтернативних та відновлювальних джерел живлення у системи електропостачання (СЕП) власних потреб.

Основними напрямками впровадження альтернативної енергетики на залізниці є:

- живлення систем тягового електропостачання від зовнішньої енергетичної системи, в якій разом з традиційними, функціонують в паралельному режимі і альтернативні джерела електричної енергії.

- живлення власних потреб, об'єктів інфраструктури не тягових споживачів як окремо, так і в паралельному режимі роботи.

Стрімкий розвиток альтернативних та відновлювальних джерел, зокрема,

сонячних батарей та вітрогенераторів та щорічне здешевлення їх вартості стають передумовою для розробки альтернативної системи електропостачання власних потреб тягової підстанції. Дана система може включати як сонячні батареї так і вітрогенераторні установки, а також гібридні конструкції. Застосування того чи іншого варіанту диктується як техніко економічним розрахунком так і кліматичним розташуванням об'єкту модернізації. Для розгляду пропонується проект розташування фотомодулів на даху тягової підстанції постійного струму.

Використання даного рішення дозволить зменшити загальне енергоспоживання ділянки залізниці та наблизити до вирішення питання енергозаощадження на залізничному транспорті України.

[1] Пастушенко, М. С. Перспективи впровадження відновлювальних джерел електричної енергії на залізничному транспорті України / М. С. Пастушенко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. - 2013. №12. - С. 45 - 51.

[2] Гончаров Ю.П., Сыченко В.Г., Босый Д.А., Пастушенко М.С., Косарев Е.Н. Повышение эффективности функционирования тягового электроснабжения при применении возобновляемых источников электрической энергии.

[3] В. Г. Сиченко, О. І. Бондар, М. С. Прихода Аналіз впливу сонячної генерації на роботу тягових підстанцій електрифікованих залізниць.

[4] Полях, О.М. Возможность использования альтернативных источников электроэнергии на собственные потребности тяговой подстанции G [Текст] / О. М. Полях, Ю. О. Кугаєнко, Т. П. Решетняк // «ТРАНСЕЛЕКТРО –2016» ІХ Міжнародна науково-практична конференція (Дніпро, 21–23.12.2016 р.)–Д.: ДНУЗТ, 2016. – с. 26.

УДК 621.314

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА БАЗІ КАРБІДУ КРЕМНІЮ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF POWER ELECTRONICS BY APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES BASED ON SILICON CARBIDE

*канд. техн. наук О.А. Плахтій,
канд. техн. наук В.П. Нерубацький, аспірант Г.А. Хоружевський
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*О.А. Plakhtii, PhD (Tech.),
V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), H.A. Khoruzhevskyi
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Кремній є основним напівпровідниковим матеріалом для виробництва сучасної електроніки. Проте, за останні роки з'явилася нова, більш перспективна технологія, що дозволяє підвищити енергоефективність перетворювальної техніки. Зокрема, в сегменті силової електроніки, найбільш перспективними матеріалами є карбід кремнію (SiC) та нітрид галію (GaN) [1, 2, 3]. Основні фізичні властивості деяких напівпровідників наведено на рис. 1.

У табл. 1 наведено порівняння технічних характеристик силових транзисторів на базі карбіду (Si) та карбіду кремнію (SiC).

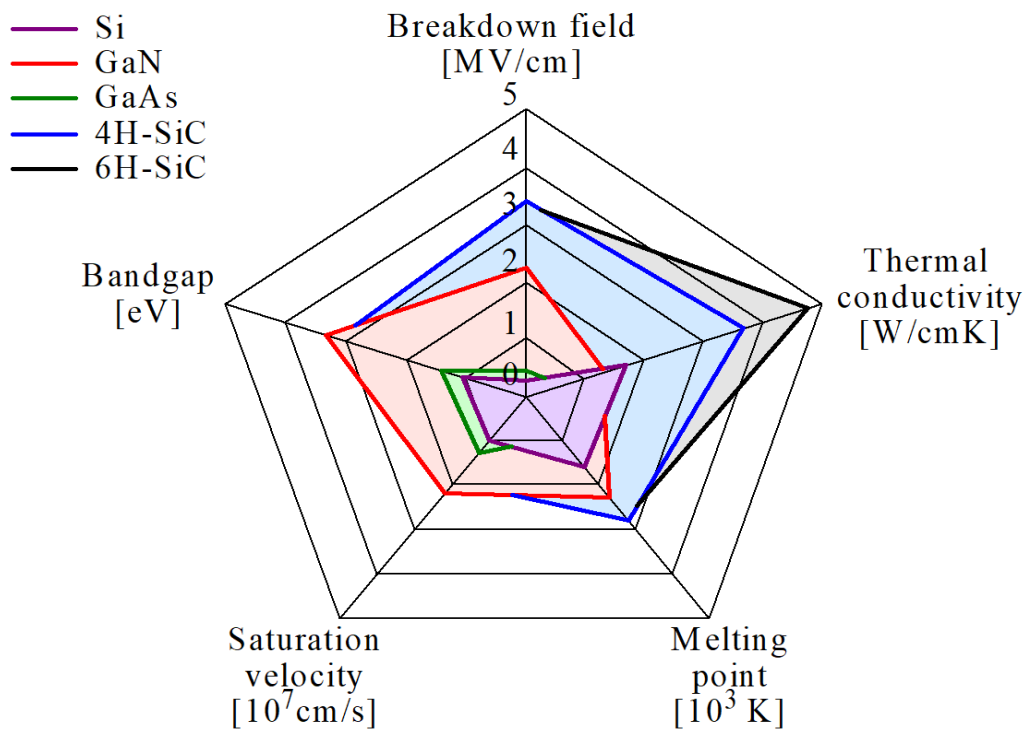


Рис. 1 Фізичні властивості напівпровідникових матеріалів

На рис. 1 введено такі позначення: bandgap – заборонена зона; breakdown field – електричне поле пробою (чим воно вище, тим простіше зробити на основі матеріалу високовольтний прилад); saturation velocity – гранична швидкість носіїв заряду в матеріалі (на три порядки менше швидкості світла); thermal conductivity – теплопровідність (дуже важлива для силових застосувань, так як в них надлишки тепла дуже великі, навіть при дуже великих ККД, і ці надлишки треба відводити від активної області приладу); melting point – температура плавлення, що обмежує робочий діапазон матеріалу.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз характеристик силових транзисторів

Параметр	Порівняння Si та SiC	Переваги
Напруга пробою	У SiC в ≈ 10 разів вище, ніж в Si	Можливість зробити вищу напругу пробою
Дрейфова швидкість насичення електронів	У SiC в ≈ 2 рази вище, ніж в Si	Більш висока швидкодія
Ширина забороненої зони	У SiC в ≈ 3 рази вище, ніж в Si	Більш висока стабільність комутації
Теплопровідність	У SiC більш висока теплопровідність	Більш висока робоча температура
Енергія відновлення зворотного діода	У SiC менша енергія	Менші втрати потужності

Представлений аналіз технічних характеристик існуючих і перспективних технологій виробництва силових напівпровідникових ключів, а саме силових

діодів, Mosfet і IGBT-транзисторів на базі кремнію і карбіду кремнію показав високу перспективність даної технології, а саме:

- енергія включення транзисторів на базі карбіду кремнію в порівнянні з традиційними кремнієвими транзисторами в 3...4 рази менше;
- енергія виключення в 3...6 разів менше;
- енергія відновлення зворотного діода в 20...40 разів менше;
- статичні втрати потужності (падіння напруги на транзисторі у включеному стані в два рази менше);
- вартість транзисторів на базі карбіду кремнію вище на 5...15 % відносно традиційних кремнієвих транзисторів;
- зниження часу перемикання транзисторів веде до зниження динамічних втрат, що в свою чергу веде до значного збільшення максимально можливої частоти комутації силових ключів, зниження втрат і підвищення ККД;
- значно менші масогабаритні показники SiC транзисторів, що є досить значною перевагою для електромобілів, авіації і т. п.

[1] Sadow, S. E., Agarwal, A. *Advances in Silicon Carbide Processing and Applications. Inc.* 2004.

[2] Gevorkyan, E. S., Rucki, M., Kagramanyan, A. A., Nerubatskiy, V. P. Composite material for instrumental applications based on micro powder Al_2O_3 with additives nano-powder SiC. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2019. Vol. 82. P. 336–339. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2019.05.010.

[3] Dey, R., Nath, S. Replacing silicon IGBTs with SiC IGBTs in medium voltage wind energy conversion systems. *2016 7th India International Conference on Power Electronics (IICPE)*. 2016. DOI: 10.1109/iicpe.2016.8079408.

УДК 621.314

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОПОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЯГОВИХ ТРИФАЗНИХ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ

RESEARCH OF TOPOLOGY OF ENERGY EFFICIENT TRACTION THREE-PHASE VOLTAGE INVERTERS

*канд. техн. наук О.І. Семененко, М.М. Одєгов,
канд. техн. наук Ю.О. Семененко, канд. техн. наук О.Д. Супрун
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.I. Semenenko, PhD (Tech.), M.M. Odiehov,
Y.O. Semenenko, PhD (Tech.), O.D. Suprun, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Впровадження швидкодіючих силових ключів на базі *IGBT* забезпечило зростання рівня енергоефективності тягових інверторів рухомого складу за рахунок суттєвого підняття частоти перемикань. Щоправда при цьому динамічні втрати в *IGBT* зростають, знижуючи навантажувальні можливості силових ключів, також виникають круті фронти вихідної напруги перетворювача [1, 2], спричиняючи прискорене старіння ізоляції тягових двигунів і шкідливе електромагнітне випромінювання. Щоб знизити втрати в *IGBT* та обмежити швидкість зростання напруги du/dt і струму di/dt

використовують ланки комутаційного захисту – снабери. Використання дисипативних елементів, які розсіюють енергію, накопичену реактивними елементами снаберів, призводить до значних втрат в ключах і зниження ККД перетворювача.

Можна усунути ці недоліки застосуванням вузлів одноопераційної комутації (ВК) в інверторах напруги [1], що забезпечують реалізацію м'якої комутації силових *IGBT* при нульовій напрузі (*zero-voltage-switching* [3-4]). У цих перетворювачах використовуються бездисипативні снабери, адже алгоритм керування ВК передбачає, що накопичену під час комутації (вимикання *IGBT*) реактивними елементами енергію не розсіюють, вона до наступної комутації повертається до силової ланки.

У першому варіанті топології інвертора (рис. 1, а) фазні ВК на швидкодіючих *IGBT* приєднані до штучної нульової точки (рис. 1, б), що утворена ємнісним дільником напруги [1, 5]. Через асиметрію імпульсів струму ВК інвертора можливий відхід потенціалу нульової точки, що потребує прийняття додаткових заходів для вирівнювання напруги. У другому варіанті [1] замість ємнісного дільника напруги використовується буферний *LC* фільтр у кожному фазному ВКФ (рис. 1, в-г), конденсатори яких повинні мати достатню ємність для стабільного живлення ВК під час процесу підготовки ключа до наступного вмикання при нульовій напрузі.

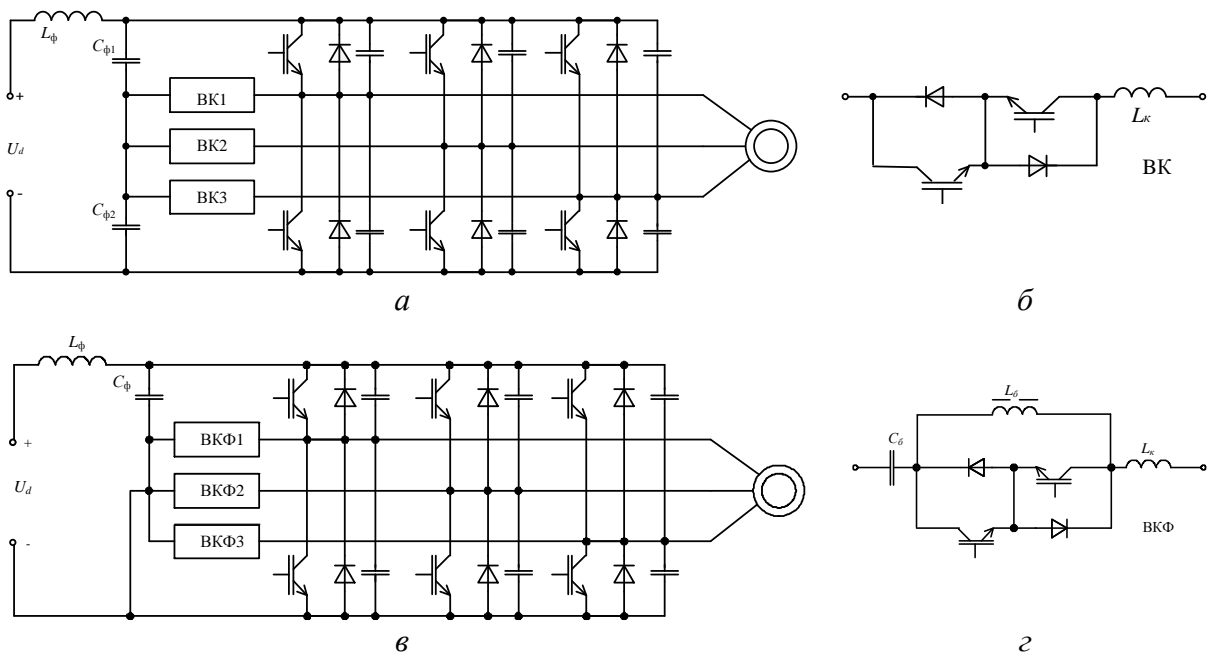


Рис. 1 Варіанти топології тягового трифазного інвертора напруги з ВК

Як бачимо, обоє варіанти топології інвертора напруги з ВК мають свої переваги та свої складнощі у застосуванні. Для вибору кращого варіанту були проведені дослідження надійності реалізації м'якої комутації в силових ключах у різних режимах роботи та проведена оцінка енергетичної ефективності тягового трифазного інвертора напруги з різними ВК на підвищених частотах ШІМ.

Аналітичні дослідження та імітаційне моделювання у пакеті *MATLAB* показало наступне: у ВК трифазного інвертора напруги слід застосовувати чотириквADRантні ключі на *IGBT*, що знімає обмеження діапазону регулювання тривалості імпульсів вихідної напруги; перший варіант топології інвертора напруги має суттєво вищу надійність реалізації м'якої комутації у порівнянні з другим при використанні доопрацьованої схеми живлення ВК; реалізація режиму м'якої комутації у ключах з ВК суттєво покращує масогабаритні показники, енергетичну ефективність тягових перетворювачів та підвищує надійність їх роботи.

- [1] Статичні перетворювачі тягового рухомого складу: Навч. посібник/ Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко, О.І. Семененко, М.В. Хворост/ За ред. Гончарова Ю.П. – Харків, НТУ „ХПІ”, 2007. – 192 с.
- [2] Семененко А.И. Улучшение характеристик бортовых систем питания электроподвижного состава. Дис. канд. техн. наук: 05.22.09. – Харьков, 2003. –179 с.
- [3] He N, Zhu Y, Xu D. Zero-voltage-switching SPWM method for three-phase four-wire inverter. In: Proceedings of IEEE applied power electronics conference, Tampa, USA, 26-30 March 2017, pp. 3436-3443.
- [4] Deng J, Shi K, Zhao A et al. A universal zero-voltage-switching technique for multi-phase AC/DC converter. In: Proceedings of IEEE applied power electronics conference, USA, 17–21 March 2019, pp. 1204–1211.
- [5] Семененко О.І. Реалізація м'якої комутації в силових ключах тягових перетворювачів електрорухомого складу/ О.І. Семененко, М.М. Одегов, Ю.О. Семененко, О.Д. Супрун //Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: 32-а міжнародна науково-практична конференція 2019 р.– Харків: УкрДУЗТ. – 2019. – №4 (Додаток). – С. 66-68.

УДК 629.4-592

**СТРАТЕГІЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ
РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
ТЯГИ**

**STRATEGY OPTIMAL USE OF ENERGY OF REGENERATIVE BRAKING IN
ELECTRIC TRACTION NETWORK**

*А.М. Сидоренко, канд. техн. наук С.І. Яцько,
канд. техн. наук Я.В. Ващенко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*A. Sydorenko, S. Yatsko, PhD (Tech.),
Y. Vashchenko, PhD (Tech.)*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На даний час основним інструментом скорочення тягових енерговитрат міського та приміського електричного транспорту є запровадження ефективного використання рекуперативного гальмування. За різними підрахунками його безбар'єрне використання, дозволяє досягти економії електроенергії від 15% до 40% загальних витрат на тягу (рис. 1, 2) [1].

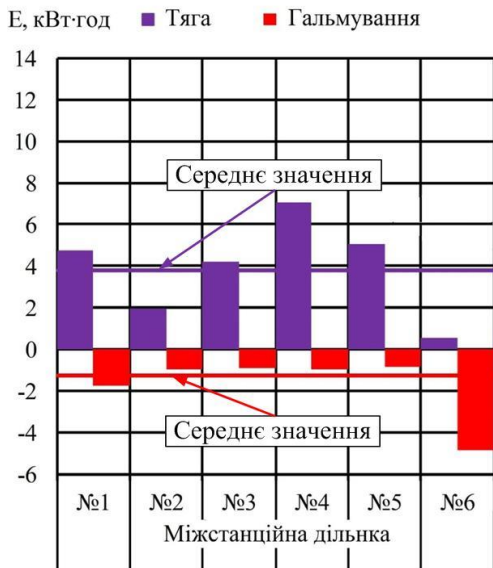


Рис. 1 Енергетична діаграма роботи поїзду метро з асинхронним тяговим електроприводом

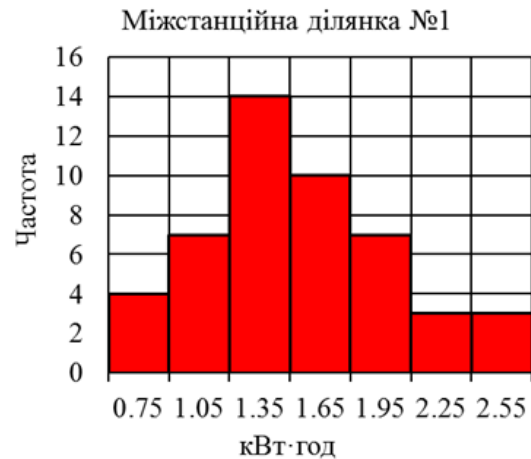
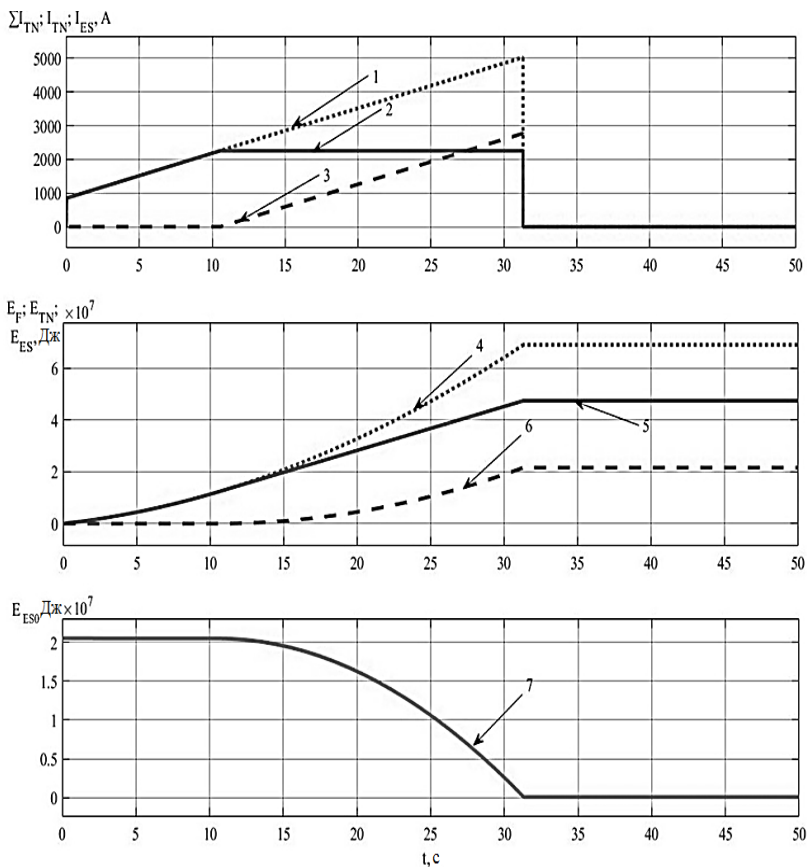


Рис. 2 Гістограма розподілу частот значень енерговідновлення тяговим рухомих складом поїзда метро на міжстанційній ділянці №1

Одним з основних технічних підходів підвищення енергоефективності застосування електричного гальмування, в комплексі, є використання накопичувачів енергії. Інтеграція ємнісного накопичувача енергії в тяговий електропривод рухомого складу дозволяє за рахунок локальної буферизації енергії електричного гальмування виключити вплив нерівномірності величин генерованої та споживаної потужності тяговими навантаженнями на енергоефективність електричного гальмування та досягти зменшення нерівномірності тягового енергоспоживання [2, 3].

Концептуально дана стратегія оптимального використання енергії рекуперативного гальмування передбачає підвищення енергетичних показників роботи системи електричної тяги за рахунок узгодженої роботи тягового електроприводу від двох джерел живлення. Де накопичувач енергії виконує функцію керуваного джерела для стабілізації вхідного струму тягового перетворювача I_{TN} (рис. 3), в моменти реалізації режиму тяги.



1 – Струм споживання тяговим рухомим складом ΣI_{TN} ; 2 – Струм тягової мережі I_{TN} ; 3 – Струм бортового накопичувача енергії, як додаткового джерела живлення тягового електроприводу I_{ES} ; 4 – Енергія, що споживається тяговим електроприводом для забезпечення руху транспортного засобу E_F ; 5 - Частка енергії, що споживається тяговим електроприводом з тягової мережі для забезпечення руху транспортного засобу E_{TN} ; 6 - Енергія, що споживається тяговим електроприводом з додаткового джерела живлення тягового електроприводу під-час оптимізації транзиту потужності з тягової мережі E_{ES} ; 7 - Залишок енергії в бортовому накопичувачі E_{ES0}

Рис. 3 Осцилограми протікання оптимізації транзиту потужності через контактну мережу за рахунок бортового накопичувача енергії

Ступінь її ефективності визначається трьома складовими, а саме: збалансованістю значення енергоємності накопичувача, шириною зони невизначеності прогнозу тягового енергоспоживання та адекватністю математичної моделі накопичувача у фазі зберігання накопиченої енергії в межах одного циклу «заряд-розряд». Результати статистичного аналізу продемонстрували, що у зв'язку з присутністю випадкових факторів впливу на значення тягового енергоспоживання та енерговідновлення, ми можемо лише з певною ймовірністю прогнозувати протікання тягового енергоспоживання. Тобто можлива присутність хибних рішень про початок оптимізації транзиту потужності.

[1] S. Yatsko, A. Sidorenko, Ya. Vashchenko, B. Lyubarskyi, B. Yeritsyan, "Method to Improve the Efficiency of the Traction Rolling Stock with Onboard Energy Storage", *International Journal of Renewable Energy Research*, vol.9, No.2, June, 2019;

[2] А. Сидоренко «Моделювання тягового-енергетичних процесів у системі електричної тяги» Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2020. вип. 35

[3] S. Yatsko, B. Sytnik, Y. Vashchenko, A. Sidorenko, B. Liubarskyi, I. Veretennikov, and M. Glebova, "Comprehensive approach to modeling dynamic processes in the system of underground rail electric traction," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1, no. 9 (97), pp. 48–57, Jan. 2019;

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ
ВАГОНІВ-ПЛАТФОРМ З 25 РІЧНИМ СТРОКОМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**DETERMINATION OF RESIDUAL RESOURCE OF PLATFORM CARS
LOAD-BEARING STRUCTURES WITH A 25-YEAR SERVICE LIFE**

**О.В. Фомін¹, докт. техн. наук, Г.Л. Ватуля², докт. техн. наук, М.І. Горбунов³,
докт. техн. наук, А.О. Ловська², канд. техн. наук, V. Píšťek³, D.Sc. (Tech.),
P. Kučera⁴, PhD (Tech.)**

¹Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

³Східноукраїнський національний університет імені В. Даля (м. Сєвєродонецьк)

⁴Institute of Automotive Engineering, Brno University of Technology (Brno, Czech Republic)

**O.V. Fomin¹, D.Sc. (Tech.), G.L. Vatulia², D.Sc. (Tech.), M.I. Horbunov³,
D.Sc. (Tech.), A.O. Lovska², PhD (Tech.), V. Píšťek³, D.Sc. (Tech.),
P. Kučera³, PhD (Tech.)**

¹State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

³Volodymyr Dahl East Ukrainian National University (Severodonetsk)

⁴Institute of Automotive Engineering, Brno University of Technology (Brno, Czech Republic)

Україна здавна була перехрестям стратегічно важливих міжнародних транспортних коридорів. На сьогоднішній день вона є ланкою, яка забезпечує транспортну логістику між державами Європи та Азії. З метою підвищення об'ємів перевезень через територію України набули розвитку комбіновані транспортні системи, зокрема контейнерні та контрейлерні.

Відомо, що одним з найбільш затребуваних типів вагонів у міжнародному комбінованому сполученні є вагони-платформи. Для підвищення ефективності використання вагонів-платформ у міжнародному сполученні здійснюється їх модернізація, яка полягає у встановленні на несучу конструкцію стаціонарних або відкидних фітингових упорів. Це дозволяє пристосувати несучі конструкції універсальних вагонів-платформ до комбінованих перевезень – контейнерних.

Рівень поповнення вагонного парку України за останні роки є досить незначним. У зв'язку з цим доцільним є визначення залишкового ресурсу експлуатованих вагонів-платформ та розгляд можливості щодо подовження строку їх експлуатації для залучення до перевезень у міжнародному сполученні. Це дозволить забезпечити ефективність комбінованих перевезень у міжнародному сполученні та зміцнення зовнішньоекономічних позицій України на ринку транспортних послуг.

З метою подовження строку експлуатації несучої конструкції вагона-платформи використано методику, наведену в [1]. Дана методика дозволяє визначити залишковий ресурс елементів несучих конструкцій кузовів вагонів з урахуванням імовірності їх відмов в експлуатації та максимальних значень

еквівалентних напружень. В якості вхідних параметрів до даної методики використані геометричні розміри основних несучих елементів рам вагонів-платформ (хребтова балка та основні повздовжні), що мають строк експлуатації близько 25 років. Для їх визначення проведені натурні дослідження на базі вагонного депо Основа філії Південна залізниця АТ “Укрзалізниця”. Величиною, яка вимірювалася під час натурних досліджень є товщина стійки двотавра. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що проектний строк експлуатації хребтових та повздовжніх балок досліджуваних вагонів-платформ з урахуванням подовження складає не менше 18 років.

На наступному етапі здійснено визначення основних показників міцності несучої конструкції вагона-платформи з найбільшою величиною зносу, зафіксованої під час натурних досліджень. Розрахунок на міцність проведений за методом скінчених елементів, який реалізований в середовищі програмного комплексу SolidWorks Simulation (CosmosWorks). Визначення оптимальних розмірів сітки здійснено за графоаналітичним методом [2]. В якості скінчених елементів застосовувалися десятивузлові ізопараметричні тетраедри. На підставі проведених розрахунків зроблений висновок, що максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні взаємодії хребтової балки зі шворневою та дорівнюють 337,5 МПа. Максимальні переміщення в вузлах несучої конструкції вагона-платформи зафіксовані в середній частині рами – 8,6 мм. Отже міцність несучої конструкції вагона-платформи забезпечується [3, 4]. З метою використання вагона-платформи для контейнерних перевезень є можливим встановлення на його несучу конструкцію фітингових упорів [5].

Для визначення оцінки ходу вагона-платформи проведено математичне моделювання динамічної навантаженості його несучої конструкції. Встановлено, що прискорення несучої конструкції вагона-платформи в центрі мас складає 5 м/с^2 (0,5g). Прискорення несучої конструкції вагона-платформи в зонах спирання на візки становить близько $7,5 \text{ м/с}^2$ (0,75g). Прискорення візків вагона-платформи дорівнює близько 10 м/с^2 (1,0g). Отримані результати дозволяють зробити висновок, що оцінка ходу вагона є “відмінною”.

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності використання вагонів-платформ, а отже і перевізного процесу в міжнародному сполученні.

[1] Афанасьев А. В. Совершенствование методики оценки технического состояния и расчетного обоснования продления срока службы полувагонов. *Транспорт Урала*. №1, 2008. С 49-52.

[2] Vatulia G., Falendysh A., Orel Y., Pavliuchenkov M. Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia Engineering*. Vol. 187, 2017. P. 301–307.

[3] Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних): ДСТУ 7598:2014 – [Чинний від 2015-07-01]. – К.: МИНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ, 2015. – 250 с. – (Національний стандарт України).

[4] Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам: ГОСТ 33211-2014. – [Чинний від 2014-12-22]. – М.: Стандартинформ, 2016. – 53 с. – (Межгосударственный стандарт).

[5] Fomin O., Lovska A., Pištěk V., Kučera P. Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry. *MM SCIENCE JOURNAL*. Vol. 1, 2020. P. 3728 – 3733.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДИНАМІЧНОЇ
НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИТОГО ВАГОНА
ПРИ ВЕДЕННІ З НЬОГО ВОГНЯНОЇ ДІЇ У ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ
ПЛОЩИНІ**

**DETERMINATION OF THE REGULARITIES OF THE COVERED WAGON
SUPPORTING STRUCTURE DYNAMIC LOADING WHEN CONDUCTING
FIRE FROM IT IN THE HORIZONTAL PLANE**

*О.В. Фомін¹, докт. техн. наук, А.О. Ловська², канд. техн. наук, J. Gerlici³,
D.Sc. (Tech.), Ю.В. Фоміна³, Д.В. Федосов-Ніконов⁴, канд. те хн. наук,
П.М. Прокопенко¹*

¹Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

³University of Zilina in Zilina (Zilina, Slovakia)

⁴Державне підприємство “Український науково-дослідний інститут вагонобудування” (м. Кременчук)

*O.V. Fomin¹, D.Sc. (Tech.), A.O. Lovska², PhD (Tech.), J. Gerlici³, D.Sc.
(Tech.), Yu. V. Fomina³, D. V. Fedosov-Nikonov⁴, PhD (Tech.),
P.M. Prokopenko¹*

¹State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

³University of Zilina in Zilina (Zilina, Slovakia)

⁴State Enterprise “Ukrainian Research Institute of Wagon Building” (Kremenchuk)

Розвиток залізничної галузі на сучасному етапі функціонування транспортної системи вимагає впровадження в експлуатацію інноваційних конструкцій рухомого складу, зокрема вагонів. При цьому особлива увага повинна приділятися їх несучим конструкціям. Мова йде не тільки про покращення техніко-економічних показників, впровадження нових прогресивних матеріалів, а і створення мультифункціональних конструкцій [1–3]. Під мультифункціональністю несучої конструкції розуміється можливість здійснювати більше ніж одну функцію. Тому пропонується впровадження в експлуатацію вагонів, які забезпечували б можливість не тільки перевезення вантажів, а також використання, наприклад, у військово-стратегічних цілях країни, що на сьогоднішній день є досить актуальною та важливою задачею.

Відомо, що найбільшого розповсюдження для перевезення військової техніки дістали вагони-платформи. Однак для перевезення військової техніки, яка потребує захисту від атмосферних опадів використання цих вагонів не є доцільним. Тому пропонується впровадження в експлуатацію критих вагонів для перевезення військової техніки, а також можливості ведення вогняної дії при русі.

Важливо зазначити, що питанню проектування таких вагонів досі не приділялося належної уваги. Крім того, нормативна база у відповідності до якої

здійснюється проектування сучасних конструкцій вагонів не враховує навантажень, що можуть діяти на них при веденні вогняної дії. Це викликає необхідність проведення досліджень в даному напрямку та створення відповідних рекомендацій.

У зв'язку з цим, авторами проведено дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції критого вагона для перевезення військової техніки та ведення вогняної дії. Для цього складено математичну модель, яка враховує вертикальні та кутові відносно повздовжньої осі (бокова хитавиця) переміщення несучої конструкції вагона при пострілі. Визначено прискорення, як складові динамічного навантаження, що діють на несучу конструкцію вагона. Встановлено, що прискорення, які діють на несучу конструкцію вагона у вертикальній площині складають близько $6,0 \text{ м/с}^2$ (0,6 g). У горизонтальній площині прискорення склали $2,6 \text{ м/с}^2$ (0,26 g). Тобто хід вагона можна оцінити як “задовільний” [4, 5].

Для зменшення динамічної навантаженості вагона при веденні вогняної дії запропоновано встановлення пружних амортизаторів коливань під опорні сектори. При цьому горизонтальні прискорення склали близько 2 м/с^2 (0,2 g). З урахуванням запропонованих технічних рішень динамічна навантаженість вагона знижується у порівнянні з жорсткою взаємодією сектора з рамою близько на 25%.

Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції критого вагона. В якості розрахункового використаний метод скінчених елементів, реалізований в програмному комплексі CosmosWorks. Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені в зоні розміщення передніх упорів та складають близько 315 МПа. Отже максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції критого вагона не перевищують допустимі [4, 5]. Максимальні переміщення при цьому склали близько 3 мм. Максимальні деформації дорівнюють $5,46 \times 10^{-3}$.

Також в рамках дослідження проведений модальний аналіз несучої конструкції критого вагона. Встановлено, що значення власних частот коливань знаходяться в межах допустимих.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проектування критих вагонів для перевезення військової техніки та ведення вогняної дії, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту.

[1] Fomin O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model. *Metallurgical and Mining Industry*. No. 1, 2015. P. 45–48.

[2] Vatulia G., Falendysh A., Orel Y., Pavliuchenkov M. Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia Engineering*. Vol. 187, 2017. P. 301–307.

[3] Ловська А. О. Визначення навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при пружно-в'язкій взаємодії фітінгів з фітінговими упорами. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Вип. 184, 2019. С. 6–19.

[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]. – К.: МИНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ, 2015. – 250 с. – (Національний стандарт України).

[5] Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам: ГОСТ 33211-2014. – [Чинний від 2014-12-22]. – М.: Стандартиформ, 2016. – 53 с. – (Межгосударственный стандарт).

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ У СИЛОВОМУ ЛАНЦЮЗІ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ
SIMULATION OF ENERGY STORAGE OPERATION CONTROL IN THE POWER CHAIN OF MANEUVERING LOCOMOTIVES

канд. техн. наук Р.О. Яровий

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

R. Yarovii, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Запропоновані методи управління роботою комбінованого накопичувача енергії у силовому ланцюзі маневрових локомотивів. Визначені параметри комбінованого накопичувача енергії та алгоритми управління енергетичною системою маневрового локомотива, що дозволяє реалізувати прийнятну стратегію управління накопиченням та вивільненням енергії в тяговому приводі, для різних типів маневрової роботи [1,2].

Для автоматизації процедури накопичення енергії у силових конденсаторах доцільно контролювати струму заряду та розряду, забезпечити контроль рівня напруги, контроль температури та автоматичне відключення при виникненні пошкоджень. При виконанні розряду конденсаторів також необхідно стежити за залишковим напругою і температурою.

Запропонована на рис. 1 структурно-функціональна схема містить умовні позначення необхідних компонентів і зв'язків між ними, що дозволяє зробити висновок про можливість реалізації проекту і продовження розробки в деталях.

Схема автоматизації контролю та управління конденсаторною батареєю побудована на однотипних осередках силової частини по числу конденсаторних збірок та відповідних контрольно-вимірювальних і виконавчих схем і загальної схеми управління[3].

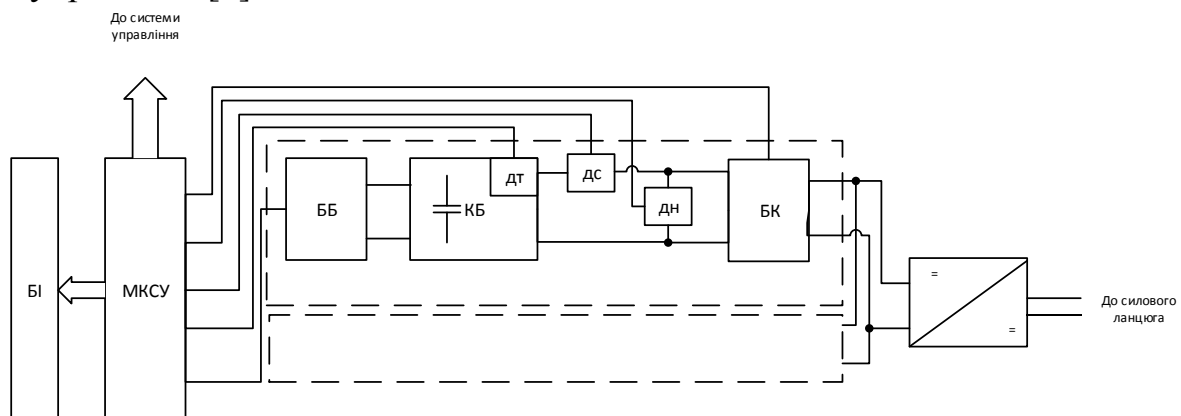


Рис. 1 Структурно-функціональна управління конденсаторними секціями накопичувача

Система складається з МКСУ мікропроцесорної системи управління НЕ, блоку ББ балансирів з розподілом зарядних та розрядних струмів, блоку БК управляємим вимикачів які для відєднання секцій конденсаторів, БІ блок

індекації та датчиків ДТ – датчик.

Для визначення необхідного значення ємності блоку суперконденсаторів та акумуляторної батареї розглянемо процес перетворення кінетичної енергії в електричну під час гальмування.

Енергія конденсаторних блоків може бути оцінена за формулами:

$$E_C = \frac{CU^2}{2} \quad (1)$$

Коефіцієнт використання силових конденсаторів розраховуємо за формулою

$$K_u = \frac{E_{C_{\max}} - E_{C_{\min}}}{E_{C_{\max}}} = 1 - \left(\frac{U_{C_{\min}}}{U_{C_{\max}}} \right)^2 \quad (2)$$

Відповідно до виразу на рис. 2 побудовано графік залежності коефіцієнта використання енергії конденсатора від співвідношення мінімального і максимального значення напруги заряду C . Як видно з представленої залежності, доцільно розряджати C до мінімальної напруги $\leq 20\%$ від максимальної[4]. При цьому коефіцієнт використання енергії конденсаторної батареї буде максимальним.

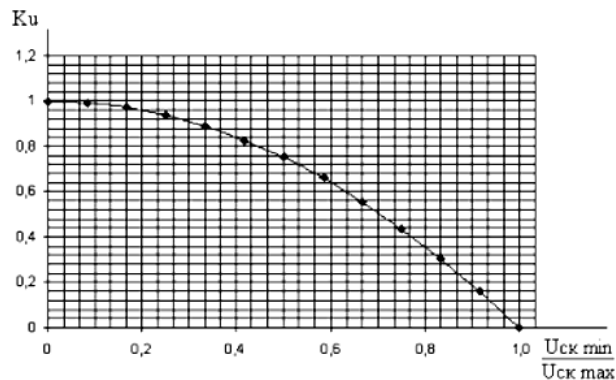


Рис. 2 Залежність коефіцієнта використання енергії конденсатора від співвідношення мінімального і максимального значення напруги заряду

Значення ємності конденсаторного блоку з урахуванням коефіцієнта використання

$$C = \frac{2,1A_C}{U_{C_{\max}}^2} = \frac{2,1A_{зал}}{U_{C_{\max}}^2} \eta \quad (3)$$

Отже, сумарна енергія конденсаторного накопичувача повинна дорівнювати вивільняємій енергії під час електродинамічного гальмування, що дозволить максимально зменшити витрати палива при маневровій роботі.

[1] Akli C.R. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms / C.R. Akli, B. Sareni, X. Roboam, A. Jeunesse // International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 2009, vol. 30 (n°3-4). – pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
 [2] Lohner A. Intelligent Power Management of a Supercapacitor Based Hybrid Power Train for Light-Rail Vehicles and City Busses / A. Lohner, W. Evers // IEEE 35th Power Electronics Specialist Conference, 2004. – pp 672 – 676.
 [3] Yap H.T. Hybrid Energy/Power Sources for Electric Vehicle Traction Systems / H.T. Yap, N. Schofield, C.M. Bingham // IEEE Power Electronics, Machines and Drives Conference, 2004. – pp 61 – 66.
 [4] Cousineau R. Development of a Hybrid Switcher Locomotive / R. Cousineau. // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, February, 2006. – pp. 25-29.

Секція
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА СПОРУД
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

UDC 621.311.2

ENVIRONMENTAL EMPACT OF A SMALL SOLAR THERMAL
ELECTRICITY GENERATION UNIT

*Paul Koltun¹, PhD (Tech.), Vasyl Klymenko², Grand PhD (Tech.),
Valentyn Soldatenko², PhD (Tech.), Serhii Kononchuk², PhD (Tech.),
Ruslan Teliuta², PhD (Tech.)*

¹Victoria University (Melbourne, Australia)

²Central Ukrainian National Technical University (Kropyvnytskyi, Ukraine)

Solar thermal electricity (STE) may be defined as the process by which collected solar energy is converted to electricity through the use of some kind of heat-to-electricity conversion device. STE probably has the greatest potential of any single renewable energy process and it can be economically competitive with coal-generated electricity if environmental costs are accounted for [1].

Although STE using renewable energy (energy from Sun) to produce electricity its environmental impact is not equal to zero. To estimate such impact a life cycle assessment (LCA) study has been conducted. The study has been divided in two parts: 1) design of most appropriate STE system in terms of its overall efficiency, cost effectiveness and environmental impact based on published in the literature results [2, 3] and 2) estimation of potential environmental impact of the adopted system in the frame work of LCA methodology. To estimate environmental impact of the adopted STE the whole life cycle approach is adopted, taking into account: a) production and assembly of components and b) operation and disassembly and recycling of the STE unit (STEU). By chaining all processes the assessment of the total impact on the environment and on energy and material resources demand can be done over the whole life cycle of the STE system.

The major components of the system (shown in Figure 1) are briefly described below:

1. Solar collector: two parabolic troughs working in parallel driven by tracking device govern by control unit.

2. Receiver and Heat Transfer Fluid: the main feature of receiver is to covert the energy of solar radiation to heat energy using a heat transfer fluid (HTF), which transfers the absorbed energy further down to a device converting heat to mechanical energy.

3. The feed pump: is pumping working fluid (water-ammonia mixture) back to the receiver to close thermodynamic cycle.

4. A synchronous generator: the generator is seating on the scroll micro-turbine shaft generates direct current (DC) (The DC is converting to alternate current (AC) with voltage of 240V, which can be consumed on the spot or supplied to the grid).

The functional unit for the study is assumed to be the STEU itself, i.e. a system that produces an average of 3kW electrical energy from solar radiation. The overall efficiency of the STE system is 20%. Hot water production (from the heat rejected within thermodynamic cycle) is not taken into account as it requires additional knowledge regarding its usage.

The list of materials required directly or indirectly for the life cycle of the proposed STE system has been obtained through SimaPro8.0 modeling [4] based on inventory data for Australian conditions. The dominating resources are metal ores (iron, copper, bauxite), fossil fuels (coal, natural gas, crude oil) and commodities for glass making (calcite, limestone, gravel) and some other miner resources mostly used as alloying metals for steel making including stainless steel and for glass mirrors coating (silver).

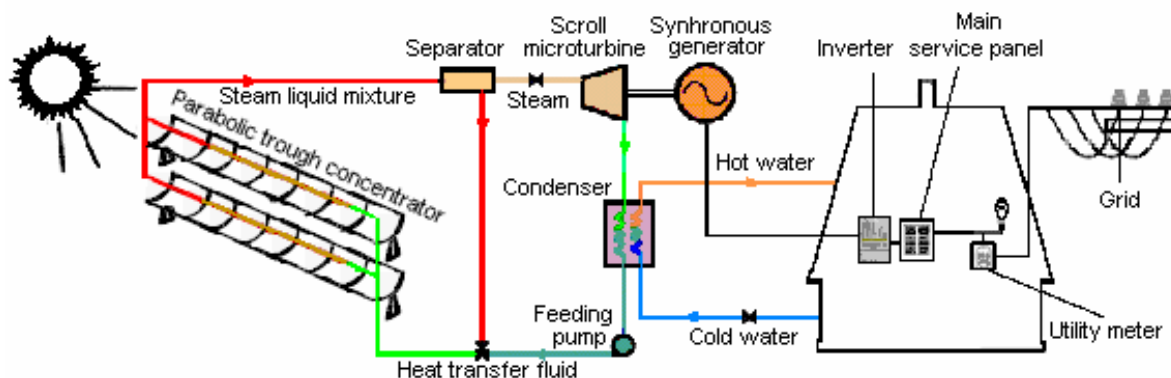


Fig. 1. Schematic of the proposed solar thermal electricity generation unit.

Based on results obtained for the energy consumption, greenhouse gas (GHG) emissions for the whole LCA of the STEU under consideration, and methodology adopted in [5] the energy and GHG emissions payback time have been calculated. Those figures are: 0.45 years and 1.95 years for the energy and GHG, consequently.

These figures show a great energy and environmental advantage of the system (less than a year for energy and less than 2 years for GHG). Even including the variability related to raw material eco-profiles and the uncertainties regarding different life cycle steps, it has been estimated that in pessimistic scenarios, the payback times are less than 4 years for the Australian conditions. It could be expected that those figures would slightly higher for Ukrainian conditions.

Overall, obtained results state a positive qualitative judgment for the environmental performances of the small scale solar thermal electricity production system that is not sensibly influenced by all the study uncertainties.

- [1] Clean Energy Australia, Report, Publisher: Clean Energy Council, Published 30 May, 2018, <https://apo.org.au/node/173956> (retrieved: August 2018).
- [2] Ximenes A. et al. Life cycle costing as a bottom line for the life cycle sustainability assessment in the solar energy sector: A review, *Solar Energy*, V.192, 2019, pp. 238-262. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.04.011>
- [3] Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecast, Report, Department of Energy and National Renewable Energy Laboratory, SL-5641 May 2003, USA. <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34440.pdf>
- [4] Simapro 8.0 – the software tool to analyse and develop environmentally sound products, Pre Consultants B.V., Amersfoort, The Netherlands, 2015.
- [5] Koltun P., Tharumarajah A. LCA of PV system included into distributed energy grid in Australia, Report, CSIRO, 2007.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСІДАНЬ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ ПІД ВПЛИВОМ
ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**THE ANALYSIS OF SETTLEMENTS OF FOUNDATION SOILS UNDER
DYNAMIC LOADS IMPACT**

канд. техн. наук В.А. Александрович¹, О.В. Гаврилюк¹

¹ Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

V.A. Aleksandrovych¹, PhD (Tech.), O.V. Havryliuk¹

¹ O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

В сучасних дослідженнях [1, 2] по в основному виділяють три фази деформування основи в залежності від динаміки розвитку деформації ґрунтової основи підданої впливу вібраційних навантажень. Фаза 1, зазвичай, має місце при відносно невеликих статичних і динамічних навантаженнях, осідання основи в ній відбувається за рахунок зменшення пористості ґрунту. Фаза 2 характеризується розвитком значних пластичних деформацій в масиві ґрунту котрі мають слабку тенденцію до затухання весь період дії динамічних навантажень і майже миттєво стабілізуються після їх зняття [3]. Ці осідання, в основному, мають місце в піщаних (у тому числі після досягнення максимальної їх щільності) водонасичених ґрунтах, але за певних умов можуть виникати і у неводонасичених пісках і навіть у глинистих ґрунтах. Фаза 3 характеризується руйнівним характером без тенденції до стабілізації. Втрати стійкості фундаменту відбувається з великою швидкістю, ґрунт в даному випадку розглядається дослідниками як в'язке середовище, а саме явище отримало назву – розрідження ґрунтів [4, 5].

Дослідження параметрів динамічних коливань проводилися на виробничому майданчику діючого підприємства з виробництва яхт та катерів у Харківській області. Оскільки даний тип виробництва пов'язаний із використанням поліефірних смол, інших летючих речовин та зварюванням то при проектуванні будівлі було закладено потужні вентиляційні системи котрі приводяться в дію потужними промисловими радіальними вентиляторами.

Будівля нового виробничого корпусу має загальні розміри 78,0 x 36,0 м. Об'єкти дослідження – потужні радіальні вентилятори розміщені вздовж тильного фасаду будівлі встановлені на власних фундаментах (рис. 1).

Дослідження параметрів вимушених коливань конструкцій та фундаментів вентиляційної системи нового виробничого корпусу по виробництву яхт та катерів у Харківській області демонструє, що питання визначення параметрів вимушених коливань складних інженерних та геометричних систем аналітичними методами часто є неможливим, або невиправдано трудомістким.

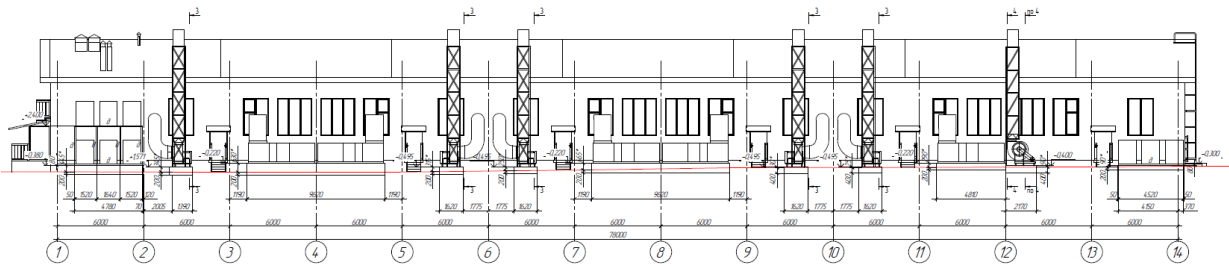


Рисунок 1 – Схема розміщення вентиляційних установок вздовж фасаду 1-14

Зважаючи на можливі ризики для фундаментів та пов'язаних надземних конструкцій за умови їх влаштування на піщаних природних чи штучних основах ігнорувати дане питання неможливо. В такому випадку найбільш раціональним вбачається вживання всіх доступних заходів щодо зменшення можливого негативного впливу вібрацій, таких, як балансування обертаючихся та рухомих частин, влаштування демпферів між конструкціями та фундаментами, а також, за необхідності, влаштування протівібраційних екранів у масиві ґрунту для перешкоджання розповсюдження вібраційних хвиль на фундаменти сусідніх будівель.

В рамках даного дослідження встановлено, що параметри вимушених коливань у стаціонарному режимі роботи досліджуваного динамічного обладнання знаходяться у безпечних межах для даного типу основи. Також слід відзначити, що сталий режим роботи динамічного обладнання є найбільш енергоефективним з точки зору як ККД цього обладнання так і його довіговічності.

Додатково визначено, що передачі вібрацій на фундаменти цеху не відбувається. Отже вплив на режим роботи фундаментів і конструкцій будівлі відсутній.

Однак час до часу слід спостерігати за станом інвентарних заводських демпферів, через погіршення властивостей котрих можлива зміна динамічного режиму роботи фундаментів в стотрону погіршення їх експлуатаційних характеристик.

[1] Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. Ленинград: Строиздат, 1979. 200 с.

[2] Кудрявцев И.А. Влияние вибрации на основания сооружений. Гомель: БелГУТ, 1999. 274с.

[3] Винников, Ю.Л. Вплив вібраційного режиму котків на ущільнення малозв'язних розкривних порід [Текст]. *Зб. наук. праць (Галузеве машинобуд., буд-во)*. Полтава: ПНТУ, 2009. Вип. №25. С. 40 – 49.

[4] Aleksandrovych V. Structure-soil massif system behavior features under static and dynamic loads. *Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Paris. 2013. P. 1627 – 1629.

[5] S.I. Kim. Effects of irregular dynamic loads on soil liquefaction. *Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Osaka: IOS Press, 2005. 2673 – 2676.

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЛОКОМОТИВА
ТА ВИТРАТ РЕСУРСІВ З ВРАХУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ З СИСТЕМ
ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ**

**DETERMINATION OF RATIONAL LOCOMOTIVE OPERATING MODES
AND RESOURCE COSTS BASED ON INFORMATION FROM GLOBAL
POSITIONING SYSTEMS**

*М.А. Барибін¹, д-р тех. наук А.П. Фалендиш²,
канд. тех. наук В.О. Гатченко³, канд. тех. наук О.В. Клецька²,
О.В. Кіріцева²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

²Приазовський державний технічний університет (м.Маріуполь)

³Державний університет інфраструктури і технологій (м.Київ)

*М.А. Barybin¹, A.P. Falendysh², DSc. (Tech)
V.O. Hatchenko³, PhD (Tech), O.V. Kletska², PhD (Tech), O.V. Kiritseva²*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Priazovsky State Technical University (Mariupol)

³State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Раціональність використання паливно-енергетичних ресурсів на тягу поїздів, як основної складової собівартості перевезень [2], в умовах боротьби різних видів транспорту за потоки вантажів базується на максимізації коефіцієнта корисної дії локомотива в залежності від швидкості та позиції контролера машиніста. В літературних джерелах даний параметр заданий графічно [2] в габаритах, які не дозволяють повноцінно обрати режим роботи локомотива у всьому діапазоні швидкостей.

Впровадження засобів мікропроцесорного управління в локомотивну службу залізниці висуває вимоги до оптимізації режимів роботи тягового рухомого складу [3]. Тому використаємо для визначення оптимальної позиції контролера машиніста криві витрати енергоресурсів та гіперболічні характеристики сили тяги. Інтерпретація вказаного твердження базується на потребі визначення величини сили тяги яку ми отримуємо при вказаній витраті умовного палива. Отримане значення є коефіцієнтом тягових витрат, математичне відображення якого визначимо за допомогою виразу:

$$\eta_{TB} = \frac{F_{k_v}}{G_v}$$

де F_{k_v} – сила тяги локомотива і-ої позиції на j-ій швидкості руху, кН;

G_v – витрата умовного палива тягового рухомого складу і-ої позиції на j-ій швидкості руху, кг/год чи кВт/год (в залежності від типу локомотива).

Прогнозування витрат паливно-енергетичних ресурсів та жорсткий

контроль за їх дотриманням може призвести до зменшення видатків на тягу [1, 2, 5]. Базою для оптимізації є навчання локомотивних бригад вірному використанню потенційно-кінетичної енергії в процесі переміщення поїзда, підтримання справного технічного стану та визначення основного опору рухомого складу. Встановлення на електровозах систем глобального позиціонування відкриває можливості отримання точних значень [4] параметрів переміщення рухомого складу у просторі, і як наслідок на базі закону збереження механічної енергії визначати величини сил опору руху. В своїй більшості робота локомотива направлена на подолання цих сил. Результатом проведеної роботи стане зменшення енергетичних витрат на тягу поїздів за рахунок врахування фактичного стану рухомого складу, профілю колії та врахування даних системного довгострокового спостереження за динамікою їх зміни. В процесі експлуатації елементи екіпажної частини, внаслідок взаємодії між собою, зношуються, що характеризує якість функціонування рухомого складу [3] та витрати ресурсів [2]. Тому виникає потреба знайти величину зміни зносу деталей та оцінити їх вплив. З метою встановлення сил опору руху реального поїзда виникає потреба діагностувати їх в режимі реального часу. Це можливо лише при використанні виразу, який може враховувати всі фактори впливу на рухомий склад, закону збереження механічної енергії. Тому вирішенням даної проблеми є розробка на базі закону збереження механічної енергії з використанням даних блоків GPS/ГЛОНАСС рівняння опору руху та визначення зношеності екіпажної частини.

Вибір раціонального режиму роботи локомотива дозволить знизити ресурси на тягу, розробити рекомендації локомотивним бригадам по економічному веденню поїзда і встановити оптимальні вагові норми для кожного виду тягового рухомого складу.

[1] Михеев В.А. Оценка эксплуатационной экономичности дизельных локомотивов на заданом участке обслуживания. Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015., №1(41). С.91-96.

[2] Осипов С.И., Осипов С.С. Основы тяги поездов. Учебник для студентов техникумов и колледжей жезнодорожного транспорта. Москва: УМК МПС России, 2010. 592 с.

[3] Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Артеменко О.В. Програмный комплекс выбора системы технической эксплуатации маневрового тепловозу. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016., №1. С.54-61.

[4] Черемисин В.Т. Роль информационных технологий в обеспечении надежности локомотива. Локомотив. 2017, № 9 с. 2-4.

[5] Наказ №204-Ц. Положення про інспекцію з контролю ефективності використання енергоресурсів Укрзалізниці. Введ. 2014-05-16. Київ:, 2014. 10 с.

**МЕНЕДЖМЕНТ РОБОТИ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ПЕРСОНАЛУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ВИНИКНЕННІ НЕСПРАВНОСТІ
ЧИ НЕЗНАЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ВІД НОРМИ**

**MANAGEMENT OF THE OPERATION OF RAILWAY ROLLING STOCK
AND PERSONNEL IN THE EVENT OF A MALFUNCTION OR MINOR
DEVIATIONS FROM THE NORM**

*М.А. Барибін, канд. тех. наук А.О. Каграманян,
канд. тех. наук Д.А. Іванченко, Д.Е. Сулежко
Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)*

*M. A. Barybin, A.O. Kagramanyan, PhD (Tech),
D.A. Ivanchenko, PhD (Tech), D.E. Sulezhko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Надійність функціонування рухомого складу в загальному впливі на економіку країни є дуже важлими [1]. Поява несправностей та дефектів в роботі може призвести до екомонічних, соціальних та репутаційних втрат Укрзалізниці на ринку транспортування [4]. Визначення причини появи несправностей і відмов залізничної техніки, особливо після проведеного планового ремонту є складним завданням, що пояснюється різноманіттям факторів, що їх викликають. Проте всі вони зводяться до людського фактору на тому чи іншому етапі життєвого циклу, загальний вид зображення причин виходу з ладу рухомого складу наведений на рисунку 1.

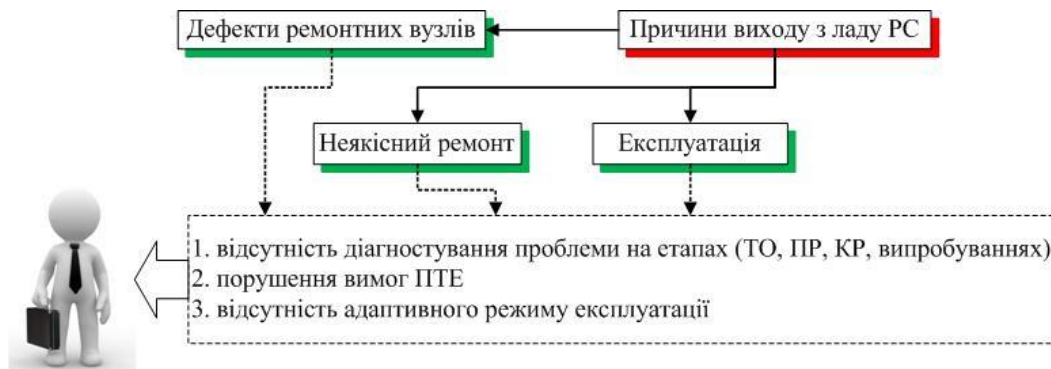


Рис. 1 Схематичне зображення причин виходу з ладу рухомого складу

В ході роботи визначено причини, до яких відносяться особливості конструкції рухомого складу різних типів, особливості несправностей і руйнувань для конкретних серій і моделей вузлів і агрегатів. Наведено і проаналізовано основні причини важких ушкоджень, які можуть бути визначені з високою достовірністю, якщо використовувати просту методику, в якій всі відомі ознаки пошкоджень розбити на головні, що підтверджують і уточнюють. Проведено аналіз наявності та важливості зазначених ознак з використанням

діаграм Ісікави та Парето при розслідуванні причин виникнення несправності рухомого складу після планового ремонту [2, 3]. Проведене дослідження дає можливість вибрати робочу версію причини несправності, яку потім також швидко підтвердити і уточнити за іншими ознаками – підтверджуючим і уточнюючим. На базі вказаних тверджень було запропонований алгоритм оптимізації менеджменту роботи персоналу та схематизації дій при виникненні несправності в процесі ремонту чи експлуатації.

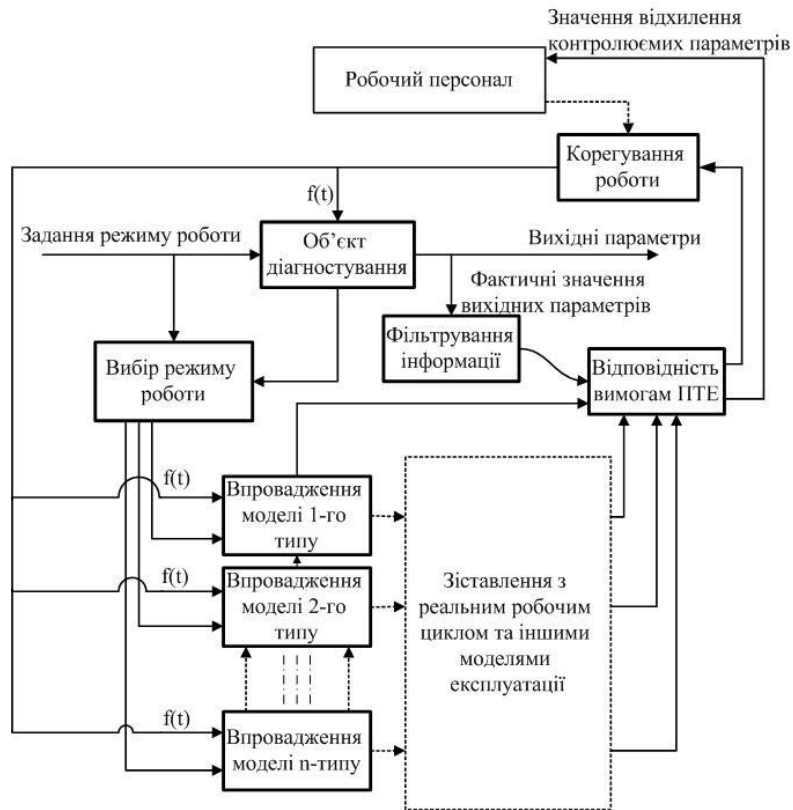


Рис. 2 Схематичне зображення алгоритму оптимізації менеджменту роботи

Впровадження принципів роботи робочого персоналу та менеджменту управління на всіх етапах життєвого циклу рухомого складу дозволить знизити відсоток відмов в експлуатації, витрату паливно-енергетичних ресурсів на тягу та підвищити якість функціонування залізниць України.

- [1] Четвергов В.А., Пузанков А.Д. Надежность локомотивов. М.: Маршрут, 2003. 415 с.
- [2] Сумцов А.Л. Удосконалення методів та моделей визначення системи технічної експлуатації модернізованих маневрових тепловозів: автореф. дис. на соиск. учен. степ. Канд. техн. Наук. Харків, 2017. 20 с.
- [3] Крашенінін О.С. Розвиток наукових основ визначення системи утримання локомотивів при подовженні терміну експлуатації понад нормативний: дис. д-ра техн. наук УкрДАЗТ. Харків, 2013. 380 с.
- [4] Устенко О.В. Основи формування віртуальної системи управління технічною експлуатацією локомотивів: дис. д-ра техн. наук УкрДАЗТ. Харків, 2011. 343 с.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ШЛЯХОМ
ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF USING RESOURCES AT THE
ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT BY APPLICATION
CONTAINED ENERGY-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT TOOL**

*канд. техн. наук Біловол Г.В.,
канд. техн. наук Рубльов В.І., Рукавішников П.В.
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H.V. Bilovol, PhD (Tech.) V.I. Rublov, PhD (Tech.), P.V. Rukavishnikov
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Підрозділи локомотивного та вагонного господарств, будівельно-монтажні та ремонтні підприємства залізниці є досить значними споживачами енергетичних, матеріальних та водних ресурсів. Зменшення обсягів їх використання при забезпеченні виробничих процесів та господарських потреб, одночасно з еконо-мічним ефектом, призводить до зменшення негативного впливу на довкілля [1]. Значною мірою це помітно при розрахунку сумарного забруднення, яке включає:

- шкідливі викиди в атмосферу електростанцією та власними енергетичними установками (водяні та парові котли, дизель-генератори та інші);
- викиди в атмосферу парникових газів та забруднення ґрунту, підземних вод продуктами розпаду при вивезенні виробничих відходів на полігон;
- забрудненість компонентами та їх концентрації у стічних водах.

Для департаментів відповідних господарств та служб енергетичного менеджменту залізниці доцільно використовувати методику комплексної оцінки ефективності ресурсоспоживання та екологічного впливу на навколишнє середовище. Пропонується розробка та застосування на регулярній основі Інструменту енерго-екологічної оцінки (далі Інструмент), який дає змогу оцінити рівень ефективності використання енергії, води та матеріалів в процесі виготовлення продукції, обсяги забруднень, виявити точки перевитрат та втрат ресурсів та розробити заходи зі скорочення питомих показників їх споживання.

Інструмент представляє собою програмний продукт, який допомагає виконати збір та обробку показників діяльності підприємства (підрозділу). Його створено за допомогою програми «Excel» у форматі таблиць, кожна з яких має клітинки для внесення та редагування даних, а також клітинки з вбудованими формулами для розрахунку необхідних базових показників [2].

Розділ 1 «Екологічний профіль». Він є основою для первинного аналізу кількості масового потоку ресурсів, їх економічної цінності, а також впливу на навколишнє середовище. Тут визначаються основні екологічні пріоритети.

Підсумок - аналіз витрат на вхід/вихід

Найменування	Річне споживання	Вартість ресурсу, грн	Розподіл витрат на ресурси (%)	Частка ресурсу у вартості продукції
Використання ресурсів (вхід)				
Загальне споживання матеріалів	93009,57	32 036 428,00€	81%	29%
Загальне споживання енергії	13337620	7 362 566,00€	19%	7%
Загальне споживання води	15706	78 836,92€	0,2%	0,1%
Загальна вартість		39 477 830,92€	100%	36%
Виробництво (вихід)				
Загальний випуск продукції	43768,33	109 278 793,41€		
Утворення забруднень (непродуктивний вихід)				
	Річний обсяг	Частка від ресурсу (%)	Вартість відходів, грн	Вартість поводження з відходами, грн
Загальний обсяг утворення відходів	1518,52779	1,6%	655 093,42€	77 169,20€
Загальне утворення стічних вод	10345	65,9%	51 931,90€	36 000,60€
Загальний обсяг викидів в атмосферу	6,5618	n/a	1 171,61€	7,01€
Загальна вартість		n/a	708 196,93€	41 161,59€

Ключові показники ефективності**Продуктивність ресурсів: продуктивний вихід на одиницю матеріалу, енергії та води**

Найменування	Одиниці	Показник
1 Продуктивність матеріалів	м ³ прод/т мат.	0,47057878

Рис. 1 Фрагмент екологічного профілю підприємства

Розділи 2, 3, 4 «Енергія», «Вода», «Відходи» містять інформацію щодо:

1. Використання загальних ресурсів і загального утворення відходів і викидів.

2. Визначення обсягів і кількості споживачів різних видів ресурсів і порівняння їх теоретичного споживання з фактичним використанням.

3. Кількісне визначення джерел стічних вод, відходів, викидів та виявлення факторів, що впливають на їх утворення.

4. Виявлення причин неефективності як основи для пошуку заходів, які дозволять підвищити ефективність використання ресурсів і мінімізувати відходи та викиди [3].

Розділ 6 «План дій» утворює каталог заходів та технічних рішень, визначених на основі попередніх розділів Інструменту і категорії завдань, пов'язаних з кожним рішенням, що мають екологічне, технічне та економічне обґрунтування, терміни впровадження та визначених відповідальних осіб.

Розробка та застосування даного Інструменту на підприємстві по випуску будівельних конструкцій дозволила сформувати каталог технічних, технологічних та організаційних заходів з річним потенціалом збереження: 1068250 кВт*год енергетичних ресурсів; 35,9 т матеріалів, 1210,5 м³ води. Очікуваний економічний ефект складає 1514097,75 грн., екологічний - зменшення викидів парникових газів на 303,9 т CO₂-екв.

[1] Дуліт З.П. Методичні підходи до оцінки еколого-економічного управління системою охорони атмосферного повітря. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. Львів, 2015. - 25.05. С. 237-246.

[2] RECP Clubs for Small Enterprises RECP. *Manual for Enterprises*. United Nations Industrial Development Organization, 2010. 65 p.

[3] Ворфоломеев А. В. Ресурсоефективне та чисте виробництво як інструмент підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств. *Сучасні підходи до управління підприємством*: збірник наукових праць. Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017. С. 65.

УДК 624.012

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ПОШКОДЖЕННЯМ, ЩО ВИНИКЛИ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ

CALCULATION RESIDUAL STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH DAMAGES, WHICH OCCURRED DURING LOADING

*канд. техн. наук Я.З. Бліхарський, канд. техн. наук Р.В. Вашкевич,
Н.С. Копійка, канд. техн. наук Т.В. Бобало,
докт. техн. наук З.Я. Бліхарський
Національний університет «Львівська політехніка» (м.Львів)*

*Y. Blikharskyu, PhD(Tech.), R. Vashkevych PhD(Tech.),
N. Koriyka, T. Bobalo PhD(Tech.), Z. Blikharskyu, Sc.D(Tech.)
Lviv Polytechnic National University, (Lviv)*

Залізобетонні конструкції на сьогоднішній день є одними з найбільш поширених конструкцій в галузі будівництва, в більшості випадків вони використовуються як несучі конструкції, які дуже добре працюють не тільки на стиск, а й на згин [1, 2]. На ранніх стадіях розвитку залізобетонних конструкцій ще не було досліджено та розвинуто питання якісного підбору складу бетону та захисту конструкцій від корозії, в результаті чого значна кількість будівель та споруд які експлуатуються протягом десятиліть на сьогоднішній день потребують оцінки залишкової несучої здатності з врахуванням наявних у них корозійних пошкоджень. Після пошкодження захисного шару бетону у залізобетонних конструкціях відбувається корозія арматури [3, 4], що впливає на несучу здатність конструкції. Для оцінки впливу відсотку корозії арматурних стержнів на несучу здатність залізобетонних конструкцій та розрахунку оптимального відновлення їх несучої здатності, необхідно встановити дійсний напружено-деформований стан пошкоджених конструкцій з врахуванням корозії арматури [5]. В зв'язку з цим, дослідження впливу пошкоджень арматурних стержнів, на напружено-деформований стан залізобетонних конструкцій є актуальним.

Метою даної роботи є виконати експериментальні дослідження пошкоджених та непошкоджених залізобетонних балок з робочою арматурою діаметром 20 та 16 мм та оцінити як пошкодження робочих арматурних стержнів впливає на напружено-деформований стан таких конструкцій.

При виконанні експериментальних досліджень прийнято моделювати зменшення площі робочої арматури балок шляхом висвердлювання отворів в стержнях. Зміна діаметра висвердленого отвору дозволяє моделювати ступінь

пошкодження арматури.

Програма досліджень передбачала випробування шести залізобетонних балок, а саме 2 контрольних непошкоджених зразки з одиночною робочою арматурою $\varnothing 20$ мм А500С та 2 зразки з одиночною робочою арматурою $\varnothing 20$ мм А500С з пошкодженням на 36% (площа пошкодження діаметру 20мм на 36% відповідає діаметру 16мм).

У всіх зразках залишкова площа робочої арматури, як і всі інші параметри (міцність бетону, розташування каркасів і тд.) однакові, однак за результатами експериментального випробування зразків міцність балок з пошкодженою арматурою діаметром 20мм А500С є більшою від міцності непошкоджених зразків з робочою арматурою діаметром 16мм А500С. Це пояснюється впливом характеру пошкодження, оскільки при просвердлюванні отвору у термічно-зміцненій арматурі видаляється більша площа серцевини стержня яка менш зміцнена, відповідно основним робочим перерізом арматури залишається працювати на розтяг площа зовнішнього термічно зміцненого шару. Це впливає на відхилення несучої здатності у пошкоджених зразків, яке в середньому складало 24%, а у непошкоджених з тією ж площею робочої арматури – 31%.

Вичерпання несучої здатності залізобетонних балок без пошкодження робочої арматури настає внаслідок досягнення межі текучості робочої арматури, а повне руйнування при подальших завантаженнях після досягнення бетоном крайньої фібри граничних деформацій та його роздроблення. В залізобетонних балках з пошкодженою арматурою вичерпання несучої здатності відбувалось внаслідок досягнення межі текучості робочої арматури, а при подальшому збільшенні навантаження відбувався розрив робочої арматури без роздроблення бетону стиснутої зони. Це наслідок того, що пошкодження арматури виконувалось в одному локальному місці шляхом висвердлювання одного отвору, який служив концентратором напружень, відповідно на короткій довжині ділянки пошкодження деформації текучості арматури дуже швидко досягли граничних значень.

Залізобетонні балки з робочою арматурою $\varnothing 20$, площа якої шляхом пошкодження зменшувалась до площі стержнів $\varnothing 16$ мали кінцеву несучу здатність вищу від залізобетонних балок армованих стержнями $\varnothing 16$ без пошкоджень. Це пояснюється тим, що під час пошкодження стержнів $\varnothing 20$, шляхом висвердлювання отворів, в більшій мірі пошкоджувалась серцевина з меншими фізико-механічними властивостями і в меншій мірі пошкоджувався зовнішній термічно-зміцнений шар із вищими фізико-механічними властивостями, а також оскільки відбувався розрив стержнів то це свідчить, що в місці пошкодження робоча арматура працювала поза межею текучості тобто зміцнювалась перед розривом.

[1] Клименко Е.В., Карпюк В.М., Агаева О.А. Расчет надежности пролетных железобетонных элементов по прочности нормальных сечений. Наука та будівництво, No 1, 2018, С. 50–57.

[2] Surianinov M., Shylyiaev O. Calculation of plate-beam systems by method of boundary elements. International Journal of Engineering and Technology (UAE), Vol.7 (2), 2018, P. 238-241.

[3] Selejdak J., Khmil R., Blikharsky Z. The influence of simultaneous action of the aggressive environment and loading on strength of RC beams. Matec Web of Conferences, Vol.183, 2018, P. 02002.

[4] Blikhars'kyi Z. Ya, Obukh Yu.V. Influence of the Mechanical and Corrosion Defects on the Strength of Thermally

УДК 624.131: 624.154

ПОСИЛЕННЯ ДЕФОРМОВАНОЇ СПОРУДИ НА ПАЛЬОВОМУ ФУНДАМЕНТІ

REINFORCEMENT OF A DEFORMED STRUCTURE ON A PILE FOUNDATION

докт. техн. наук Ю.Л. Винников¹,

канд. техн. наук М.О. Харченко¹, С.М. Манжалій²

¹*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(м. Полтава)*

²*«Технобуд – монтаж» (м. Горішні Плавні, Полтавська область)*

Yu.L. Vynnykov¹, DrSc (Tech.),

M.O. Kharchenko¹, PhD (Tech.), S.M. Manzhaliy²,

¹*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" (Poltava)*

²*"Technical building - editing" (Gorishni Plavni, Poltava region)*

Причинами наднормативних осідань споруд є помилки при інженерно-геологічних вишукуваннях, неякісне проектування, порушення правил ведення будівельних робіт та їх експлуатації, а для будівель на палях ще й: застосування підвищуючих коефіцієнтів на дані лабораторних випробувань сильностисливих ґрунтів; попадання вістря паль у шар слабого ґрунту; занурення паль вище від проектної позначки; завищення несучої здатності паль через недотримання нормативного «відпочинку»; помилкова інтерпретація графіку «навантаження – осідання палі»; надміру близьке розміщення паль; нерівномірне навантаження їх у ростверку; неврахування навантаження сусідніх площ за умов щільної забудови; забивання поблизу споруд паль, розробка котлованів і т. ін. [1, 2].

Мета роботи – на прикладі натурального об'єкту вдосконалити конструктивно-технологічне рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку та оцінити зміни напружено-деформованого стану (НДС) системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під існуючі ростверки монолітної залізобетонної плити.

П'ятиповерховий будинок з підвалом і технічним поверхом у м. Горішні Плавні, зданий у 1977 р., на забивних призматичних палях (переріз 350x350 мм, довжина 9 м), об'єднаних стрічковим ростверком, має помітні тріщини (рис. 1) в несучих стінах тому, що частину паль не занурено на проектну позначку, а їх нижні кінці знаходяться в супісках текучих, з прошарками мулів і глин [2].

Посилення полягало в підведенні під ростверки монолітних залізобетонних балок L-подібного обрису, які об'єднували поперечними залізобетонними балками, а зверху – монолітною плитою товщиною 200 мм (рис. 1). Отримано ребристу плиту підсилення, основою якої є пісок намивний, мілкий, середньої щільності. Її ребра спрямовані до низу. Ця конструкція добре перерозподіляє напруження від нерівномірних деформацій основ і має значну жорсткість за мінімального об'єму земляних робіт.



Рис. 1 Вигляд деформованої споруди та процесу посилення її фундаментів: а – вертикальні тріщини з шириною розкриття 15 мм; б – торцева блок-секція, посилена металевими тяжами; в – стінова осадочна марки на рівні цоколя; г – улаштування монолітних залізобетонних балок посилення; д – улаштування плити посилення; е – сучасний вигляд підвалу після завершення робіт

Таким чином, удосконалено систему геомоніторингу системи «деформована споруда – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» до та після підведення під ростверки монолітної залізобетонної плити: визначено фактичні параметри основ і фундаментів, їх зміни в часі; проведено спостереження за деформаціями об'єкту до й після посилення.

Удосконалено конструктивно-технологічне рішення посилення фундаментів із призматичних паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під ростверки монолітної залізобетонної плити. Удосконалено розрахункову схему системи «деформована споруда – призматичні палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» до та після підведення під ростверки плити і виконано математичне моделювання з використанням методу скінчених елементів (МСЕ) та пружно-пластичної моделі ґрунту НДС цієї системи для оцінювання особливостей спільної роботи складових цієї системи.

- [1] Briaud J.-L. Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils // Wiley. 2013. 1024 p.
[2] Vynnykov Yu. Residential building's deformation on pile foundation // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. 2019. Is. 2(53). P. 98 – 106.

УДК 624.078:539.4

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ВУЗЛІВ З'ЄДНАНЬ
ЕЛЕМЕНТІВ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУ**

**WAYS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY
OF STRUCTURAL SOLUTIONS OF JOINS
OF BEARING SYSTEMS ELEMENTS OF TRANSPORT OBJECTS**

*канд. техн., наук О.О. Довженко,
канд. техн. наук В.В. Погрібний, Т.О. Сovenko*
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" (м. Полтава)

*O.O. Dovzhenko, PhD (Tech),
V.V. Pohribnyi, PhD (Tech), T.O. Sovenko,
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" (Poltava)*

Достатньо велика кількість відмов об'єктів транспорту відбувається в результаті помилок при проектуванні [1]. Особливо це стосується стикових з'єднань елементів несучих систем, які забезпечують їх сумісну роботу, та опорних ділянок конструкцій. Вказане пов'язано з неточним або неповним врахуванням факторів, які визначають міцність.

Останнім часом широке розповсюдження отримали шпонкові з'єднання залізобетонних елементів, які мають підвищений опір зрізу [2, 3]. Вони застосовуються при утворенні складених перерізів збірних та контактних швів збірно-монолітних конструкцій, розширенні плитної частини в пролітних спорудах, зведенні просторових конструкцій, влаштуванні технологічних швів для сприйняття зсувних зусиль. Увага до шпонкових стиків зростає також і у зв'язку з необхідністю сприйняття сейсмічних впливів та гальмівних сил.

У Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» проводяться комплексні експериментально-теоретичні дослідження щодо встановлення впливу різних факторів на міцність з'єднань.

Експериментально досліджувався вплив співвідношення глибини шпонки до її висоти, форми поперечного перерізу, кута нахилу опорної грані шпонки, ширини шва між шпонками, кількості шпонок у площині зсуву, розташування арматури за висотою шпонки, процента армування, рівня обтиснення, виду та класу бетону й арматури. Випробовано 23 бетонних, 29 обтиснутих бетонних, 28 залізобетонних і 11 обтиснутих залізобетонних шпонок.

Для розрахунку міцності шпонкових з'єднань використовується варіаційний метод у теорії пластичності [4]. Бетон розглядається як жорстко-пластичне тіло. Пластична деформація вважається локалізованою в тонкому шарі на поверхні руйнування, інші області є жорсткими [5]. Напруження в розтягнутій зоні дорівнюють опору бетону при осьовому розтягу. Застосовується принцип віртуальних швидкостей. Значення руйнівного навантаження відповідає мінімуму потужності пластичної деформації стиснутого бетону.

Розглядаються можливі кінематичні схеми руйнування. Враховується специфіка конструктивних рішень. Встановлено, що максимальна міцність бетонних шпонок досягається за відношення їх глибини до висоти 0,25, процент армування площадки зрізу, при якому опір арматури використовується у повному обсязі $\rho_w \leq 1\%$, рознесення арматури за висотою шпонки підвищує пластичні властивості бетону до 30 %.

Першочерговим завданням розрахунку є забезпечення достатнього рівня його надійності. Параметри надійності варіаційного методу надані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Узагальнені параметри надійності варіаційного методу розрахунку міцності шпонок

Види шпонок	У первісному стані			Коефіцієнт надійності моделі γ_{rd}	Після коригування на коефіцієнт γ_{rd}	
	Середній запас	Довірчий інтервал	Забезпеченість		Середній запас	Довірчий інтервал
Бетонні	7,46	38,25	1,00	0,732	33,98	43,26
Бетонні обтиснуті	10,33	35,86	1,00	0,774	25,89	32,97
Залізобетонні	3,11	99,41	0,955	1,17	42,88	54,61
Залізобетонні обтиснуті	36,03	41,32	1,00	0,597	28,59	36,41

Порівняльний аналіз отриманих експериментальних та теоретичних результатів дозволив удосконалити конструктивні рішення шпонкових з'єднань елементів. Запропоновані конструктивні рішення вузлів з'єднань залізобетонних конструкцій несучих систем забезпечують підвищену міцність, сприйняття навантажень як у вертикальному та горизонтальному напрямках, збільшення пластичних властивостей бетону, подвійне функціональне призначення арматури в якості поперечної та поздовжньої елементів, які з'єднуються, зниження витрати арматурної сталі та підвищення енергоефективності при зведенні й експлуатації.

[1] Ключник С.В. Аналіз сучасного стану металевих прогонових будов залізничних мостів. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. №12, 2017. С. 29-37.

[2] Dovzhenko O., Pohribnyi V., Karabash L. Experimental Study on the Multikeyed Joints of Concrete and Reinforced Concrete Elements. International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7 (3.2), 2018. P. 354-359.

[3] Dovzhenko O., Pohribnyi V., Karabash L. Effective keyed connections of hollow-core floor slabs with walls in modern large-panel house building. Science & Technique. Vol. 17 (2), 2018. P. 146-156.

[4] Довженко О.О., Погрібний В.В., Куриленко О.О. Про можливість застосування теорії пластичності до розрахунку міцності елементів із високоміцного бетону. Коммунальное хозяйство городов. № 105, 2012. С. 74-82.

[5] Митрофанов В.П., Довженко О.О., Погрібний В.В. Про можливість застосування передумови про ідеальну пластичність до бетону. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 7, 2002. С. 118-124.

УДК 692.2

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

APPLICATION OF ENERGY EFFICIENT MATERIALS IN RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

*канд. техн. наук С.М. Золотов¹, канд. техн. наук О.М. Пустовойтова¹,
канд. техн. наук П.М. Фірсов¹, канд. техн. наук Є.Ф. Орел²,
канд. техн. наук С.М. Камчатна²*

¹ Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова (м. Харків)

² Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*S.M. Zolotov¹, PhD (Tech.), O.M. Pustovoitova¹, PhD (Tech.),
P.M. Firsov¹, PhD (Tech.), Y.F. Orel², PhD (Tech.),
S.M. Kamchatna², PhD (Tech.),*

¹ O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv),

² Ukrainian State University of Railway Transport, (Kharkiv)

Застосування пластмас на основі акрилових полімерів для виготовлення несучих елементів обмежена. Це пояснюється низькими значеннями модуля пружності пластмас і обумовлена цим деформування матеріалів [1, 2]. Більш широко використовуються полімери як клеї для фіксації та з'єднання стиків конструкційних елементів, що мають достатню жорсткість за допустимого розподілу несучого навантаження [1, 2].

Полімерні клеї в будівництві наразі використовуються переважно в трьох напрямках: під час проведення оздоблювальних робіт (покриття підлог, оздоблення стін та ін.); під час виготовлення будівельних конструкцій (огороджувальні конструкції, покрівля, гідроізоляція та ін.); під час монтажу санітарної техніки і трубопроводів.

Вимоги до міцності в будівництві здебільшого нижчі, ніж у машинобудуванні та інших галузях. Разом із тим клейові з'єднання в будівництві мають не менше 50 років, бути нетоксичними під час експлуатації, мати порівняно низьку вартість.

Як за кордоном, так і на Україні накопичено великий досвід застосування клейового анкерування арматурних стрижнів для анкеровстановлювальних робіт під час реконструкції, ремонту та посилення бетонних і залізобетонних конструкцій. Таке анкерування має низку переваг:

- знижуються терміни ремонту та реконструкції будівель і споруд;
- зменшується енерго– і матеріаломісткість робіт;
- знижується вартість і трудомісткість робіт;
- можлива установка арматурних стрижнів у різних погодних умовах;
- у деяких випадках цей метод є практично єдино можливим (наприклад: зміна товщини фундаменту на невелику величину за значного збільшення навантажень);
- простота, надійність та висока технологічність виробництва робіт;
- можливість прикладати проектні навантаження на реконструйовані й посилені конструкції та ділянки через 6–24 години, а не 72 години, як для конструкцій посилених звичайним способом;
- кріплення арматурних стрижнів в існуючих бетонних і залізобетонних конструкціях з використанням акрилового клею є економічно виправданим і найбільш прогресивним;
- акриловий клей малокомпонентний, простий і надійний в приготуванні. Завод–виробник постачає компоненти клею в комплекті, що полегшує організацію забезпечення анкеровстановлювальних робіт;
- акриловий клей є екологічно безпечною речовиною та ніяк не впливає на людину і навколишнє середовище.

Новою сферою використання клейових з'єднань металів на основі синтетичних полімерів є будівельні конструкції, зокрема будівництво мостів [1]. До клеїв і клейових з'єднань для сталевих мостових конструкцій висуваються такі вимоги:

- міцність при статичних і динамічних навантаженнях;
- здатність твердіти без нагрівання та за мінімального тиску;
- простота підготовки поверхні під склеювання;
- стійкість до впливу змінних температур;
- мала чутливість міцності з'єднання до коливань товщини клейового шва.

Ефективним є застосування акрилових складів для склеюванні металу під час ремонту сталевих трубопроводів для газо- і водопостачання без їхнього демонтажу. Акриловими клеями можна приклеювати металеві капсулі, що підтримують електрокабелі, безпосередньо до кам'яних або бетонних стін без використання спеціальних стійок. Запропоновано приклеювати металеві фасонки до деревини при виготовленні великогабаритних дерев'яних балок. Перевагою таких клеїв є можливість варіювання співвідношення мономерної та полімерної частини (порошку), що містять окислювально–відновлювальну систему, у допустимих межах концентрацій без значної зміни адгезійних і когезійних параметрів. Це має важливе практичне значення, оскільки в умовах приготування клею (особливо в будівельних умовах) буває важко визначити точну кількість компонентів.

[1] Kuen Y. Lin. Composite materials: materials, manufacturing, analysis, design and repair // Cambridge: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015, 232 p

[2] Золотов С. М., Пустовойтова О. М., Фірсов П. М. Термореактивні смоли холодного затвердіння для відновлення та реконструкції промислових і цивільних будівель : монографія // Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018, 184 с. ISBN 978-966-695-472-8

УДК 697.11:725

ВПЛИВ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

THE INFLUENCE OF HEAT SUPPLY ON THE ENERGY EFFICIENCY CLASS OF PUBLIC BUILDING

Ф. Буреш¹, канд. техн. наук А.О. Каграманян², канд. техн. наук Ю.А. Бабіченко², канд. техн. наук О.В. Василенко², А.В. Онищенко²

¹АТ «Укрзалізниця» (м. Київ)

²Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

F. Buresh¹, A.O. Kagramanyan², PhD (Tech.), J.A. Babichenko², PhD (Tech.), O.V. Vasilenko², PhD (Tech.), A.V. Onishchenko²

¹JSC «Ukrzaliznytsia» (Kyiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Мінрегіон розробив та, наказом від 11.07.2018 № 169, затвердив методику визначення енергоефективності будівель та її доцільного рівня, що дозволить запровадити єдині підходи до визначення класу енергоефективності та встановити мінімальні вимоги щодо неї.

Класифікація будівель за енергетичною ефективністю встановлюється згідно з класифікацією будівель залежно від функціонального призначення будівлі, наведеної у додатку 11 до цієї Методики [1].

Так за допомогою методики проведено дослідження впливу джерела теплозабезпечення на клас енергоефективності Іванопольської школи СШ І-ІІІ ступенів, яка розташована в Константинівському районі Донецької області з опалювальним об'ємом 7153,36 м³, а також розраховано грошові витрати на опалення від кожного джерела енергії.

Всі розрахунки проводились при однакових вихідних даних, змінювалось тільки значення сезонної ефективності виробництва та генерування теплоти.

Вартість природного газу 6,758 грн./м³ [2], вартість електроенергії 1,68 грн./кВт·год. [3], вартість соснової щепи 175,00 грн./м³ [4]. Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що згідно методики [3] найбільш енергоефективним є варіант з використанням котла, який працює на електроенергії, а самим неенергоефективним є варіант з твердопаливним котлом, що працює на дерев'яній щепі. Що стосується варіанта з газовим

конденсаційним котлом, то він потрапив також до класу “D”, але з більш низьким питомим показником споживання енергії.

Якщо ж розглядати з економічної точки зору, то тут зовсім протилежні значення, бо найбільш доцільним буде використання твердопаливного котла, а більш затратним електричного. А самим оптимальним варіантом в плані вартості опалення та енергоефективності є газовий котел.

Таблиця 1 – Результати розрахункового дослідження

Вид	Розрахунковий обсяг споживання за рік		
	Конденсаційний котел/Природний газ або скрапленний вуглеводний газ (LPG)	Котел на біомасі – автоматичний/Дерев’яна щепа	Котел на електроенергії
	тис, кВт·год	тис, кВт·год	тис, кВт·год
Енергоспоживання систем опалення	211,898	256,846	172,978
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	15,876	15,876	15,876
Енергоспоживання систем охолодження	17,642	17,642	17,642
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт*год/м ³	34,308	40,591	28,867
Клас енергетичної ефективності	“D”	“D”	“B”
Вартість опалення, грн./рік	149939,0248	79108,568	290603,04

Як бачимо в методиці є недоліки, які не враховують політику ціноутворення вартості 1 кВт·год енергії від різних джерел її генерування. Тому енергоефективність будівлі не завжди є тотожністю економічності споживання енергоресурсів для кінцевого споживача.

[1] Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель [Електронний ресурс]: [наказ офіц. текст : станом 11.07.2018 р.].- Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n248>. - (Дата звернення 18.09.2020);

[2] Тарифы на газ для населения в Донецкой области в сентябре 2020 [Електронний ресурс]: інформація / Минфин. - Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/doneckaya/>. - (Дата звернення 18.09.2020);

[3] Тарифы на электроэнергию для населения в Украине [Електронний ресурс]: інформація / PROSTOBANK. -

Режим доступу: https://www.prostobank.ua/spravochniki/indikatory_rynka/electric_tariff . - (Дата звернення 18.09.2020);

[4] ЩЕПА ТОПЛИВНАЯ, 1 МЗ [Електронний ресурс]: інформація / Wood.ua™ - современное деревообрабатывающее предприятие в Киевской области, Украина. - Режим доступу: <https://wood.ua/ru/drova-shepa-tyrsa/shcheпа/sshepa-toplivnaya-1-m3.html>. - (Дата звернення 18.09.2020);

УДК 691.3

СТВОРЕННЯ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ КОМПОЗИЦІЙ ВАЖКИХ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ ШЛАКІВ

CREATION OF RESOURCE- AND ENERGY-SAVING COMPOSITIONS ON THE BASIS OF SLAGS

*д-р техн. наук Т.О. Костюк¹, д-р техн. наук В.І. Вінниченко¹,
д-р техн. наук А.А. Плугін², канд. техн. наук О.С. Борзяк²,
аспірант А.С. Єфіменко²*

¹*Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

²*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*T.A. Kostyuk¹, Dr.Sc., V.I. Vinnychenko¹, Dr.Sc.,
A.A. Plugin², Dr.Sc., O.S. Borziak², PhD, A.S. Iefimenko²*

¹*Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Енергозберігаючі та ресурсозберігаючі технології у сучасному будівельному матеріалознавстві займають одне з провідних місць наукових досліджень і програм. Цементні в'язучи у виробництві сучасних будівельних матеріалів при зведенні будівель і споруд є одними з головних складових композиційних матеріалів. Їх заміна у бетонах і розчинах на шлакові композити є актуальною задачею [1, 2]. Актуальність обумовлена тим, що цей напрям є ресурсозбурігаючим завдяки заміні речовин природного походження відходами. На виробництво цементу витрачається енергія [3], а при заміні цементу шлаком ця енергія не витрачається зовсім, тобто вона зберігається.

Проведені дослідження з підбору складів важких дрібнозернистих бетонів, які не містять портландцементу, а в якості компонентів бетону застосовано шлак доменний відвальний, шлак гранульований, кварцовий пісок та активатор шлаку гідроксид натрію. Методами фізико-хімічного аналізу досліджено зразки шлаків та бетону. Фазовий склад зразків шлаку доменного гранульованого меленого Дніпровського металургійного комбінату становить: склофаза 75-85%, зростки геленіту і ларингіту 3-5%, $\beta - C_2S$ 2-3%, окерманіту 1-2%, портландіту 3-5%, кальциту 2-3%, ферити та алюмоферити кальцію 1-2%, чорні немагнітні часточки 3-5%. Рентгеноструктурні дослідження фазового складу зразків шлаку гранульованого показали, що у зразку спостерігаються наступні фази - $3CaO \cdot SiO_2$ (аліт) та $2CaO \cdot SiO_2$ (беліт): 3,03; 2,84; 2,72; 2,66;

2,29; 2,20Å. Можливий вміст кальциту, графіту 3,03Å. Зразок шлаку відвального має також слабкі дифракційні піки. У зразку спостерігаються наступні фази: $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (аліт) та $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (беліт): 3,03; 2,68; 2,57; 2,29; 1,97 Å. Також можна виділити фазу кальциту – CaCO_3 : 3,86; 3,03; 1,99 Å. Проба містить фазу кварцу – SiO_2 : 4,23; 3,32; 2,44; 1,824 Å; геленіту – $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$: 3,70; 3,06; 2,38; 2,09; 2,44; 1,753; 1,508 Å; анортіту – $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$: 3,22 Å; залізо – Fe: 2,50; 2,04. Електронні знімки змелених проб шлаку доменного гранульованого та доменного відвального показали, що основну частину складає склоподібна фаза. Для отримання в'язучих властивостей шлаку необхідно порушити зв'язки силікатних ланцюгів і вивільнити CaO зі склоподібної фази шлаку.

Результати випробувань зразків бетонів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Залежність міцності зразків зі шлакових сумішей від складу

№ складу	Склад	Міцність при стиску, МПа		Міцність на розтяг при вигині, МПа	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
1	Шлак гранульований + Na OH + пісок	3,0	7,2	2,06	4,2
2	Шлак гранульований + Na OH + шлак відвальный (як заповнювач)	3,8	18,0	0,93	5,0
3	Шлак гранульований + шлак відвальный (контрольний)	зруйнувавс я	13,9	зруйнувавс я	3,1

З таблиці 1 зрозуміло, що найкращі результати з міцності показав зразок, де застосовано гідроксид натрію (як активатор) та у якості заповнювача - відвальный доменний шлак, що найбільше сприяло утворенню кристалогідратів аналогічних кристалогідратам цементного каменю і ущільнило структуру дрібнозернистого безцементного композиту. Таким чином, відвальный доменний шлак, є активним компонентом для безцементних композитів і впливає на їх міцність за рахунок створення низькоосновних гідросилікатів кальцію та кальциту, які утворюються при твердінні композиту у більш пізні строки, з частково зруйнованих компонентів доменного шлаку в період витримки у відвалах під дією атмосферних впливів. Збереження природних матеріальних та енергетичних ресурсів, поліпшення екології середовища (усунення відвалів шлаку, зменшення викидів вуглекислого газу при виробництві цементу) та вирішення низки соціальних проблем (організація додаткових робочих місць) можливо за рахунок використання доменного гранульованого та відвального шлаків при виробництві бетонів.

[1] Rakhimova, N.R. Compositional slag-alkaline bindings // 16. Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht, Band

1, Weimar. 2006. P. 1171-1176.

[2] Climate Change. The Physical Science Basis, // CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Mexico City Cambridge University Press 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA www.cambridge.org/97811076 Information on this title:

[3] V. Vinnichenko, A. Ryazanov. Ecological Indices of Manufacture of Portland Cement Clinker and Production of the Dolomite Clinker, MATEC Web Conf., Volume, 116, (2017).

УДК 691-405.8

ОТРИМАННЯ ПОРИСТИХ ГРАНУЛЬОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА ПІД ДІЄЮ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

PREPARATION OF POROUS GRANULAR MATERIALS ON THE BASIS OF LIQUID GLASS UNDER THE ACTION OF MICROWAVE RADIATION

канд. техн. наук Т. Е. Рymar

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
(м. Сєвєродонецьк)*

T. E. Rymar, PhD (Tech.)

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University (Severodonetsk)

Розвиток енергозберігаючих технологій в світі спонукає науковців України до пошуку та впровадження нових енергозберігаючих технологій в різні галузі промисловості. В рамки цього напрямку повністю вписується впровадження новітньої мікрохвильової технології теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. Впровадження цієї інноваційної технології сприятиме не тільки енергозбереженню, але й забезпечить випуск високоякісної конкурентоспроможної продукції від вітчизняного виробника, тобто зменшить залежність України від імпорту теплоізоляційних матеріалів, потреба в яких зростає з кожним роком.

Принцип отримання пористих гранульованих матеріалів на основі рідкого скла під дією мікрохвильового випромінювання ґрунтований на процесі випару хімічно зв'язаної води, що міститься у складі лужного силікату [1]. Випар відбувається за рахунок підвищення температури води в результаті прискорення тертя її молекул під дією мікрохвильового поля. Мікрохвилі впливають на молекули води в рідкому склі, примушуючи їх обертатися з частотою мільйони разів на секунду, утворюючи молекулярне тертя і тепло, яке нагріває матеріал [2], в результаті чого швидкими темпами підвищується температура пари всередині гранули. Оскільки швидкість утворення внутрішньої пари вище, ніж швидкість міграції пари, то в гранулі створюється градієнт тиску, який викликає значні структурні зміни у рідкоскляній композиції (РСК). Це призводить до її спучування [1]. Тобто, мікрохвильовий

вплив на РСК дозволяє досягти розігріву і розм'якшення всієї маси за рахунок внутрішніх процесів прискорення руху молекул води, їх тертя та виділення теплової енергії, а не за рахунок підводу високих температур ззовні.

З метою порівняння ефективності процесів спучування гранульованого теплоізоляційного матеріалу (ТІМ) при конвективному і мікрохвильовому нагріві проводилося дослідження з визначення закономірностей впливу НВЧ випромінювання на процеси трансформації структури РСК при її спученні.

Процес трансформації структур є основою технології різних матеріалів на основі дисперсних систем. Для управління технологічним процесом перебудови структур необхідно мати параметри, які дозволяють оцінювати їх перебудову. Таким вимогам задовольняють об'ємні фазові характеристики, на підставі яких визначається параметр ступеня перебудови структури α_n , який характеризує інтенсивність переходу динамічних систем з початкового стану в кінцевий. Чим більше значення параметра α_n , тим інтенсивніше відбувається спучення [3]. Залежність параметра α_n від тривалості процесу наведена на рис. 1.

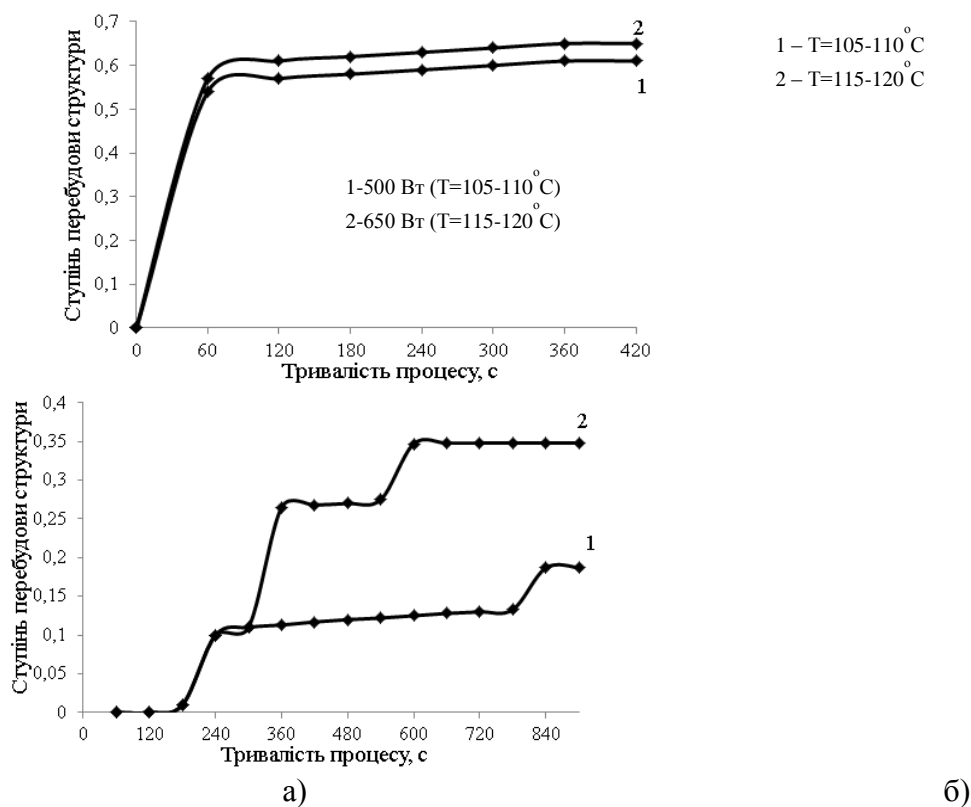


Рис. 1 – Залежність параметра ступеня перебудови структури від тривалості спучування: а) під дією НВЧ випромінювання; б) при конвективному нагріві

З даних рисунка видно, що з застосуванням НВЧ випромінювання вдвічі інтенсивніше відбувається перебудова структури матеріалу, так при потужності 650 Вт ($T \approx 115-120$ °C) α_n досягає свого максимального значення 0,65 на 360 с процесу, тоді як при спученні гранул при конвективному нагріві, за тієї ж температури, найвище значення параметра α_n становить 0,348, і досягається воно через 660 с. Таким чином експериментально доведено, що завдяки об'ємному прогріву РСК, ступінь перебудови структури гранульованих ТІМ має вдвічі більше значення за однакових температур з конвективним нагрівом.

Термоспучення цих матеріалів за традиційною технологією здійснюється шляхом конвективного нагріву в печі киплячого шару за температури 300 - 500⁰С впродовж 1 - 3 год, що втричі перевищує температуру в НВЧ установці та значно тривалість процесу. Проведені дослідження доводять високу здатність мікрохвильового випромінювання перетворювати воду в пар навіть в її зв'язаному стані та більшу ефективність отримання гранульованих ТІМ під дією НВЧ випромінювання, ніж при традиційному конвективному нагріві.

Отриманий гранульований матеріал може бути використаний як самостійна засипна теплоізоляція, або як наповнювач для отримання композиційних теплоізоляційних матеріалів.

[1] Кудяков А.И., Свергунова Н.А, Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостекольной композиции: монография / под ред. А.И. Кудякова. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. 204 с.

[2] Мамонтов А.В., Нефедов В.Н., Назаров И.В. и др. Микроволновые технологии: Монография. М.: ГНУ НИИ ПМТ. 2008. 308 с.

[3] Лотов В.А., Кутугин В.А. Технология материалов на основе силикатных дисперсных систем: учеб. пособ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 202 с.

УДК 69.059.35

ПІДСИЛЕННЯ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО РЕЗЕРВАРУ АНАЕРОБНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД З ВИРОБНИЦТВОМ БІОГАЗУ, ПОШКОДЖЕНОГО ВНАСЛІДОК ПОМИЛОК У ПРОЕКТУВАННІ ТА БУДІВНИЦТВІ

THE STRENGTHENING OF THE MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE RESERVOIR OF ANAEROBIC PURIFICATION PLANTS WITH THE MANUFACTURE OF BIOGAS, DAMAGED AS A RESULT OF THE MISTAKES DURING THE DESIGN AND THE CONSTRUCTION

*канд. техн. наук А.П. Крамарчук, канд. техн. наук Б.М. Ільницький,
канд. техн. наук Д.Г. Гладишев, канд. техн. наук О.Я. Литвиняк
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*A.P. Kramarchuk, PhD.(Tech), B.M. Ilnytskyu, PhD.(Tech)
D.G. Gladyshev, PhD.(Tech), O.YA. Lytvyniak, PhD.(Tech)
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Під час експлуатації будівель з'являються різноманітні причини, які вимагають підсилення їх несучих конструкцій. До цих причин здебільшого відносять фізичне старіння матеріалів конструкцій протягом тривалої експлуатації, агресивна дія до бетону і арматури температурно-вологісних параметрів середовища, виникнення екстремальних ситуацій на підприємствах, які призводять до аварійного технічного стану конструкцій, а також збільшення навантаження на несучі конструкції у результаті зміни їх конструктивної схеми при реконструкції і модернізації технологічних процесів [1 - 3].

Досліджувана споруда – монолітний залізобетонний резервуар, конструктивною системою якого є об'ємно-стінова з несучими плитами покриття і фундаменту та чотирма зовнішніми залізобетонними боковими стінами, які по різному включені у просторову роботу. Товщина залізобетонних стін по периметру споруди становить 400 мм, фундаментної плити - 500 мм, плити покриття - 250 мм, висота від рівня днища - 9000 мм. Вище відмітки +7.450 по контуру споруди передбачені цегляні парапетні стіни. На час обстеження споруди, резервуар не експлуатується у зв'язку із аварійним технічним станом.

Аварійний технічний стан монолітного залізобетонного резервуару спричинений халатністю під час виконання робочої проектної документації і значними дефектами та пошкодженнями під час його зведення. Внаслідок цього, він отримав велику кількість понаднормативних тріщин і деформацій бокових стін із втратою їх герметичності, яка вимагається для ємкісних споруд. Робота повністю заповненого резервуара стала неможливою, за рахунок недостатнього армування його бокових стін та помилок конструктивного рішення з армування його кутів. Подальша експлуатація залізобетонного резервуару є можлива тільки після його підсилення. Усі бокові стіни резервуару, що зазнали значних пошкоджень у вигляді тріщин по усій їх площі, підлягають підсиленню. Дане підсилення необхідно здійснювати при пустому резервуарі (із розвантаженням), оскільки це дозволить максимально використати існуючі фізико-механічні характеристики бетону і арматури резервуара.

Враховуючи вище наведене, були виконані перевірочні розрахунки проектного рішення резервуару як просторової системи у програмному комплексі «ЛІРА» на проектні та технологічні навантаження для споруд такого призначення. Згідно розрахунку було визначене необхідне армування з умов забезпечення міцності та можливого обмеження ширини розкриття тріщин до 0,1 мм для ємкісних споруд, а також було встановлено, що стіни заповненого резервуару віднесені до «4» категорії технічного стану (аварійної за недостатньою їх несучою здатністю), що пов'язано з недоармуванням плит стінового огородження та плит покриття і днища резервуару.

Для подальшої безпечної експлуатації монолітного залізобетонного резервуара, необхідне його підсилення для запобігання подальшого розкриття тріщин та забезпечення його просторової жорсткості. Як підсилення монолітного залізобетонного резервуару використовували зовнішні бандажі із арматурної сталі у кількості 4d32A400C ($A_s = 32,17 \text{ см}^2$) та внутрішні тяжі з круглих труб 168 x 5 мм із нержавіючої сталі. Варто відзначити, що зовнішні бандажі були прийняті із попереднім напруженням 50 т, а внутрішні тяжі встановлювали без попереднього напруження.

Підсилення резервуару за допомогою зовнішніх бандажів та арматурних тяжів забезпечило просторову жорсткість та несучу здатність усіх стінок монолітного залізобетонного резервуара при фактичному розкритті нормальних тріщин в межах 0,29 мм. Враховуючи обмеження ширини розкриття тріщин в межах 0,1 мм для даної споруди, після виконання підсилення, було забезпечена

герметичність стінового огороження та днища, шляхом виконання додаткової внутрішньої гідроізоляції, яка має значні деформативні властивості та добру адгезію до поверхні бетону [2].

[1] Гладишев Д.Г., Гладишев Г.М. Дослідження технічного стану будівель, споруд та їхніх елементів: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. –304 с.

[2] Крамарчук А.П. Підсилення залізобетонного резервуару анаеробних очисних споруд з виробництвом біогазу/А.П. Крамарчук, Б.М. Ільницький, Д.Г. Гладишев, О.Я. Литвиняк// Актуальні проблеми інженерної механіки : тези доповідей VII Міжнародної конференції, Одеса, 12–15 травня 2020 р. 2020. С. 126–130.

[3] Gladyshev D. Variants of strengthening of shells of reinforced concrete cooling towers depending on constructional features and actual technical condition // Zeszyty Naukowe Politechniki Czestochowskiej 171: Budownictwo. 2015. № 21. S. 75-84.

УДК 69.07:692.231.2

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АРМОКАМ'ЯНИХ БАЛОК ІЗ КОМБІНОВАНИМ АРМУВАННЯМ

A STUDY OF BEARING CAPACITY OF REINFORCED MASONRY BEAMS WITH COMBINED REINFORCEMENT

*канд.техн.наук А.П. Крамарчук, канд.техн.наук Б.М. Ільницький,
канд.техн.наук Т.В.Бобало, канд.техн.наук О.Я. Литвиняк
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*A.P. Kramarchuk, PhD.(Tech), B.M. Ilnytskyu, PhD.(Tech)
T.V. Bobalo, PhD.(Tech), O.Ya. Lytvyniak, PhD.(Tech)
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Армокам'яні конструкції застосовують при спорудженні фундаментів, зовнішніх і внутрішніх стін будівель, перекриттів, арок, димових труб, мостів, підземних колекторів, водонапірних веж та елеваторів, які повинні відповідати експлуатаційним вимогам міцності, жорсткості, довговічності, надійності, ремонтпридатності та іншим властивостям, які будуть визначати якість та придатність конструкції до експлуатації. Досить поширена практика широкого застосування армокам'яних конструкції не лише в Україні, але і у Європі, оскільки конструкції з цегли є простими у монтуванні, екологічно чисті, та мають досить хорошу міцність і довговічність. Однак, на даний час досить широко використовують не лише армокам'яні конструкції, а додатково вводять в їх склад поздовжнє армування і монолітні залізобетонні включення [1 - 4].

Об'єктом дослідження у даній науковій роботі були чотири армокам'яні балки із комбінованим армуванням (арматура класу А400С та А1000) та 2 армокам'яні балки із звичайним армуванням (арматура класу А400С у розтягнутій зоні). Переріз усіх дослідних зразків становив 140 x 250 мм, а їх довжина була рівною 2300 мм, а розрахунковий проліт - 2000 мм. Крім цього, в

розтягнутій зоні всіх дослідних зразків-балок використовували два стержні $\varnothing 10$ мм класу А400С. В зоні дії максимальних поперечних сил було встановлено сітку з дроту $\varnothing 5$ мм класу А240С з комітками 50 x 50 мм на довжину 1/3 прольоту балки. Особливість виготовлення дослідних зразків із комбінованим армуванням полягала в тому, що конструкція балок виготовлялася у горизонтальному положенні у два етапи.

Випробування дослідних балок, розрахунковим прольотом 2000 мм, здійснювали за допомогою дослідного стенду. Навантаження створювали за допомогою гідравлічного домкрату потужністю 1000 Н, встановленого на розподільчу траверсу. Зусилля прикладали у верхній грані балки у вигляді зосереджених двох сил, прикладених симетрично відносно середини балки. Відстань від сил до опори становила 650 мм.

Завантаження балок під час випробування здійснювали із кроком, який близький до 10% від руйнівного навантаження, з витримкою 30 хвилин на кожному етапі. Після витримки навантаження, знімали покази усіх мікроіндикаторів та прогиномірів, а також фіксували утворення та ширину розкриття і розвиток тріщин. Величину навантаження контролювали за допомогою зразкового манометра, протарованого разом з гідравлічною насосною станцією та домкратом, а також за величиною опорних реакцій, які фіксували двома кільцевими динамометрами, які слугували одночасно рухомою і нерухомою опорами. Деформації фіксували за допомогою мікроіндикаторів годинникового типу встановлених з базою 200 мм та ціною поділки 0,001 мм. Усі деформації заміряли у зоні чистого згину. Ширина розкриття тріщин, а також їх висоту відзначали на кожному етапі завантаження і заміряли за допомогою мікроскопа марки МПБ-2М з ціною поділки 0,005 мм. Випробування проводили аж до появи текучості у високоміцній арматурі або руйнування, що дозволяло повністю використати дослідні балки.

Внаслідок проведених експериментальних досліджень було встановлено, що міцність кладки при стиску для балок В-1 та В-2 була рівною 9,06 МПа, а для балки В-3 - 7,15 МПа. Відсоток армування для балок В-1, В- 2 становив 0,471%, а для балки В-3 – 0,956%. Руйнування дослідного зразка В-1 настало при максимальному моменті, який становив 21,9 кНм. Теоретичним розрахунком передбачалась величина максимального згинального моменту для цієї балки – 20,71 кНм. Балка В-2 зруйнувалась від згинального моменту, що становив 24,7 кНм, а теоретичним розрахунком передбачалась величина максимального згинального моменту для балки В-2 – 23,61 кНм. Балка В-3 зруйнувались від максимального згинального моменту, величиною 18,7 кНм. Теоретичним розрахунком передбачалась величина максимального згинального моменту для цієї балки – 17,06 кНм.

Отримані експериментальні результати досліджень несучої здатності армокам'яних балок із комбінованим армуванням довели, що теоретичний розрахунок таких балок згідно ДБН В.2.6-162:2010 «Кам'яні та армокам'яні конструкції» задовільно оцінює міцність таких конструкцій (розбіжність становить до 8,8%).

- [1] Крамарчук А.П. Несуча здатність армокам'яних конструкцій з комбінованим армуванням /А.П. Крамарчук, Б.М. Ільницький, Т.В. Бобало, О.Я. Литвиняк// Актуальні проблеми інженерної механіки : тези доповідей VII Міжнародної конференції, Одеса, 12–15 травня 2020 р. 2020. С. 182–186.
- [2] Ines Fayala, Oualid Limam, Ioannis Stefanou. Experimental and numerical analysis of reinforced stone block masonry beams using GFRP reinforcement. *Composite Structures: Volume 152*, pages 994-1006, 2016.
- [3] Ilaria Cancelliere, Maura Imbimbo, Elio Sacco. Experimental tests and numerical modeling of reinforced masonry arches. *Engineering Structures: Volume 32, Issue 3*. pages 776-792, 2010.
- [4] Julia Nowak and Edyta Plebankiewicz. Multicriteria assessment of selected types of ceilings. *MATEC Web of Conferences 219, 04011* (2018).

УДК 656.073

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУЛИЧНИХ МЕРЕЖ

METHODICAL APPROACH IN DETERMINING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF URBAN CARGO TRANSPORTATION TAKING INTO ACCOUNT THE CONGESTION OF STREET NETWORKS

*О.В. Кутья, канд. техн. наук А.Г.Кравцов,
канд. економ. наук Т.Е.Городецька, О.В.Войтов*

*¹Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

O. Kutiya, A. Kravcov, PhD(Tech),

T. Gorodetska, PhD(Economics), O. Voytov

¹Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petro Vasylenko

Для моделювання і прогнозування вантажопотоків у міській транспортній мережі, необхідна наявність спеціальних модулів динамічного моделювання переміщення обсягів вантажів у реальному масштабі часу з урахуванням завантаженості (наявність заторів) на маршрутах перевезень. Такі модулі моделювання для міських вантажних перевезень повинні доповнювати існуючі інтернет-ресурси, працювати на їхній базі, використовуючи системи збору інформації, вибору найкоротших відстаней, визначення завантаженості транспортних магістралей і наявність заторів на маршрутах [1].

В якості методичного підходу в проведенні досліджень було обрано математичні моделі у вигляді диференційних рівнянь другого порядку. Саме такі рівняння добре зарекомендували себе в технічних галузях і мають досить обґрунтований апарат рішення. Обраний метод дозволяє досліджувати процеси, які є функціями часу.

Труднощі вибору раціональних міських маршрутів з урахуванням реальної завантаженості транспортних магістралей міста обумовлені тим, що такі задачі не мають на сьогоднішній день формальних методів розв'язку. Наприклад, класична транспортна задача дозволяє визначити найкоротший маршрут.

Однак, в умовах міста найкоротший маршрут не завжди є раціональним через нерівномірну завантаженість транспортних магістралей. На найкоротшому маршруті можуть існувати затори, які знизять швидкість руху транспортних засобів та збільшать час доставки і витрати на доставку.

Процедура методичного підходу при виборі раціональних маршрутів міських вантажних перевезень з максимальною надійністю та мінімальними витратами на перевезення, може бути розбита на наступні етапи.

Перший етап моделювання дозволяє вибрати маршрут з мінімальним опором і визначити час доставки вантажу t_d , тобто час проходження маршруту, а також добротність маршруту Q_m . Фізичний зміст добротності маршруту та формули для розрахунку наведено у роботі [2]. Це дозволяє із декілька можливих маршрутів, за допомогою інтернет-ресурсу «videoprobki.ua», вибрати оптимальне по величині значення $Q_m \rightarrow \max$. Величина добротності маршруту Q_m може виступати критерієм вибору оптимального маршруту вантажних перевезень у міській мережі, так як враховує матеріальний, інформаційний та енергетичний потоки. Маршрут обирається на основі інформації інтернет-ресурсів «Google Maps» та «videoprobki.ua». Особливістю запропонованого критерію Q_m у порівнянні з відомими є те, що він визначається в онлайн-режимі. Другий етап моделювання враховує інерційність системи в прийнятті рішень і процесі руху по маршруту, що дозволяє визначити час затримок в логістичній системі (ЛС).

Важливим показником роботи логістичної системи вантажних міських перевезень є величина витрат. Витрати характеризують ефективність ЛС, та включають наступні складові.

Першою складовою витрат є поточні витрати, які формує прийнятий тариф на перевезення вантажу. Такий тариф визначається ринком і має розмірність грн/км.

Другою складовою витрат є поточні витрати, пов'язані з витратою палива транспортними засобами під час виконання замовлення.

Проведене моделювання впливу різних факторів і робочих параметрів транспортного процесу міських вантажних перевезень у межах прийнятих обмежень, дозволяє стверджувати, що питомі витрати на транспортне обслуговування B , грн/т, однозначно збільшуються при збільшенні довжини маршруту, однак, при цьому, мають оптимум при зміні маси перевезеного вантажу[3].

Встановлено, що на існування оптимуму впливають коефіцієнт використання пробігу і коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів. Показано вплив логістичного центру (потужності логістичного центру) на питомі витрати транспортного обслуговування. Недостатня потужність ЛЦ збільшує час оформлення однієї заявки, що призводить до збільшення сумарних питомих витрат [4].

[1] Vojtov V., Kutiy O., Berezhnaja N., Karnaukh M., Bilyaeva O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4, no. 3 (100), pp. 15-21.

[2] Kut'ya O.V. 2019 Razrabotka matematicheskoy modeli gorodskikh gruzovykh perevozok, *Tekhnichnij servi's*

agropromislovogo, li`sovogo ta transportnogo kompleksu, 15, pp.203–212.

[3] Vojtov, V. Berezchnaja, N., Kravcov, A., Volkova T. 2018 Evaluation of the Reliability of Transport Service of Logistics Chains, International Journal of Engineering & Technology. 7 (4.3), pp. 70-74.

[4] Kut`ya, O.V. 2019 Rozrobka dinami`chnoyi modeli` zatrimok priynyattya ri`shen` u logi`stichnikh lanczyugakh mi`s`kikh vantazhnikh perevezen`, Tekhni`chnij servi`s agropromislovogo, li`sovogo ta transportnogo kompleksu, 16, pp. 63–72.

УДК 624.131.52

ЗАСТОСУВАННЯ СИЛКАТНО-ПЕРУКСУСНИХ РОЗЧИНІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ

THE USE OF PERACETIC SILICATE SOLUTIONS IN THE RECONSTRUCTION OF SHALLOW FOUNDATIONS

*канд. техн. наук А.М. Левенко, канд. техн. наук В.А. Александрович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

*PhD (Tech.), H.M. Levenko, PhD (Tech.), V.A. Aleksandrovych
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

У сучасному світі питання забруднення навколишнього середовища стоять дуже гостро. Останнім часом вони почали виходити на перше місце у світових відносинах і при співробітництві різних світових господарських об'єктів. Держави виділяють значні кошти як на заходи щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища, так і на боротьбу з їх наслідками.

Досвід експлуатації багатьох підприємств показав, що питання реконструкції фундаментів існуючих будівель і споруди є на даний момент питанням гострим і актуальним.

Одним з найдієвіших видів посилення ґрунтів є закріплення різними в'язучими речовинами, такі як силікатизація, бітумізація, смолізація, цементація [1].

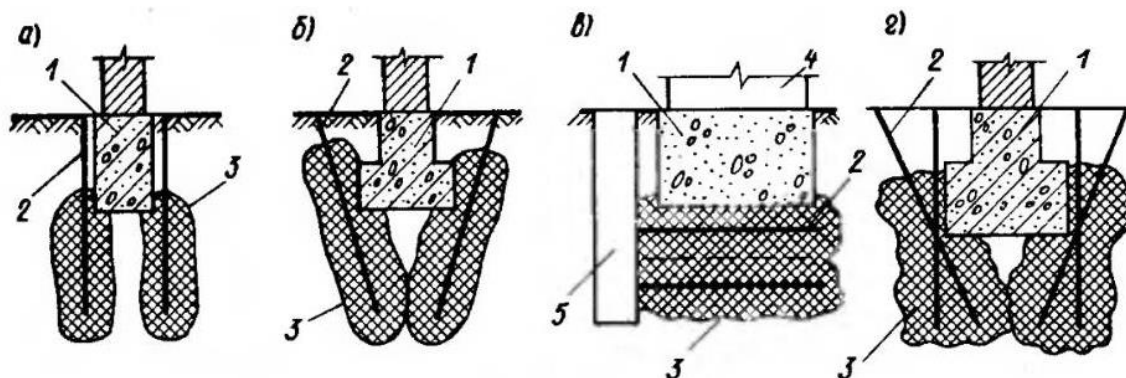


Рис. 1. – Схема можливого розташування ін'єкторів при закріпленні основ фундаментів: 1 - реконструйований фундамент; 2 - ін'єктор; 3 - закріплений масив ґрунту; 5 - шахта.

Як правило, посилення фундаментів виконується вертикальними або похилими армируючими елементами. Це обумовлено технічними характеристиками будівельної техніки що застосовується, а також проектними вимогами. При цьому посилення ґрунтової товщі проводиться на досить велику глибину. Але у випадках реконструкції будівель і споруд, додаткової надбудови, обмежених умовах або попередження розвитку активних деформацій доцільно закріплювати ґрунт на незначній глибині безпосередньо під фундаментом в зоні активних деформацій земної поверхні [2].

- При проведенні робіт по закріпленню масивів ґрунтів необхідно враховувати екологічний стан закріплених ділянок, прагнути мінімізувати внесення хімічних речовин, необхідних для проведення робіт.

- Запропонована методика закріплення повинна забезпечувати стабілізацію деформацій системи «основа - фундамент - споруда».

- Після проведення робіт механічні та деформаційні показники закріпленого масиву повинні підвищуватися.

- Обов'язково повинна забезпечуватися цілісність закріплення масиву забрудненого ґрунту по всьому його об'єму.

Умовою вибору тієї чи іншої технології закріплення служить умова виконання всіх перерахованих вище вимог одночасно. Також при виборі оптимального методу хімічної стабілізації ґрунтових масивів повинні розглядатися варіанти максимально енергоефективної хімічної нейтралізації забруднених промисловими стоками ґрунтових масивів [3].

Найчастіше застосовуються три методи закріплення ґрунту: бурозмішувальний метод, струменева силікатизація, струменево-змішувальна силікатизація. Найбільш поширений в нашій країні є бурозмішувальний метод, завдяки простоті механізмів для його реалізації.

Після проведення закріплення ґрунтів основи двома методами - струменевою силікатизацією та бурозмішувальною, міцність ґрунтів основ підвищується, механічні характеристики поліпшуються. У деяких випадках механічні характеристики закріпленого ґрунту перевищують їх значення в природному стані в кілька разів. В глинах міцність ґрунту $R_{ст}$ збільшується в 1,81-3,01 рази. Питоме зчеплення C супісків збільшується в 9,6 раз, а модуль деформації E збільшується в 2,48 рази. Кут внутрішнього тертя ϕ в середньому збільшується в 1,56 рази.

З огляду на перераховані вище фактори і ґрунтуючись на проведених дослідженнях, автори рекомендують застосування перуксусно-силікатної рецептури для посилення і реконструкції основ фундаментів існуючих будівель і споруд.

[1] Ржаницын Б. А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. М. : Стройиздат, 1986. 263 с.

[2] ДБН В.21.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. С. 107.

[2] Головкин С. И. Теория и практика усиления грунтовых оснований методом высоконапорной цементации : монография. Днепропетровск: Пороги, 2010. 247 с.

УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД
MANAGEMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF HYDRAULIC
STRUCTURES

*канд. техн. наук Б.І. Маковецький¹, канд. техн. наук Р.Б. Папірник¹,
канд. техн. наук П.М. Саньков¹, канд. техн. наук Н.О. Ткач¹,
доктор. техн. наук І.В. Трифонов²*

¹ Придніпровська державна академія будівництва і архітектури (м. Дніпро)

² Фінансовий університет при Уряді Російської Федерації (м. Москва)

***B.I. Makovetsky¹, PhD (Tech.), R.B. Papirnyk¹, PhD (Tech.),
P.M. Sankov¹, PhD (Tech.), N.O. Tkach¹, PhD (Tech.),
I.V. Trifonov², D. Sc. (Tech.)***

¹ Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture (Dnipro)

² Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow)

Окрім обстеження технічного стану конструкцій гідроспоруд, в деяких випадках необхідно ліквідувати причини які загрожують виходу з ладу цих конструкцій. Іноді такі причини буває важче встановити, ніж потім їх ліквідувати. До таких причин відносять стан ґрунту, який контактує з внутрішньою поверхнею захисних залізобетонних плит, які укладають на ґрунт укосу верхнього б'єфа земляних дамб. Під впливом хвиль водоюми в ґрунті під плитами можуть утворюватись розгалуження, розмив, порожнечі. Не прийняття заходів з ліквідації порожнин під плитами може привести до руйнування тіла дамби під напором тиску від автошляхів чи залізничної колії. Наразі стоїть проблема яким методом доволі швидко, з малими енерговитратами визначити місця порожнин і встановити їх обсяг.

Виходячи з зазначеної проблеми, мета даної роботи полягає в розробці інструментального метода обстеження ділянок залізобетонних плит, які захищають верхній б'єф дамби від розмиву шляхом виявлення порожнеч в тілі дамби і визначення їх обсягів. Наукові дослідження з цього питання – це прямий шлях до підвищення енергоефективності та безпеки під час перед ремонтних робіт на гідротехнічних спорудах.

Методи, які використовуються при обстеженні залізобетонного кріплення дамб і описані в наукових публікаціях можна поділити на дві групи. Перша група – це геофізичні методи. Сюди відносять георадарний, електророзвідка та так званий геофізичний метод природного імпульсного поля Землі (ПШЕПЗ) [1-8]. До другої групи віднесено один відомий метод термографії [1, 6, 8]. При розгляді і аналізі публікацій ми дійшли висновку, що з першої групи найбільш поширеним у використанні і менш енергозатратним є георадарний метод [1].

В 2013 році нами було проведено перевірку і аналіз результатів роботи георадаром. Виконувались роботи для Криворізьської ТЕС. Об'єкт обстеження

– ділянка залізобетонного покриття верхового укосу дамби ставка-охолоджувача Криворожської ТЕС ПАО «ДТЕК ДНІПРОЕНЕРГО» в межах пикетів 75-85 (довжина 1000м). Ціль - виявлення під залізобетонним покриттям укоса дамби містоположення порожнин і визначення їх геометрії з подальшим обчисленням обсягу. На дамбі ставка-охолоджувача Криворіжської ТЕС, яка має довжину близько 6 кілометрів була знайдена ділянка верхового укосу з двома температурними швами, навкруги яких, зазвичай, трапляються порожнини. Ці порожнини була змога візуально побачити через досить широкий деформаційний шов. Порожнини утворюються якраз біля швів, тому що через них вимивається розріджений ґрунт. Геометрію порожнин заздалегідь виміряли мірними інструментами. Проведена зйомка методом ПЕПЗ, для якої визначались профілі по яким буде пересуватись оператор з приладом РДВІНС і фіксувати показники в точках виміру (рис. 1).

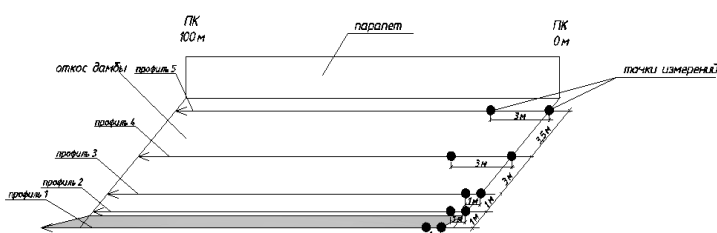


Рис. 1. Схема розташування профілів і точок вимірів на них

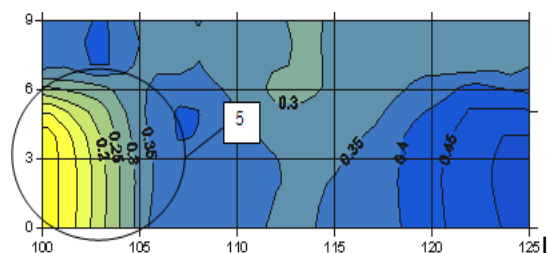


Рис. 2 Зображення ПЕПЗ для ПК 76+00 – ПК 76+25

Встановлено, що за допомогою геофізичного методу ПЕПЗ можливо розпізнати в плані порожнини розгалуження, які зустрічаються при обстеженні залізобетонного кріплення верхового укосу дамб. Глибину аномалій визначають за кольором рівного рівня ПЕПЗ, який відповідає глибині порожнин отриманих за методом геоелектричної томографії (рис. 2).

- [1] Глазунов В.В., Штенгель В.Г., Недялков В.С., Ефимова Н.Н., Данильев С.М.. «Комплексирование методов тепловизионного и георадиолокационного сканирования для выявления полостей под железобетонными плитами крепления грунтовых откосов гидротехнических сооружений». Engineering and Mining Geophysics 2018г.
- [2] Элены Кокину, Апостолос Саррис. Обнаружение приповерхностной структуры через мультидисциплинарный геофизический подход Cent. Евро. J. Geosci. • 3 (4) • 2011 • 349-357 DOI: 10,2478 / s13 533-011-00 34-2.
- [3] Клименко С.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: Навчальний посібник. – К.: «Центр навчальної літератури», 2004. 304 с.
- [4] М.С. Судакова, М.Р. Садуртдинов, Г.В. Малкова, А.Г. Скворцов, А.М. Царев. «Применение георадиолокации при комплексных геокриологических исследованиях». Москва, 2017г.
- [5] Пігулевський П. Г., Свистун В. К., Кирилюк О. С.. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану Південно-Західного Кривбасу. Частина 3. Результати застосування геоелектричних методів при вирішенні інженерно-геологічних завдань // Геоінформатика. 2017.- № 2. С. 55-63.
- [6] Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / Под общ. ред. В.В.Клюева. Т.5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль / В.П. Вавилов - М.: Машиностроение, 2004. – 697с.
- [7] Неразрушающий контроль / справочник в 8 томах под редакцией В.В. Клюева // Машиностроение Москва, 2006 № 5 С. 325.
- [8] Нестерук Д.А. Инфракрасно - ультразвуковой контроль воды в сотовых панелях самолетов / Д.А.Нестерук, В.С.Хорев, К.Н.Коробов. // Контроль. Диагностика. Томск, 2011 №11 С. 11-14.

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ СТАЛЕВИХ БУНКЕРІВ ДЛЯ
ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ**

**RESOURCE-SAVING STEEL BUNKER FOR LOADING OF RAILWAY
CARS**

д-р техн. наук А.В. Махінко¹, д-р техн. наук Н.О. Махінко²
¹ТОВ Етуаль (м. Київ)
²Національний авіаційний університет (м. Київ)

A. Makhinko¹, D.Sc. (Tech.), N. Makhinko², D.Sc. (Tech.)
¹ETUAL LLC (Kyiv)
²National Aviation University (Kyiv)

Зернові культури відносяться до одних з основних експортних продуктів нашої країни. Враховуючи значну протяжність транспортних шляхів для перевезення зерна з різних регіонів, раціональний вибір варіанту поставки підвищує загальний рівень рентабельності даної продукції. Одним з шляхів зниження собівартості зернових культур, за рахунок скорочення споживання енергоносіїв, є застосування залізничних перевезень. Ефективність даної логістичної мережі для зернових терміналів значно зростає при реалізації можливості швидкого та рівномірного забезпечення завантаження вагонів [1]. В першу чергу це залежить від обладнання та технологічних конструктивних вирішень споруд для завантаження, які повинні відповідати вимогам міцності та жорсткості, а також мати належні експлуатаційні якості для тимчасового зберігання зернових. В якості таких конструкцій застосовуються бункери завантаження об'ємом 100...500 м³ виготовлені з оцинкованої листової сталі (Рис. 1).

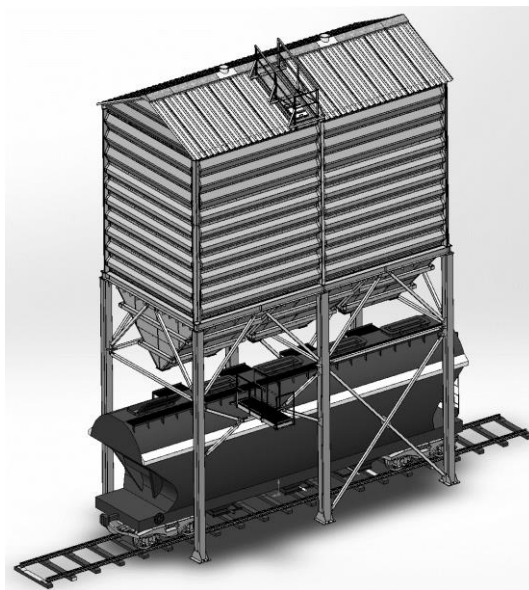


Рис. 1. Завантажувальні бункери з гофрованим корпусом (ТОВ «ЗЕО Сокіл»)
З метою зниження енергетичних та фінансових втрат, при виробництві

бункерів для завантаження вагонів, доцільно застосовувати серійні елементи у вигляді сталевих гофрованих панелей. Такі листи мають збільшену жорсткість на згин, а тому менш чутливі до місцевої втрати стійкості при впливі вітрового навантаження або присутності локальних дефектів у вигляді погнутостей або викривлень [2].

Варто звернути увагу, що загалом вартість бункерів оцінюється їх металоємністю, яка в свою чергу найбільше залежить від маси панелі. Тому, з метою реалізації ефективних методів проектування, була сформульована задача визначення мінімальної маси гофрованої панелі зернового силосу. Це дозволить отримувати ресурсозберігаючі рішення конструкції завантажувального бункера та підвищить економічний ефект за рахунок зменшення металоємності без втрати несучої здатності.

В рамках дослідження, розглядалася гофрована панель, яка схематизує стінку бункера для зберігання сипкого матеріалу. Розміри поперечного перерізу панелі визначені рядом незалежних параметрів, такими як висота гофри h_p , ширина полицок гофри a_p , відстань між гофрами b_p та кутом нахилу стінок гофри β_p (рис. 2). Умова оптимальності визначалася мінімальною масою гофрованої панелі.

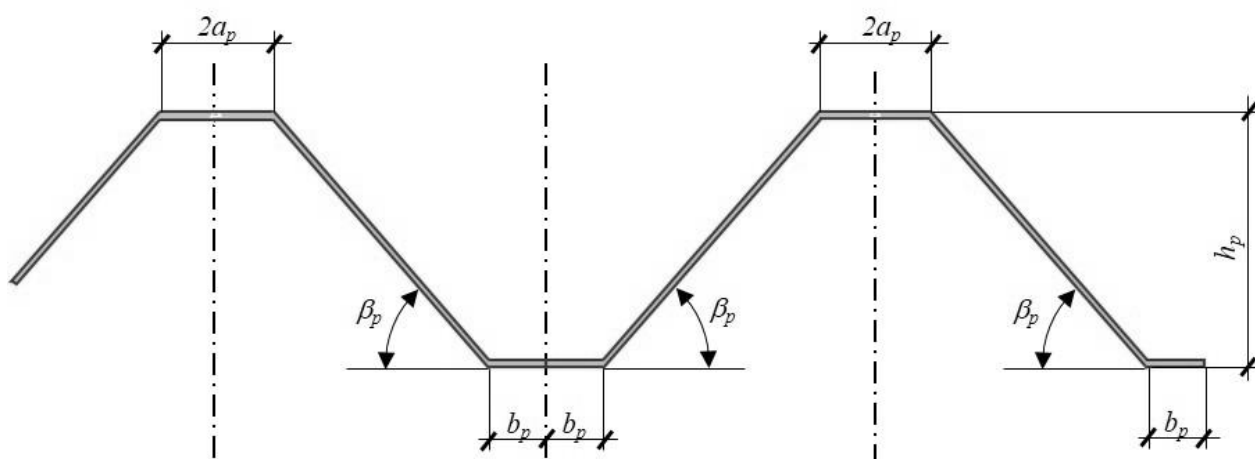


Рис. 2. Геометрична схема гофрованої панелі

В результаті були отримані лаконічні та зручні для інженерного користування формули для визначення оптимальної висоти та ширини полицок гофри для кутів нахилу стінки до 60° . Дані вирази можна застосовувати для випадку гофрованої панелі з обмеженою по довжині кількістю монтажних стиків. Викладений алгоритм розрахунку дозволяє реалізувати оптимальні проектні рішення ресурсозберігаючих конструкцій прямокутних сталевих бункерів для завантаження залізничних вагонів.

[1] R.Kingwell, P. Elliott, P. White, C. Carter Ukraine: An emerging challenge for Australian wheat exports. South Perth: AEGIC, 2016. 105 p.

[2] Лапенко О.І., Махінько Н.О. Вплив профілювання листів на жорсткісні характеристики емностей для зберігання зерна *Наука та будівництво*. К., 2018. Вип. № 2(16). С. 40-45.

**ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСНОВ**

USE OF WASTE TO IMPROVE THE PROPERTIES OF FOUNDATIONS

*канд. техн. наук О.В. Михайловська¹,
докт. техн. наук М.Л. Зоценко¹*

*¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(м.Полтава)*

*O.V Mykhailovska¹, Ph.D.(Tech),
M.L Zotsenko¹, Doctor of Sciences (Tech)*

¹National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)

Використання ґрунтоцементу, як матеріалу для виготовлення фундаментів та підсилення основ, є ефективним напрямком зниження вартості будівництва адже використовуються ґрунти, що залягають безпосередньо в основі будівельних об'єктів. Ґрунтоцемент останнім часом широко використовується з метою покращення властивостей основ, для спорудження різних геотехнічних споруд.

Ґрунтоцементні конструкції все більше набирають популярності у фундаментобудуванні, а саме: улаштування підпірних стін котлованів; улаштування протифільтраційних завіс; зміцнення зсувонебезпечних схилів; підсилення основи існуючих фундаментів похилими, горизонтальними та вертикальними ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ); залізничних насипів; поліпшення будівельних властивостей торф'яних, лесових ґрунтів, насипних, слабких ґрунтів ($E < 5$ МПа).

Для покращення властивостей ґрунтоцементу різними авторами запропоновані добавки у вигляді вапна, глини, різних пластифікаторів [4], пісків і хвостів (відходів збагачення корисних копалин) [3]. Однак актуальною є проблема накопичення відходів підприємств (зола, золошлакові відходи теплоелектростанцій (ТЕС)), які займають значні площі.

М.С. Мальований пропонує відходи ТЕС використати з метою виготовлення добавки шляхом змішування дисперсної мінеральної добавки – золи винесення ТЕС з пластифікатором. В якості пластифікатора використовують сульфатне мило, причому компоненти модифікатора змішують в такому співвідношенні: зола виносення теплоелектростанцій 97 – 99 мас. %; сульфатне мило – 1 – 3 мас. % [1].

Блащук Н.В. Маєвська І.В. пропонують з метою збільшення ефективності та покращення міцнісних властивостей ґрунтоцементних елементів додавати золу виносення [2].

Авторами проведено дослідження впливу вмісту золи-виносення Миколаївської ТЕС на міцнісні властивості ґрунтоцементних елементів.

Зола винесення є тонкодисперсним матеріалом, який складається з частинок розміром до 0,14 мм, утворюється в результаті спалювання твердого палива на ГРЕС.

Методика проведення експерименту: цемент та воду у необхідній кількості перемішували до отримання «цементного молока». Кількість цементу приймали 20 % від ваги сухого ґрунту. Водоцементне відношення (В/Ц) приймали 1,0. Потім в отриманий розчин додається ґрунт (суглинок лесовий) з вологістю 14% та зола винесення. Суміш перемішували до однорідної маси протягом не менше 5 хвилин. Після перемішування ґрунтоцементна суміш викладатиметься у циліндричні форми. Випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96.

До проведення випробування зразки зберігались зануреними у воду протягом 28 діб з метою набору міцності. Кількість золи виносу становила 5%, за масою від маси цементу.



Рис. 1. Загальний вигляд компонентів суміші: 1 –зола виносу Миколаївської ТЕС; 2 – суглинок лесовий.

Застосування золи Миколаївської ТЕС в якості мінеральної добавки при виготовленні ґрунтоцементних елементів у кількості 5% від маси цементу збільшує міцність на стиск. Таким чином розширюється коло застосування ґрунтоцементних елементів та збільшується їх ефективність.

Однак при виробництві ґрунтоцементу мають значення реологічні властивості золи, особливо висока тонкість помелу, вигідне фракціонування і форма її частинок.

[1]. Спосіб виготовлення модифікатора для протизсувних споруд. №126483 МПК С04В 28/14 (2006.01) Україна М.С. Мальований, М.О. Бондар, М.І. Канда. № u201713144; Заявл. 29.12.2017; Опубл. 25.06.2018. Бюл.2018.№12. 4 с

[2]. Блащук Н.В. Маєвська І.В. Використання золи винесення у складі ґрунтоцементу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/download/9154/7828>

[3]. Новицький О.П. Вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Полтава: ПолтНТУ, 2012. Вип. 4 (34), 2012. С.171-177.

[4]. М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія Харків: Друкарня Мадрид, 2016. 94 с.

**СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ
ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА**

**MODERN APPROACHES TO THE FORMATION OF DISTRIBUTED
ACCOUNTING SYSTEMS OF ENTERPRISE ENERGY RESOURCES**

*д-р техн. наук В. І. Мойсеєнко
Л. П. Єрмоленко*

Український державний університет залізничного транспорту

*Dr. Sc. (Tech) V.I. Moiseenko,
L.P. Yermolenko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У попередній статті [1] було акцентовано увагу на екологічну безпеку при організації управління підприємством, але ці проблеми не можуть бути вирішені без комплексного системного підходу до процесу управління підприємства в цілому, що неможливо без розгляду питання про енергетичну складову життєвого циклу підприємства. Якщо ми розглянемо процес енергоциклу підприємства, то можемо виділити три основні етапи: облік, аналіз та контроль.

Поділ на етапи необхідний для надання економічного обґрунтування, а для цього обов'язковими етапами є саме ті які перераховані вище.

Якщо послідовно розглянути кожен з цих етапів, то ми можемо побачити, що на деякому рівні кожен з них вже певною мірою вирішений.

Є класична дворівнева система управління на підприємстві, при якій пасивний об'єкт, як елемент першого рівня, збирає інформацію про свій життєвий цикл і передає її на другий рівень активного офісу, який аналізує хід життєвого циклу і формує управлінські рішення. Збір необхідної інформації на нижньому рівні вирішений досить детально і навіть є надмірним для того, щоб оптимально управляти життєвим циклом. Проблема полягає в тому, щоб передати весь необхідний масив інформації до пристроїв більш високого рівня, що вимагає дуже широкого каналу передачі даних, що володіє досить високою швидкістю і надійністю, гарантують збереження, надійність і незмінність переданої інформації. Такі послуги підприємство отримує від сторонніх організацій, що крім високої вартості послуги тягне ще і залежність управлінського циклу від роботи цих сторонніх організацій, що вкрай неприпустимо для об'єктів критичної інфраструктури. Крім цього, подібна схема викликає чималий роздутий штат співробітників, в тому числі аналітиків, які аналізують життєвий цикл кожного об'єкта окремо і підприємства в цілому з усіх питань життєзабезпечення. А це своєю чергою веде до ускладнення всіх управлінських процесів всередині верхнього офісу, що вимагає додаткових допоміжних підрозділів, що ще більше ускладнює процес прийняття

управлінських рішень, структура стає громіздкою, питання вирішуються довго і малоефективно, що неприпустимо для підприємств залізничного транспорту.

Дана проблема ускладнюється тим фактором, що навіть при наявності впроваджених розподілених систем обліку (АСКУЕ) є велика проблема в отриманні доступу до банку даних зібраних об'єктом з боку різних сторонніх структур, що мають право приймати ті чи інші управлінські рішення.

Ми пропонуємо змінити парадигму в розв'язання цієї проблеми й відмовитися від передачі величезного масиву даних до пристроїв більш високого рівня для аналізу і таким чином забезпечити використання всього наявного (а можливо і розширеного) набору даних для вирішення питань "внизу". Це вимагає революційного підходу до організації та зміни апаратної складової обладнання нижніх рівнів, де класичний пасивний об'єкт крім збору інформації наділяється і функціями "активного офісу", що самостійно вирішує тактичні питання життєзабезпечення, а "активний офіс" позбавляється аналітичного апарату.

Більш того, даним "активному об'єкту" можна доручити додатково невластиві раніше питання щодо забезпечення управління навколишніх об'єктів інфраструктури. Іншими словами ми говоримо що на нижньому рівні повинна бути сформована нейронна мережа, яка організовує, аналізує і планує управління життєвим циклом об'єкта в найбільш оптимальних, а значить відповідає енергозберігаючим і енергоефективним критеріям з урахуванням сформованих наразі зовнішніх умов.

Іншими словами у нас вводиться поняття про сценарії управління. З огляду на те, що дані нейромережі будуть перебувати на кожній точці обліку енергоресурсів, ми маємо розподілену всеосяжну мережу, яка контролює життєвий цикл підприємства в цілому. При об'єднанні на кожній точці обліку і при скоординованому управлінні нейромережами ми маємо скоординовану систему управління підприємства в цілому.

"Активний" управлінський офіс переходить в розряд центру, що приймає стратегічні управлінські рішення, що дозволяють підприємству стати рівноправним суб'єктом енергоринку і вийти на рівень збалансованої незалежної структури, активно використовує переваги "smart grid" технології.

Оскільки залізниця є об'єктом в системі енергоринку, на неї повною мірою покладаються питання балансування єдиної енергосистеми в цілому. Також залізниця має можливість сконцентруватися на використанні акумуляторів енергії повторно для балансування "зеленої енергетики" для власних потреб, а також використовувати їх для зовнішнього використання іншими суб'єктами енергоринку. Таким чином, ми бачимо, що у зв'язку з цим нейромережі в даному напрямку повинні бути розгорнуті на рівні держави та бути відкритими.

[1] Dotsenko S., Fesenko H., Illiashenko O., Kharchenko V., Moiseenko V., Yermolenko L. " Integration of Security, Functional and Ecology Safety Management Systems: Concept and Industrial Case " 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 470-474, doi: 10.1109/DESSERT50317.2020.9125010.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У КАБЕЛЬНОМУ ТУНЕЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF TEMPERATURE MODE OF FIRE IN CABLE TUNNEL DEPENDING ON ITS PARAMETERS

*канд. техн. наук, доцент О.М. Нуянзін¹, канд. техн. наук С.О. Сідней¹,
канд. техн. наук, доцент П.І. Заїка¹, С.М. Федченко¹, Б.О. Алімов²,*

¹Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України (м. Черкаси)

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ)

***O.M. Nuianzin¹, PhD (Tech.), S.O. Sidnei¹, PhD (Tech.),
P.I. Zayika¹, PhD (Tech.), S.M. Fedchenko¹, B.O. Alimov²***

¹Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil Protection of Ukraine (Cherkasy)

²Institute of Public Administration and Research in Civil Protection (Kyiv)

Як показали досліди зі спалювання потоків кабелів в умовах кабельного тунелю температура в зоні горіння кабелів з ізоляцією з поліетилену або з паперовою просоченою ізоляцією досягає 1000-1200° С [1]. При цьому спостерігається виділення значного обсягу чорного диму і інших газоподібних продуктів, що призводить до зниження видимості і ускладнює дії персоналу з гасіння пожежі та евакуації людей.

Для побудови математичної моделі температурного режиму пожежі у кабельному тунелі, необхідно було провести повний факторний обчислювальний експеримент. У табл. 1 вказані інтервали параметрів в експерименті, які обрані в якості факторів.

Таблиця 1 – Інтервали варіювання факторів в обчислювальному експерименті

Фактор 1. Пожежне навантаження у перерахунку на 1 м ² кабельного тунелю, МДж/м ² (Далі – x_1)	Фактор 2. Площа поперечного перерізу кабельного тунелю, м ² (Далі – x_2)	Фактор 3. Горизонтальна складова швидкості руху повітря, м/с (Далі – x_3)
224,7-2247	2,88-4,4	0-5

Обрана математична модель являє собою лінійну залежність максимальної температури всередині кабельного тунелю від обраних факторів, що має вигляд.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1x_2x_3 \quad (1)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$ – коефіцієнти регресії.

Для визначення вихідних даних повного факторного експерименту було проведено розрахунки 8 комп'ютерних моделей у які було закладено параметри варіантів максимуму і мінімуму інтервалів у різних комбінаціях. На рис. 1 показані результати експериментів.

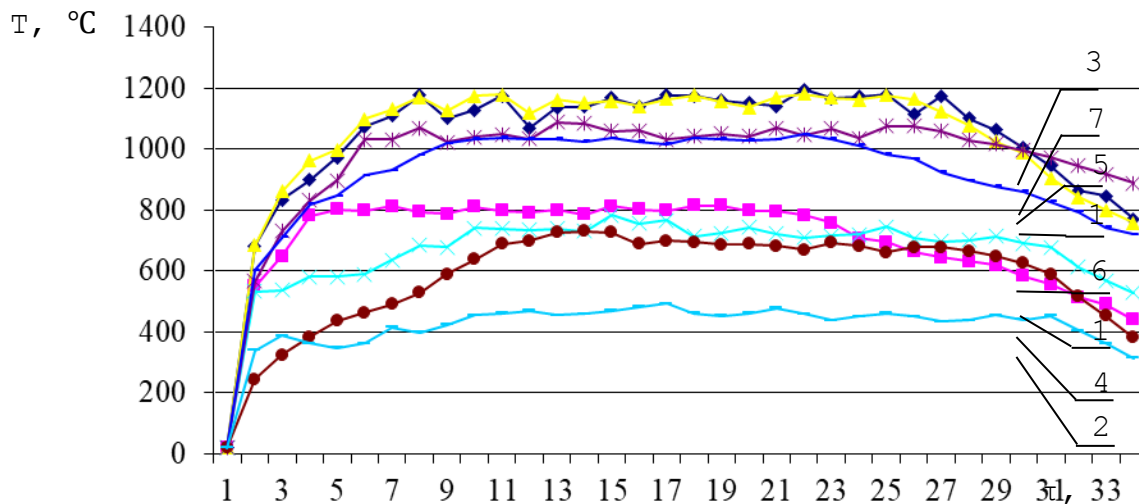


Рис. 1. Зведений графік розрахунку 8 комп'ютерних моделей, дані яких вхідними для повного факторного експерименту: 1-8 – номер експерименту.

За результатами повного факторного експерименту отримано регресію максимальної температури всередині кабельного тунелю під час пожежі (T_{max}), тривалості пожежі у певній локальній зоні кабельного тунелю (τ_l) та часу досягнення максимальної температури всередині кабельного тунелю під час пожежі (τ_{max}), що представлені виразами (2) – (4):

$$T_{max} = 0,097 \cdot x_1 - 27,92 \cdot x_2 - 11,391 \cdot x_3 + 0,01 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,001 \cdot x_1 \cdot x_3 - 5,279 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,001 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + 870,594 \quad (2)$$

$$\tau_l = 0,002 \cdot x_1 - 1,439 \cdot x_2 + 0,0125 \cdot x_3 + 0,001 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,016 \cdot x_2 \cdot x_3 + 48,969 \quad (3)$$

$$\tau_{max} = 0,001 \cdot x_1 + 0,596 \cdot x_2 + 0,05625 \cdot x_3 + 0,025 \cdot x_2 \cdot x_3 + 6,55 \quad (4)$$

Отримавши регресійні залежності, стало можливим створити математичну модель поведінки огорожувальних будівельних конструкцій кабельних тунелів та оцінювати їхню межу вогнестійкості при різних температурних режимах пожежі.

[1] Nuianzin O. et al. Experimental study of temperature mode of a fire in a cable tunnel //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. №. 3 (10). С. 21-27.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ
ОБЛИЦЮВАННЯМ З ПРОСОЧЕНОЇ ФАНЕРИ**

**RESEARCH OF POSSIBILITIES OF PROVIDING FIRE RESISTANCE OF
WOODEN BEAMS WITH FIRE PROTECTION COATING WITH
IMPROVED PLYWOOD**

*докт . тех. наук С.В. Поздєєв¹, канд. тех. наук С.О. Сідней², М.І. Змага²,
канд. тех. наук О.В. Некора², канд. тех. наук Я.В. Змага²*

¹Інститут державного управління у сфері цивільного захисту(м. Київ)

*²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного
університету цивільного захисту України (м. Черкаси)*

*S.V. Pozdeev¹, DSc(Tech.), S.O. Sidney², PhD(Tech.),
M.I.Zmaha², O.V. Nekora², PhD(Tech.), Y.V.Zmaha², PhD(Tech.)*

¹Institute of Public Administration in the Sphere of Civil Protection (m. Kyiv)

*²Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil
Defence of Ukraine (Cherkasy)*

Значний обсяг теоретичних і експериментальних досліджень щодо вогнестійкості будівельних конструкцій та їх елементів викладено в роботах: Белікова А.С., Жартовського В.М., Фоміна С.Л., Шналя Т.М., Фоломіна А.І., Знаменського Є.М., Силіна В.М., Ройтмана М.Я., Цапко Ю.В., Сізікова О.О., Поздєєва С.В., White R.H., Lie T.T., Silcock G.W.H., Forauter A., Barteleml B.

Всі перераховані заходи в тій чи іншій мірі впливають на вимагаємий клас вогнестійкості конструкцій, та при цьому не розглянуті наступні питання: підвищення класу вогнестійкості фанери, додаткове навантаження на конструкцію, великі працезатрати при обробці, поведінки вогнетривкої фанери під час вогневого впливу, а також погіршення фізико-хімічних властивостей фанери і вплив вогнезахисної обробки на вогнестійкість таких конструкцій.

Оскільки, сучасні конструкції із деревини є клеєні та фанерні конструкції, а вони в свою чергу відрізняються від цільної деревини, низкою важливих характеристик: за міцністю, довговічністю, енергоефективністю та способом виготовлення конструкцій. Клеєна деревина має постійні механічні властивості і не має прихованих вад, це дає змогу проектувати надійніші та довговічніші конструкції, не обмежувати довжину дошки або бруса, що дає змогу перекривати великі прольоти споруд, складчасті конструкції відкрили широкі можливості для найрізноманітніших архітектурних рішень.

На даний час розроблено ефективні способи склеювання деревини, просочування вогнезахисними складами. Та продовжує бути одним з основних напрямків дослідження методи оцінки сумісності клеїв з просоченою деревиною та вогнестійкістю самих конструкцій при забезпечення енергоефективності, довговічності та пожежної безпеки, що зумовлює

актуальність нашого дослідження у вивченні поведінки дерев'яної балки з облицюванням вогнезахисною фанерою під час пожежі, а також вплив на клас вогнестійкості дерев'яної балки з облицюванням вогнезахисної фанери.

Для виготовлення експериментальних зразків використано 2 мм березовий лущений шпон вищого ґатунку, який було просочено методом «Занурення в технологічні ванни», так як, цей метод забезпечує просочення деревини до 4 мм, що забезпечило повне просочення шпону з використанням вогнезахисної речовини з використанням технологічної лінії ДОКу була виготовлена вогнезахисна фанера з товщиною 10 мм та 20 мм.

Оскільки значення класу вогнестійкості дерев'яних балок з облицюванням вогнезахисною фанерою визначають шляхом випробувань за стандартними методами випробувань на вогнестійкість, а показник класу вогнестійкості визначається настанням граничного стану за втратою несучої здатності і згідно [1] він рівний 60 хвилин, тому були проведені вогневі випробування фрагментів дерев'яних балок за стандартним температурним режимом пожежі.

Експериментальні зразки були виготовлені з соснових брусків розміром 250×70×350 мм і фанерою розмірами 370×90×360 мм та див. рис.1.

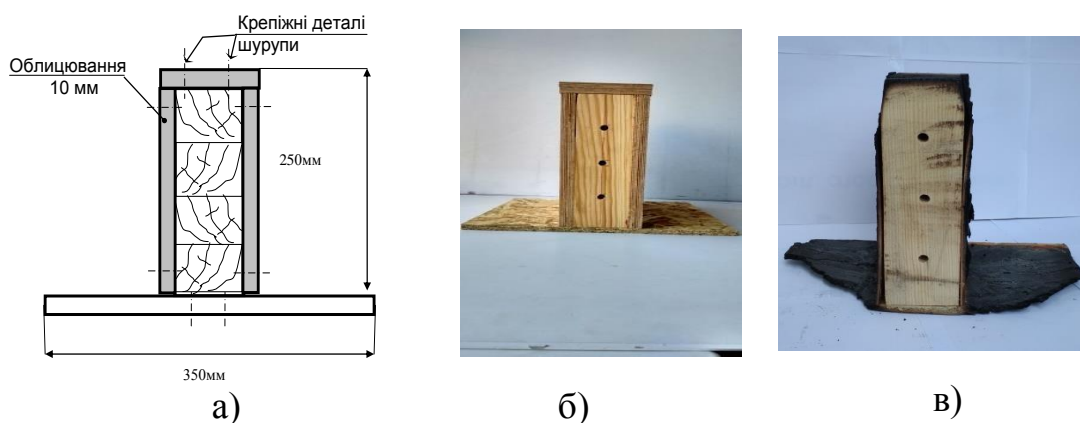


Рис. 1. Вигляд експериментального зразка: а) загальна схема зразка; б) фото зразка з розміщенням термопар; в) фото даного експериментального зразка після випробування

В дослідженнях даного авторського колективу були отримані результати глибини обвуглювання фрагментів дерев'яних балок з облицюванням вогнезахисною фанерою після проведення вогневих випробувань за стандартним температурним режимом.

[1] ДБН В 1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Основні положення. [Чинний 2017-01-01] К.: Мінрегіонбуд України, 2017. 75с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО
МІНЕРАЛОВАТНОГО ОБЛИЦЮВАННЯ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ В
УМОВАХ ПОЖЕЖІ**

**RESEARCH OF INTEGRITY OF FIRE INSULATION CLADDING WITH
MINERAL WOOL OF STEEL BEAM UNDER FIRE IMPACT**

*докт. техн. наук, професор С.В. Поздєєв, канд. техн. наук, В.О. Нуянзін,
О.В. Борсук, І.А. Неділько,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного
університету цивільного захисту України (м. Черкаси)*

*S.V. Pozdieiev, Dr.Sc. (Tech.), O.M. Nuianzin, PhD (Tech.), O.V. Borsuk,
I.A. Nedilko, PhD (Tech.)
Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil
Protection of Ukraine (Cherkasy)*

Сталеві конструкції широко застосовують у сучасному будівництві. Зокрема, використання набувають сталеві конструкції у будівлях швидкого зведення та із застосуванням енергозберігаючих технологій. Це промислові та сільськогосподарські будівлі (деревообробні цехи, склади будматеріалів, зерносклади, птахоферми, теплиці), гаражі для спецтехніки, фізкультурно-оздоровчі комплекси та виставково-розважальні центри, торговельні павільйони, адміністративні будівлі тощо.

Одним з недоліків сталевих конструкцій є низька вогнестійкість. Через високу теплопровідність металу та невеликі розміри перерізів сталеві конструкції швидко нагріваються. При температурі від 450 °С до 600 °С сталь переходить в пластичний стан [1]. При цьому відбувається повне руйнування конструкції. Для підвищення вогнестійкості сталевих конструкцій використовують засоби вогнезахисту.

Ефективним засобом забезпечення проектної вогнестійкості сталевих конструкцій залишається застосування вогнезахисного облицювання. Перспективним матеріалом для вогнезахисного облицювання є мінераловатні плити. З огляду на це, дослідження з питань вогнестійкості сталевих балок з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям є актуальними, оскільки вони також застосовується для зведення конструкцій із функцією енергозбереження.

Для моделювання напружено-деформованого стану (НДС) у сталевій балці із вогнезахисним облицюванням з мінеральної вати, нами був використаний узагальнений інженерний підхід, який базується на наступних положеннях.

1. Для розрахунку НДС деформованого тіла використовується загальний теоретичний підхід, який базується на ініціації переміщень точок системи деформованих тіл з використанням системи узагальнених рівнянь динаміки та

рівнянь НДС як відклик на дані переміщення, що апроксимується за допомогою метода кінцевих елементів (МКЕ), реалізованій у комп'ютерній системі LS-DYNA.

2. Для моделювання сталеві балки використовується двовимірні оболонкові кінцеві елементи (КЕ) прямокутної форми типу Беличко-Цая [2] із чотирма вузловими точками та п'ятьма точками інтегрування по товщині.

3. Для моделювання мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання використовується тривимірні масивні КЕ гексаедричної форми із вісьма вузловими точками.

4. У якості моделі матеріалу сталеві балки використовується термопружний матеріал із можливістю пластичних деформацій, діаграми деформування якого відповідають рекомендаціям другої частини Eurocode 3, форма яких включає тільки ділянку зростання та горизонтальну ділянку. Спадаюча гілка не враховується, оскільки її наявність суттєво не впливає на характер деформування сталеві балки, унаслідок переважання поперечних переміщень за умов втрати стійкості перерізу.

5. Для описання нелінійної поведінки матеріалу мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання застосовується модель Блатц-Ко [2].

6. Припускається, що порушення щільності з'єднання між пластинами мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання та поверхнею балки відбувається за умови розшарування мінеральної вати, оскільки за технічними умовами виробника клей має добру адгезію та є стійким до впливу високих температур, тоді як міцність на розшарування при відриві та зсуві самої мінеральної вати набагато менша [3].

7. Для описання роботи з'єднання між пластинами мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання та поверхнею використовується модель контактної взаємодії із його порушенням за умови досягнення міцності на зсув та відрив між контактуючими поверхнями, що дорівнюють відповідній міцності самої мінеральної вати як найменш міцного матеріалу.

8. Прикладання навантаження має динамічну історію та відбувається поступово із початковим прикладанням власної ваги, діючого навантаження та прикладанням температурного навантаження згідно із обчисленим на останній стадії.

У результаті розрахунку виявлені умови втрати цілісності вогнезахисного мінераловатного облицювання і відповідно втрати вогнезахисної здатності сталевих конструкцій, що є частиною конструкцій із функціями енергозбереження.

[1] Nuianzin O. et al. Experimental study of temperature mode of a fire in a cable tunnel //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. №. 3 (10). С. 21-27.

[2] Hallquist, J.O.: LS-DYNA Theory Manual, Livermore Software Technology Corporation: California, USA 2005.

[3] ТУ 5762-004-74182181-2014 Плиты технические минераловатные теплоизоляционные "ТЕХНО"

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗКРИТТЯ ПРОРІЗІВ ЛЕГКОСКИДНИХ
КОНСТРУКЦІЙ З ПОЛІКАРБОНАТНИМ ОГОРОДЖЕННЯМ В
УМОВАХ ВИБУХУ**

**INVESTIGATION OF DISCLOSURE OF RELIVE VENTING
STRUCTURES WITH POLYCARBONATE FENCING IN CONDITIONS OF
EXPLOSION**

докт. техн. наук С.В. Поздєєв,

докт. техн. наук В.В. Ніжник,

Ю.Ю. Підгорецький, канд. техн. наук А.В. Швиденко

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного
університету цивільного захисту України (м. Черкаси)*

S.V. Pozdieiev, Dr.Sc. (Tech.), V.V. Nizhnyk, Dr.Sc. (Tech.),

Yu.Yu. Pidhoretskiy, A.V. Shvydenko, PhD (Tech.)

*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil
Protection of Ukraine (Cherkasy)*

Приміщення категорій А и Б за вибухо- та пожежною небезпекою у відповідності із нормами, чинними в Україні ДСТУ Б В.1.1-36: 2016 [1] слід оснащувати зовнішніми легкоскидними конструкціями (ЛСК). При цьому в даному документі вказується, що необхідну площу ЛСК слід визначати розрахунками. Враховуючи відсутність стандартних розрахункових методик щодо визначення конструктивних параметрів традиційних матеріалів та конструкцій систем ЛСК для розробки даної методики були використані всі означені роботи, що входять у основну базу посилань щодо розгляду питань у даній галузі і є такими, що визнаються вітчизняними та закордонними фахівцями пожежної безпеки та цивільного захисту. Для поєднання функцій ЛСК та енергозберігаючого огородження перспективним є застосування полікарбонатних стільникових листів, що закріплюються у стандартному віконному профілі.

При визначенні проектуванні ЛСК на основі стільникових полікарбонатних листів як основні конструктивні параметри мають бути визначені ширина (найменший розмір та висота (найбільший розмір) прорізів рам віконного профілю. Для цього можна використати рівняння рівноваги. У даному випадку у це рівняння мають входити тільки дані конструктивні параметри.

При визначенні проектних характеристик ЛСК на основі СПЛ мають бути застосовані прості інженерні розрахункові методики. Вирішуючи рівняння рівноваги методом простих ітерацій за методикою, що описана у роботі [2], були побудовані номограми для визначення параметру a у залежності від параметру b при певному надлишковому тиску, для якого має бути забезпечено відкриття ЛСК на основі СПЛ різної товщини. Побудовані номограми наведені

на рис. 1.

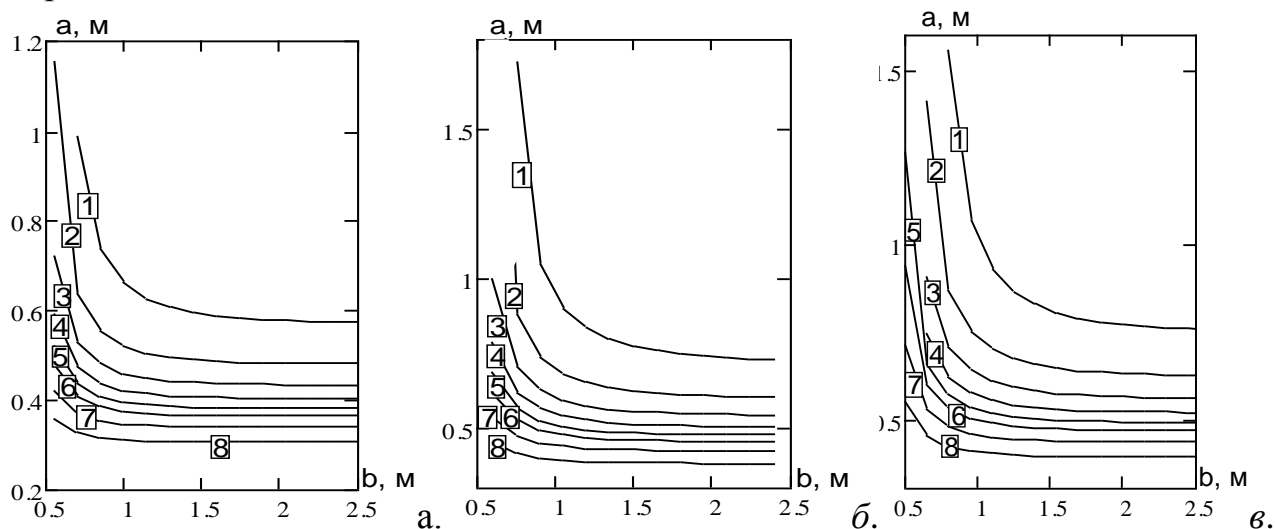


Рис. 1. Номограми для визначення параметру a у залежності від параметру b легкоскридних конструкцій на основі сотових полікарбонатних листів товщиною 4 мм (a), товщиною 6 мм ($б$) та товщиною 8 мм ($в$) при певному надлишковому тиску, для якого має бути забезпечено відкриття: 1 – 2500 Па; 2 – 5000 Па; 3 – 7500 Па; 4 – 10000 Па; 5 – 12500 Па; 6 – 15000 Па; 7 – 20000 Па; 8 – 30000 Па.

Таким чином, для проектування секцій ЛСК, що також можуть слугувати енергозберігаючим огороженням, отримані номограми, які дозволяють це виконувати простим інженерним методом.

[1]. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.

[2] Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов, т.1: Учебное пособие для втузов. 13-е изд. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 560 с.

УДК 624.012.35:620.173/174

МЕХАНІКА ДЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ І КОНСТРУКЦІЙ

MECHANICS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS AND STRUCTURES DEFORMATION

д-р техн. наук В.М. Ромашко

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

V.M. Romashko, D.Sc. (Tech.)

National University of Water Management and Nature Recourses Use (Rivne)

Енергоефективність транспортних будівель і споруд певною мірою залежить від конструктивної надійності їх окремих елементів. Запорукою ефективного проектування останніх завжди була теорія їх розрахунку. Для залізобетонних елементів такою є теорія залізобетону у вигляді сукупності положень і тверджень про закономірності деформування бетону і арматури та їх спільну взаємодію. Як справжня наукова теорія, вона повинна описувати властивості зазначених матеріалів, пояснювати цілісну картину закономірностей

деформування залізобетонних елементів і конструкцій та забезпечувати можливості визначення їх дійсного напружено-деформованого стану на будь-якій стадії деформування. Тому її розвиток завжди супроводжувався удосконаленням наступних структурних елементів:

- передумов – в основному у вигляді фундаментальних понять та принципів, законів та аксіом, припущень та гіпотез, характерних для залізобетону;
- ідеалізованого об'єкту – переважно у вигляді абстрактних моделей визначальних ознак, властивостей та взаємозв'язків залізобетону як твердого тіла;
- логіки – у вигляді сукупності певних співвідношень (правил, способів і засобів), націлених на прояснення структури знань про залізобетон та спрямованих на їх розвиток;
- висновків – як сукупності законів і тверджень, методів і методик, здатних спрогнозувати стан залізобетонних елементів і конструкцій на будь-якій стадії їх деформування.

Тобто можна констатувати, що удосконалення окремих структурних елементів теорії завжди веде як до появи якісно нових моделей чи методів розрахунку залізобетонних елементів конструкцій, так і до формування абсолютно нової теорії їх деформування. Інакше кажучи ступінь взаємної відповідності та узгодженості вищезгаданих структурних елементів між собою обумовлює не тільки повноту, але й ефективність розроблених методів розрахунку залізобетонних елементів і конструкцій.

В цьому сенсі цілком обґрунтованою стала заміна «силової» моделі деформування залізобетонних елементів на «деформаційну». Однак, сьогодні складається таке враження, що вже і деформаційна теорія потребує суттєвого удосконалення, оскільки її «ідеалізовані об'єкти» (абстрактні моделі) доволі слабо пов'язуються з «логікою» досліджень залізобетону, а тому:

- технічна теорія зчеплення арматури з бетоном вкрай слабо інтегрована в загальну теорію залізобетону;
- питання методологічної (діалектичної) єдності розрахунків конструкцій за граничними станами практично так і не вирішено;
- внутрішня статична невизначеність залізобетонних елементів навіть у розрахунках за несучою здатністю у більшості випадків розкривається за допомогою численних ітерацій;
- у розрахунках за тріщиностійкістю та прогинами виникає необхідність не тільки в численних ітераційних операціях, але й у використанні різного роду емпіричних параметрів, залежностей та коефіцієнтів;
- відсутність універсальних методик розрахунку, які могли б реалізовуватися як програмно, так і за допомогою інженерних експрес-методів, часто веде до втрати не тільки інженерної осяжності самих результатів розрахунку, але й фізичної сутності процесів деформування.

Тому основні положення загальної механіки деформування залізобетонних елементів і конструкцій пропонується розбудовувати в рамках узагальненої деформаційно-силової моделі їх опору силовим впливам [1]. На відміну від «деформаційних» моделей [2, 3], її основним елементом виступає не стільки діаграма деформування окремого матеріалу ($\sigma_c - \varepsilon_c$ чи $\sigma_s - \varepsilon_s$), як

універсальна діаграма стану елемента $M - 1/r$. Отримана вона завдяки гіпотезі «нелінійності» жорсткості, а тому за певних вихідних умов здатна перетворюватися в стандартні діаграми деформування самих матеріалів $\sigma_c - \varepsilon_c$ чи $\sigma_s - \varepsilon_s$. Саме завдяки такій взаємній трансформації вищезгаданих діаграм забезпечується методологічна єдність розрахунку залізобетонних елементів і конструкцій за несучою здатністю, тріщиностійкістю та прогинами. Більше того, універсальна діаграма стану залізобетонного елемента $M - 1/r$ виступає тою ланкою, що не тільки зв'язує, але й доповнює статично невизначну систему найпростіших статичних, геометричних та фізичних співвідношень механіки деформованого твердого тіла до рівня статично визначної.

Ще однією особливістю деформаційно-силової моделі є те, що вона дозволяє доволі просто «вмонтовувати» технічну теорію зчеплення арматури з бетоном в загальну теорію деформування залізобетону. Через осереднений переріз та осереднені деформації матеріалів в блоці між тріщинами всі параметри тріщиноутворення пов'язуються безпосередньо з параметрами зчеплення арматури з бетоном [4].

[1] Ромашко В. М. Деформаційно-силова модель опору бетону і залізобетону: монографія. Рівне: О. Зень, 2016. 424 с.

[2] EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. [Final Draft, Dec. 2004]. Brussels: CEN. 2004. 225 p.

[3] ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний від 01.06.11]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

[4] Ромашко О. В., Ромашко В. М. Основи моделювання багаторівневого утворення нормальних тріщин в залізобетонних елементах і конструкціях. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*. 2019. Вип. 187. С. 6-13.

УДК 625.7/8

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РІВНОСТІ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛАЗЕРНИХ ДОРОЖНІХ СКАНЕРІВ

FEATURES OF ASSESSING THE EVENNESS OF ROAD SURFACES USING LASER ROAD SCANNERS

*канд. техн. наук Р.В. Смолянюк, канд. техн. наук Н.В. Смолянюк,
канд. техн. наук І.В. Кіашко*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

*R.V. Smolianiuk, PhD (Tech.), N.V. Smolianiuk, PhD (Tech.),
I.V. Kiashko, PhD (Tech.)*

Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

Рівність покриття доріг є одним з основних показників, що характеризують якість автомобільної дороги. Рівність впливає на знос автомобіля, витрату палива, вартість перевезень, емоційний стан і комфортність руху для водіїв і пасажирів. У сучасній практиці оцінки рівності покриття найбільшого поширення набув показник рівності IRI (International Roughness Index) [1]. Для його визначення найбільш доцільно використовувати обладнання 2 класу, основним елементом якого є лазерні датчики. Лазерні датчики дають лазерний слід на поверхні покриття дороги в межах 2-5 мм (рис. 1) і працюють з

частотою 2-16 кГц. З врахуванням частоти роботи іншого обладнання реальна частота вимірювань складає від 200 Гц. Однак, і така частота є надлишковою для оцінки рівності дороги за IRI. Ці дані можуть бути використані для оцінки стану покриття на мостах і шляхопроводах, де є концентрація дефектів [3,4].

В роботі виконано аналіз типових профілів, що відповідають таким видам дефектів, і побудовані моделі таких профілів. За побудованими моделями дефектів було виконано моделювання проїзду автомобіля для розрахунку IRI [2]. Моделювання і розрахунок виконувалися програмним забезпеченням ProVAL (рис. 2).

На 4 експериментальних ділянках, що містять мости, установкою лазерного сканування ЛВС-4-ХНАДУ були виконані роботи по лазерному скануванню дорожнього покриття і визначенню рівності по IRI. У таблиці 1 представлені основні результати експерименту.

Результати розрахунків показують, що при достатній дискретизації значення показника IRI збільшується і може перевищити 4 м/км, що є граничним значенням рівності покриття з точки зору безпеки руху.



Рис.1 Слід від лазерного датчика на покритті дороги

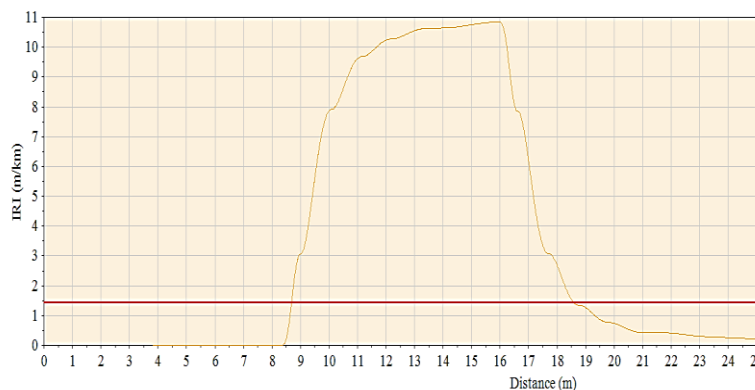


Рис.2 Результат розрахунку показника IRI для зруйнованого стику

Сучасні системи лазерного сканування мають технологічні можливості істотного збільшення кількості корисних даних, які вони можуть надати. При відповідній модернізації програмного забезпечення є можливість знімати профіль дорожнього покриття таких об'єктів як мости з маленьким кроком, що дає можливість виявляти на них різні специфічні дефекти.

Таблиця 1 - Порівняльна таблиця значень IRI, отриманих для різних умов

Номер об'єкту	Рівність по IRI, м/км для ділянки довжиною 10 м, що містить дефект		
	Профіль, виміряний з кроком 20 см	Профіль, виміряний з кроком 2 см	Значення рівності, отримане для моделі дефекту
1	2,57	3,86	3,56
2	3,39	4,82	4,74
3	1,86	2,42	2,66
4	3,62	4,64	3,99

Також в результаті експериментальних досліджень було встановлено, що

особливість конструкції лазерних датчиків не дозволяє оцінювати поперечну рівність дорожніх покриттів, виконаних з щебенево-мастичного асфальтобетону. Ця проблема також може бути подолана введенням особливого високочастотного режиму зйомки покриття в місцях, де необхідні такі вимірювання. Вирішення цієї проблеми також можливо за рахунок модернізації програмного забезпечення з введенням окремого протоколу записи таких даних.

[1] Sayers M W and Karamihas S M 1998 The little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles (Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute) p 306.

[2] Sayers M W 1989 Two Quarter-Car Models for Defining Road Roughness: IRI and HRI Transportation Research Record 1215 165–172.

[3] Smolyanyuk R V, Smolyanyuk N V, Startsev V A and Zakharchenko M R 2019 Modeling the influence of technological inequalities on a bridge floor on traffic conditions Bulletin of KhNAHU 86(1) 186–191.

[4] Young Suk Park, Dong Ku Shin and Tae Ju Chung 2005 Influence of road surface roughness on dynamic impact factor of bridge by full-scale dynamic testing Canadian Journal of Civil Engineering 32(5) 825-29.

УДК 629.4.06: 620.179.13

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ДЛЯ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

APPLICATION OF THERMAL IMAGING INSPECTION TO SAVE ENERGY RESOURCES IN THE OPERATION OF TRACTION ROLLING STOCK

*канд. техн. наук Сумцов А.Л., канд. техн. наук Чигурик Н.Д.
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A.L. Sumtsov, PhD (Tech.), N.D. Chyhyryk, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Економія енергоресурсів важливий напрям підвищення ефективності функціонування будь якої галузі. В умовах постійного зростання конкуренції між різними видами транспорту ефективність використання енергоресурсів разом з іншими заходами надає конкурентної переваги. Разом з тим запровадження енергоефективних технологій надає змогу досягти більш високих стандартів економічності. Так, наприклад, встановлення енергоощадних вікон в купейних вагонах дозволяє знизити витрати на опалення та кондиціонування вагону і разом з тим покращити умови роботи бригади обслуговування. При проектуванні нового рухомого складу впровадження нових енергоефективних технологій не викликає особливих проблем. При модернізації наявного парку особливо гостро відчувається необхідність виявлення найбільш проблемних напрямків та місць втрат енергії.

В сучасних умовах найбільш ефективним приладом для визначення теплового стану різних об'єктів є тепловізор [1, 2]. При його застосуванні, підчас обстежень рухомого складу виявляються недоліки як систем охолодження устаткування так і теплової ізоляції робочих приміщень, зокрема кабін машиністів [3].

Тепловізійне обстеження вікон дозволяє перевірити характеристики теплоізоляції віконних блоків та виявити місця неякісного їх монтажу (рис. 1).

Крім того використання тепловізійного обстеження дозволяє своєчасно виявляти дефекти в роботі іншого устаткування. В якості прикладу розглянемо теплограму вентилятора охолодження тягових електродвигунів (рис. 2).

Зона найбільшого перегріву в приведеному прикладі припадає на підшипниковий вузол, що свідчить про недоліки в його роботі. Це призводить до збільшення витрат тепловозом палива через необхідність збільшення потужності на привід цього вентилятора.

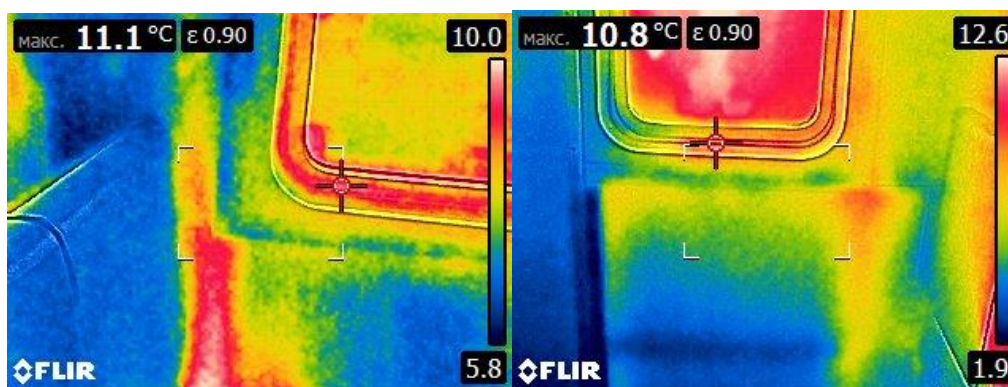


Рис. 1 Тепловізійне обстеження вікон

Таким чином при своєчасному виявленні даного дефекту та оперативному проведенні заходів з його усунення забезпечується економія енергоресурсів, знижуються витрати мастильних та інших витратних матеріалів, запчастин та забезпечується надійність функціонування вузла.

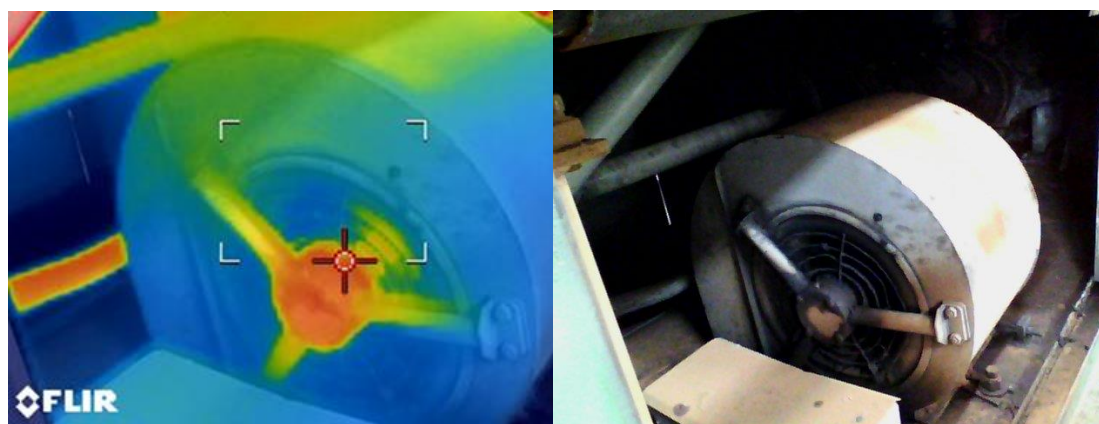


Рис.2 Теплова діаграма та загальний вигляд вентилятора охолодження тягових електродвигунів

[1] Andriy Sumtsov, Anatoliy Falendysh, Olha Kletska Thermal imaging diagnostics locomotives. MATEC Web of Conferences, 2018. Vol.182 01004.

[2] Боряк К. Ф. Перспективы внедрения температурного мониторинга для диагностики технического состояния механических узлов подвижного тягового железнодорожного состава / К. Ф. Боряк, С. Л. Волков, Е. С. Шпат // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2014. № 2. С. 50-53

[3] A Sumtsov, A Falendysh, N Chyhyryk, O Vasilenko, I Vykhopen Energy saving for the suburban rolling stock. International Journal of Engineering and Technology (UAE), 2018. Vol/ 7(4) p.361-365

**ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ НОВАЦІЙ
ЕНЕРГО – ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ
ТРАНСПОРТІ**

**THE EXPERIENCE IN IMPLEMENTING MEASURES AND REALIZATION
INNOVATIONS OF ENERGY AND RESOURCE CONSERVATION
RAILWAY TRANSPORT**

*канд. техн. наук Ю.Л. Тулей, А.І. Підпригора, Д.В. Чупахіна
Регіональна філія «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» (м. Харків)*

*Yu.L.Tulei, PhD (Tech.), A.I. Pidprygora, D.V. Chupakhina
«Southern Railway» Regional Branch of JSC «Ukrzaliznytsia» (Kharkiv)*

Важливим елементом транспортної діяльності є енергетична безпека. Упровадження прогресивних енергозберігаючих технологій в усіх напрямках експлуатаційно-господарської діяльності має дозволити вивільнити частину коштів, які необхідно направити на модернізацію та відновлення транспортної інфраструктури. Наявний потенціал підвищення енергоефективності АТ «Укрзалізниця» (більше 20%) необхідно розглядати як перспективну сферу роботи та можливість істотного посилення привабливості інвестиційного клімату.

Упровадження політики енергозбереження в Україні в цілому, а також на залізничному транспорті зокрема вимагає змін на рівні управлінських рішень шляхом розвитку системи енергетичного менеджменту.

Залізничний транспорт є однією з найбільш ресурсо- і енерговитратних галузей економіки. У першу чергу, це стосується електроенергії та дизельного палива, що використовуються в тязі поїздів. Наприклад, за 8 місяців 2020 року регіональною філією «Південна залізниця» було використано 354,0 млн кВт*год електричної енергії (82,7% на тягу поїздів), 19,65 тис. тонн дизельного палива (87,5% на тягу поїздів), 8,54 млн м³ природного газу, 648 тонн вугілля і 718 тонн бензину. В експлуатаційно-виробничих витратах філії витрати на енергетичні ресурси в останні роки сягають 24-26%. За останнє десятиріччя робота з бережливого виробництва, що ведеться в усіх напрямках діяльності залізничного транспорту, дозволила скоротити енергоємність залізничного транспорту на 15,61%, а безпосередньо регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» – на 18,53%.

Перспективним і важливим напрямком роботи є комплекс завдань з проведення енергетичного аудиту в масштабах усієї філії. Основна мета – узгодження нормативів використання паливно-енергетичних ресурсів з результатами енергетичних обстежень.

Наразі, окрім традиційної «Програми енергозбереження», яка впроваджена ще у 1998 році, в останні роки почали діяти «Програма з термомодернізації та санації будівель і споруд», «Програма приведення обліку електроенергії до вимог нормативно-технічної документації на 2018-2022 роки», а у 2020 році

впроваджено «Програму дій щодо забезпечення схоронності, раціонального споживання паливно-мастильних матеріалів на тягу поїздів».

Одним із важливих напрямків діяльності в сфері енергозбереження стало виконання значного обсягу робіт з термосанації будівель та споруд завдяки набуттю чинності Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» № 2118-VIII від 22.06.2017. На підставі розпорядження АТ «Укрзалізниця» по регіональній філії «Південна залізниця» у 2019 році було розроблено відповідну програму на загальну суму 11,8 млн. грн по 25 підрозділах філії. Програма містила розділи щодо встановлення сучасних вікон, дверей, утеплення фасадів будівель та покрівель, модернізація системи опалення.

Важливим питанням в експлуатаційній роботі залізничного транспорту є достовірний облік електричної енергії у підрозділах філії. На цей час багато лічильників електроенергії технічно застаріли, а тому у 2018 році було прийнято рішення про запровадження «Програми по приведенню обліку електроенергії до сучасних технічних вимог». Програма розрахована на 5 років, з поетапним встановленням сучасних лічильників та трансформаторів. Також згідно з інвестиційною програмою було проведено розробки проектно-кошторисної документації щодо обладнання вузлів обліку електроенергії ЛУЗОД, придбання обладнання і матеріалів, необхідних для виконання заходів з автоматизації зазначених точок. Для заміни лічильників, у яких закінчився термін експлуатації, які не підлягають ремонту або потребують перевірки, регіональна філія придбала у 2019 році за рахунок інвестиційної програми 150 од. лічильників трифазних багатотарифних СЕ303- U S6, також за рахунок інвестиційної програми були придбані 1000 боксів для лічильників типу КДЕ-3, які укомплектовані однофазними електронними приладами обліку електроенергії (з класом точності 1) з передачею даних типу НІК 2102-01.Е2МСТР1 і автоматами для формування АСКОЕ побут по дистанціях електропостачання, також була придбана та запроваджена система АСКОЕ побут. Загалом у межах виконання заходів «Програми приведення обліку електроенергії структурних підрозділів регіональної філії до вимог нормативно-технічної документації на 2018-2022 роки» структурними та виробничими підрозділами філії «Південна залізниця» у 2019 році було придбано 292 лічильники електроенергії та 57 трансформаторів струму на загальну суму 660,78 тис.грн (без ПДВ). Станом на 01.09.2020 придбано та встановлено ще 154 лічильники.

Водночас основним напрямком з економії енергетичних ресурсів на залізничному транспорті є тяга поїздів. Варто зазначити, що зношеність локомотивного парку досить висока, а тому реалізація заходів з підвищення ваги та швидкості поїздів у сьогоdnішніх реаліях не завжди можлива. Тому на перший план виходить оптимізація руху поїздів зі значним зниженням резервного пробігу, неграфікових зупинок, поїздопопереджень, хвилин нагону пасажирськими поїздами і, як наслідок, підвищення продуктивності локомотива. Безумовно важливу роль відіграє модернізація локомотивного парку сучасними приладами контролю дизельного палива та електроенергії.

**НАУКОВИЙ ПІДХІД ЩОДО РОЗРАХУНКУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТА КОЛОН**

**SCIENTIFIC APPROACH TO CALCULATION FIRE RESISTANCE OF
REINFORCED CONCRETE BEAMS AND COLUMNS**

*докт. техн. наук С.Л. Фомін, канд. техн. наук Ю.В. Бондаренко,
канд. техн. наук С.В. Бутенко, С.М. Колєсніков
Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*S.L. Fomin, D.Sc(Tech.), Y.V. Bondarenko, PhD(Tech.),
S.V. Butenko, PhD(Tech.), S.M. Koliesnikov
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture*

В зв'язку з гармонізацією національних будівельних норм з європейськими НДІБК розроблені та прийняті норми з розрахунку вогнестійкості залізобетонних балок [1] та залізобетонних колон [2]. Але при використанні даних норм виникає ряд проблем пов'язаних з розрахунком та підвищенням його точності для даних елементів будівель.

Однією з основних проблем є недостатнє освітлення уточнених методів розрахунку, їх опис та формулювання вимог до них, адже тільки уточнені методи дозволяють всебічно дослідити роботу залізобетонного елемента конструкції під час пожежі і врахувати можливі варіанти роботи всіх елементів конструкції будівлі в цілому в складі конструктивної схеми будівлі. Особливістю роботи конструкцій під час пожежі є те що розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі на елемент конструкції $E_{d,fi}$ відрізняється від розрахункового навантажувального ефекту на елемент конструкції за нормальної температури E_d . При чому в залежності від виду пожежі, її розташування, об'єму пожежі та інших факторів розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі на елемент конструкції $E_{d,fi}$ для окремого елемента може як збільшуватись так і зменшуватись. Це пояснюється перерозподілом зусиль між елементами конструкції будівлі в зв'язку з нелінійними законами деформування бетону та арматурної сталі.

Послідовність розрахунку уточненими методами має включати задання в кожному скінченому елементі абсолютної або еквівалентної температури, визначення жорсткостей елементів конструкції шляхом завдання закону нелінійного деформування і при наявності арматури в елементі, її відсотка уздовж всіх осей, моделювання нелінійних навантажень. Розроблена методика розрахунку несучої здатності конструкцій і робочих навантажень в умовах пожежі [4] дозволяє прогнозувати зміну стану будівель, розробити сценарії небезпечних ситуацій з урахуванням різних комбінацій нагріву, розробити пропозиції щодо забезпечення необхідної вогнестійкості.

Важливою проблемою є відсутність чіткої математичної нелінійної моделі стиску діаграми «напруження - деформації» для бетону з урахуванням дії температурних впливів [3]. В нормах [1,2] висхідна гілка діаграми «напруження - деформації» описана наступною формулою

$$\frac{3\varepsilon f_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta} \left(2 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,\theta}} \right)^3 \right)} \text{ при } \varepsilon \leq \varepsilon_{c1,\theta} \quad (1)$$

де ε – відносна деформація бетону,

$f_{c,\theta}$ – значення міцності бетону на стиск за температури θ ,

$\varepsilon_{c1,\theta}$ – відносна деформація бетону при максимальному навантаженні за температури θ ,

А низхідна гілка діаграми «напруження - деформації» для бетону має узагальнений опис для використання лінійних та нелінійних моделей.

Також слід звернути увагу на помилковість значень відносної граничної деформації бетону $\varepsilon_{cu1,\theta}$ [3] в даних нормах [1,2], що в свою чергу веде до завищених значень міцності бетону на стиск при підвищених температурах і відповідно до завищених значень вогнестійкості елемента конструкції та будівлі в цілому. Діаграма «напруження - деформації» для бетону з урахуванням дії температурних впливів повинна описуватись нелінійною та неперервною математичною функцією, що одночасно описує висхідну та низхідну гілки [5] та дає точне визначення відносної граничної деформації бетону $\varepsilon_{cu1,\theta}$ як екстремум потенційної енергії деформації в даній точці.

[1] ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 Національний стандарт України. Настанова з проектування залізобетонних балок Розрахунок на вогнестійкість. Мінрегіон України. Київ 2015.

[2] ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014 Національний стандарт України. Настанова з проектування залізобетонних колон Розрахунок на вогнестійкість. Мінрегіон України. Київ 2015.

[3] S.L. Fomin., S.V. Butenko, K.V. Spirande, M.V. Iakymenko, Mathematical model of concrete strain diagram under heating. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 708 (2019) 012048.

[4] Fomin S.L. Assessment of fire resistance of multi-storey frame buildings // Collection of scientific papers "Resource-saving materials, structures, housings and buildings". Issue 16, Part 1, Rivne: Publisher of the National University of Water and Environmental Management. (2008) 204-212.

[5] Фомін С.Л., Бондаренко Ю.В., Бутенко С.В., Колесніков С.М., ХНУБА Проблеми теорії і практики вогнестійкості залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Problems of Emergency Situations: Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2020. – 462 с

УДК 699.812

ВИПРОБУВАННЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ: ІСТОРІЯ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

FIRE RESISTANCE TESTING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES: HISTORY, CURRENT SITUATION AND PROBLEMS, PROSPECTS OF DEVELOPMENT

*докт. техн. наук С.Л. Фомін, канд. техн. наук І.А. Плахотникова,
канд. техн. наук С.В. Бутенко, С.М. Колесніков
Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*S.L. Fomin, D.Sc(Tech.), I.A. Plakhotnikova, PhD(Tech.),
S.V. Butenko, PhD(Tech.), S.M. Koliesnikov
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture*

Наука про вогнестійкість має початок ще в 64 році нашої ери, коли імператор Нерон створив правила, які вимагали використання вогнестійких матеріалів для зовнішніх стін при відбудові міста [1]. Але вона не мала

розвитку аж до 17 століття до епохи Відродження. В цей час починає з'являтися технічний підхід до протипожежного захисту. В становлення науки про вогнестійкість внесли вклад Майкл Фарадей, який описав процес горіння (1825), Маллард і Лешательє, які досліджували механізми поширення полум'я (1885), Галілео Галілей, який розробив термоскоп. У 18 столітті є можливим відмітити праці Габрієля Фаренгейта, який винайшов ртутний термометр (1714), та Андерса Цельсія, який розробив температурну шкалу (1742). 19 століття хаактеризується роботами Юліус Майер, Джеймса Джоуля, Германа фон Гельгольма, Рудольф Клаузіуса, в яких вивчені процеси теплообміну та сформульовані перші два закони термодинаміки. На початку 1900 років Дж. Клерк Максвелл визначив, що світло пов'язано з електромагнітними хвилями, і Макс Планк пояснив деталі, пов'язані зі світловим випромінюванням, що започаткувало квантову механіку [1].

Дж. Рендалл Лоусон написав Технічні примітки NIST 1628 «Історія вогневих випробувань» [2], де показав основні прориви в науці, техніці й вимірювальній техніці, які привели випробування на вогнестійкість до його сучасного стану розвитку. Розвиток випробувань на вогнестійкість характеризується наступними етапами, що мали місце. Перший етап або перша революція в випробуваннях на вогнестійкість була в 19 столітті, коли були розроблені основні інструменти, що дозволяють вимірювати температуру й тепловий потік. Друга революція відбулася на початку двадцятого століття і базується на можливості використовувати машини для автоматичного і віддаленого запису параметрів вогню. Третя революція в випробуваннях на вогнестійкість відбулася в другій половині двадцятого століття та триває зараз і визначається розвитком доступних комп'ютерів, можливості реєстрації даних, комп'ютерного аналізу даних і науково обґрунтованих моделей прогнозування [2].

В сучасний стан науки про вогнестійкість залізобетонних конструкцій можливо охарактеризувати такими проблемами: принцип призначення вогнестійкості конструктивних елементів будівель [3], що призводить до питань про надійність будівлі; розроблення уточнених методик розрахунку для загального аналізу конструктивної схеми будівлі при пожежі; відсутність точних та обґрунтованих математичних моделей діаграми деформування бетону та арматури при підвищених температурах, особливо в частині опису низхідної гілки стиску бетону [4]; недостатньою вивченістю вогнестійкості вузлів з'єднання елементів будівель між собою [3]; відсутність випробувань що дозволять точно оцінити термічні та конструктивні навантаження на несучі балки великих прольотів і конструкції перекриттів [5].

В майбутньому є можливим розвиток науки про вогнестійкість в наступних напрямках: оцінка вогнестійкості нових класів та видів матеріалів [1]; дослідження процесів горіння в умовах іншої гравітації та умовах відмінних від земних [2]; дослідження умов пожежі в зв'язку з появою нових альтернативних видів палива [2]; створення нових видів вогнестійких матеріалів з наперед заданими властивостями.

[1] Фомін С.Л., Бутенко С.В., Плахотнікова І.А., Колесніков С.М. Наукові основи випробувань на

вогнестійкість залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2020. 462 с.

[2] J. R. Lawson A History of Fire Testing/ J. Randall Lawson.–Gaithersburg: US Department of Commerce, 2009. 41 р

[3] Фомін С.Л., Бондаренко Ю.В., Бутенко С.В., Колесніков С.М., ХНУБА Проблеми теорії і практики вогнестійкості залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2020. 462 с

[4] S.L. Fomin., S.V. Butenko, K.V. Spirande, M.V. Iakymenko, Mathematical model of concrete strain diagram under heating. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 708 (2019) 012048.

[5] Fomin S.L. Assessment of fire resistance of multi-storey frame buildings // Collection of scientific papers "Resource-saving materials, structures, housings and buildings". Issue 16, Part 1, Rivne: Publisher of the National University of Water and Environmental Management. (2008) 204-212.

УДК 624.012

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЙМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF PROBABILITY EVALUATION OF THE FAILURE-FREE OPERATION OF REINFORCED CONCRETE BEAMS, STRENGTHENED UNDER LOAD

*канд. техн. наук Р.Є. Хміль, канд. техн. наук Р.Ю. Титаренко,
канд. техн. наук Я.З. Бліхарський, канд. техн. наук П.І. Вегера
Національний університет «Львівська політехніка» (м.Львів)*

*R. Khmil, PhD(Tech.), R. Tytarenko, PhD(Tech.),
Y. Blikharskyu, PhD(Tech.), P. Vegeera, PhD(Tech.)
Lviv Polytechnic National University, (Lviv)*

У статті вивчається вплив рівня навантаження в момент підсилення залізобетонних балок прямокутного перетину на ймовірність їх безвідмовної роботи, а також вдосконалюється базова методика оцінювання надійності [1]. Апробувавши базову та вдосконалену методики (адаптовані до чинних норм проектування залізобетонних конструкцій) на реальних зразках балок, отримано рекомендаційні значення ймовірностей безвідмовної роботи $P(\beta)$ – в порівнянні з результатами, приведеними в [2, 3]. Відмінність методик між собою – у способі оперування стохастичним параметром рівня навантаження в момент підсилення.

Здійснено порівняльний аналіз отриманих результатів – залежно від діаметра додаткової сталевий арматури та рівня навантаження в момент підсилення.

Практичне значення результатів, одержаних у статті, полягає у можливості використання як базової, так й вдосконаленої методики оцінювання надійності.

Відповідно до результатів теоретичного дослідження, для проектування більш надійного підсилення балки (за приведеним у статті способом нарощування розтягнутого армування), рекомендовано: використовувати базову методику [1] – для рівнів навантаження при підсиленні не більше $0,3 \times M_{ult,0}$ (де $M_{ult,0}$ – несуча здатність не підсиленої балки); вдосконалену методику – для вищих рівнів навантаження.

На основі апробування базової і вдосконаленої методик оцінювання надійності, отримано відповідні значення ймовірностей безвідмовної роботи $P(\beta)$ з наступними діапазонами: 0,999624...0,999758 (базова) та 0,999606...0,999775 (вдосконалена).

[1] Khmil R., Tytarenko R., Blikharsky Y., Vegera P. Development of the procedure for the estimation of reliability of reinforced concrete beams, strengthened by building up the stretched reinforcing bars under load. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 5(7), 2018, P. 32–42.

[2] Trentin C., Casas J.R. Safety factors for CFRP strengthening in bending of reinforced concrete bridges. Composite Structures. Vol. 128, 2015, P. 188–198.

[3] Wang N., Ellingwood B., Zureick A. Reliability-based evaluation of flexural members strengthened with externally bonded fiber-reinforced polymer composites. ASCE. Vol. 136, 2010, P. 1151–1160.

УДК 629.016

ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ СИСТЕМИ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

ENERGY MANAGEMENT FOR IMPLEMENTATION OF HIGH-SPEED RAILWAY SYSTEM

*канд. тех. наук А.О. Шевченко¹, канд. тех. наук О.О. Матвієнко²,
канд. тех. наук В.А. Лютий¹, доц. В.Г. Мануйленко¹, Н.О. Муригіна¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²ТОВ «Геологія та стандартизація» (м. Харків)

*A.O. Shevchenko¹, PhD (Tech.), A.A. Matvienko² PhD (Tech.),
V.A. Lyutyu¹, PhD (Tech.), V.G. Manuylenko¹, PhD (Tech.), N.O. Murygina¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²OOO Geology and Standardization. (Kharkiv).

Основним із чинників функціонування і розвитку економіки країни, її стійкого зростання є сучасна, безпечна і надійна транспортна інфраструктура. В умовах глобалізації розвиток ефективних транспортно-комунікаційних систем – це необхідна умова інтеграції країн в світові ринки [1]. Розширюється міжнародне співробітництво й поглиблення інтеграційних процесів пов'язано з формуванням міжнародних транспортних коридорів, що забезпечують міжнародні економічні, культурні, туристичні та інші зв'язки між країнами [2, 3]. В цілому вони створюються на найбільш значущих напрямках руху потоків людей і вантажів.

Система високошвидкісних залізниць ділиться на підсистеми з численними сполучними ланками між ними:

- підсистема контролю та управління;
- підсистема колії;
- підсистема подачі енергії;
- підсистема рухомого складу.

Характеристики високошвидкісної залізничної системи обумовлені наступним:

а) функціями, необхідними для безпечного здійснення залізничного руху і для експлуатації, як в нормальних, так і в погіршених умовах;

б) взаємодією потягу, поїзного обладнання, і обладнання зв'язку поїзда із залізничною лінією, і ін;

в) рівнем експлуатації, необхідним для відповідності основним вимогам.

Найважливішими вимогами для кожної з підсистем є [3-4]:

1. Безпека: кожен новий проект повинен включати необхідні заходи, щоб рівень ризику нещасних випадків для кожної підсистеми не перевищував об'єктивного рівня, необхідного для обслуговування. З цією метою визначені специфічні і дуже строгі вимоги. Необхідно встановити прийнятні норми рівня безпечної експлуатації.

2. Надійність, ефективність і обслуговування: загальні вимоги для проектування кожної підсистеми повинні забезпечувати контрольований рівень ризику, термін служби і знос складових частин. Якість обслуговування повинно забезпечувати безпеку.

3. Захист здоров'я пасажирів і обслуговуючого персоналу: повинні бути вжиті заходи обережності, щоб гарантувати, що використані матеріали та проект кожної підсистеми не становлять небезпеки для здоров'я людей, що мають до них доступ.

4. Захист навколишнього середовища: кожна підсистема не повинна містити речовин, які при нормальному використанні забруднюють навколишнє середовище, наприклад, виділенням парів або газів, створенням електромагнітних завад і ін.

5. Технічна сумісність: можлива сумісність зі справжньою і традиційною мережею, яка використовується в Україні, повинна бути збережена, щоб сприяти здійсненню поїздок і не перешкоджати експлуатації.

Дані принципи впровадження високошвидкісної мережі залізниці в Україні повинні виконуватися з урахуванням відповідних критеріїв та параметрів розміщення колії в існуючій системі інфраструктури [5].

Маючи розгалужену транспортну інфраструктуру і перебуваючи на перехресті найважливіших напрямків світової торгівлі між Європою та Азією Україна має всі передумови для розвитку транспортної галузі в рамках виваженої державної політики. У той же час формування міжнародних транспортних коридорів є складним процесом, що вимагає політичних, соціальних, економічних і організаційно-технічних інновацій і перетворень. Сьогодні перед усіма країнами стоїть завдання подальшого розширення простору несилкових сценаріїв трансформації фінансово-економічного порядку у світі.

[1] А.А. Шевченко Високошвидкісний рух на залізницях України, етапи впровадження. 80-ая международная научно-техническая конференция. «Развитие научной и инновационной деятельности на транспорте» Тези науково-методичної конференції кафедр університету. 24-26 квітня 2018 р. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Випуск 177 УкрДУЗТ. С. 112-113.

[2] Anna Shevchenko, Oleksander Matviienko, Vitalii Lyuty, Vladimir Manuylenko, and Mykhailo Pavliuchenkov. Ways of introduction of the high-speed movement of passenger trains in Ukraine. Matec Web of Conferences, 230, 01014 (2018) Transbud-2018.

[3] A A Shevchenko, O O Matviienko, V A Lyuty, V G Manuylenko and N A Murygina. Digital models and the effect of error when shooting terrain for high-speed traffic. Conf. Series: Materials Science and Engineering 708 (2019) 012028.

[4] Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт [текст]: ЦП/0067: Затв. Мініст.

тансп. України від 12.2000р - Д. :Арт-Прес. 2001 132с.

[5] Інструктивні вказівки з основних питань улаштування та утримання Залізничної колії [текст]: ЦП/0161 : затв. Наказом Укрзалізниці 20.12.2006. К.:Транспорт України.- 2007. 264 с.

УДК 624.014

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТА ЇХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

THE THEORETICAL BASIS OF CALCULATION OF BEARING CAPACITY OF THE STATICALLY INDETERMINATE REINFORCED CONCRETE BEAMS AND ITS EXPERIMENTAL RESEARCH

*канд. тех. наук О.А. Шкурупій, канд. тех. наук П.Б. Митрофанов,
канд. тех. наук Ю.О. Давиденко, канд. тех. наук О.Г. Горб
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

*A.A. Shkurupiy, PhD (Prof.), P.B. Mytrofanov, PhD (Tech.),
Yu.O. Davydenko, PhD (Tech.) , O. Horb, PhD (Tech.)
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

Специфічні особливості залізобетону висувають додаткові вимоги до методів розрахунку міцності, жорсткості та стійкості залізобетонних конструкцій (ЗБК) і їх залізобетонних елементів (ЗБЕ), у яких необхідно враховувати й деформації матеріалу, тобто використовувати деформаційні моделі.

На сьогодні одним із головних завдань при проектуванні ЗБК є уточнення існуючих та розроблення нових методик розрахунку, в тому числі й на основі деформаційної методики (ДМ), що запропоновано і в нових нормативних документах [1, 2, 8]. Нерозрізні балки досить широко застосовуються в різних будівлях та спорудах як несучі конструкції. Тому дослідження їх роботи з урахуванням високоміцних та самоущільнюваних бетонів особливістю яких є здатність ущільнюватися без механічного впливу, заповнювати форми під дією власної ваги без вібрації, що передбачає максимальне уникнення трудомістких, енергозатратних операцій їх вкладання та ущільнення, а також забезпечення високої якості поверхні конструкції після розпалублення. Вдосконалення методики розрахунку таких конструкцій є важливим питанням. Використання ДМ дає можливість досить точно врахувати напружено-деформований стан (НДС) на різних стадіях роботи ЗБК, у тому числі й у граничному стані. Як відмічено в роботах [3 – 5], ДМ з екстремальним критерієм міцності (ЕКМ) має значні переваги над існуючими ДМ з емпіричним критерієм [1, 2, 9], особливо для розрахунку статично невизначуваних ЗБК, а також є суттєво новим підходом щодо розрахунку їх міцності та несучої здатності.

На основі розробленої оптимізаційної методики [3 – 5] можна розв'язувати широке коло задач при розрахунку ЗБК (балок, колон, рам тощо) із застосуванням широкого спектра класів бетону, в тому числі й високоміцних.

Тому проведення теоретичних і експериментальних досліджень для вивчення роботи нерозрізних балок з урахуванням перерозподілу зусиль (при утворенні в характерних перерізах умовних пластичних шарнірів [6]) і визначення граничних значень згинальних моментів та граничного навантаження з використанням методу граничної рівноваги [7] є актуальним завданням.

Метою роботи є розрахунок несучої здатності нерозрізних залізобетонних балок на основі ДМ з ЕКМ з використанням високоміцних бетонів при різних класах стержневої арматури та процентах армування, завантажених зосередженими силами в прогонах, і порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними, одержаними авторами та наведеними в роботах інших дослідників.

Теоретичні дослідження обмежувались задачею розрахунку несучої здатності залізобетонних нерозрізних балок із застосуванням ДМ з ЕКМ, оптимізаційних і чисельних методів та методу граничної рівноваги. Розрахункові положення й фізичні залежності наведено в роботах [3 – 5].

Алгоритм розрахунку таких конструкцій за цією методикою реалізований у спеціально розробленому програмному комплексі для ПЕОМ на базі операційної системи Windows.

Виконані експериментально-теоретичні дослідження нерозрізних залізобетонних балок при різних класах бетону, включаючи і високоміцні, дозволили зробити оцінку впливу конструктивних чинників та факторів зовнішнього впливу на їх несучу здатність, перерозподіл зусиль і визначення граничного навантаження.

Установлено, що запропонована інженерна методика на основі ЕКМ з достатньою точністю дозволяє аналізувати повний комплекс граничних параметрів нормальних перерізів ЗБК у стадії їх руйнування, дає можливість обчислити значення згинальних моментів у перерізах, де утворюються умовні пластичні шарніри, та враховувати перерозподіл зусиль у статично невизначуваних системах і визначати граничні навантаження.

[1] ДБН В.2.6.98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 01.06.2011]. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 72 с.

[2] ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону // К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 168 с.

[3] Митрофанов, В.П. Практическое применение деформационной модели с экстремальным критерием прочности железобетонных элементов // Коммунальное хозяйство городов. Серия: Архитектура и технические науки. Вып. 60. К.: Техника, 2004. С. 29 – 48.

[4] Шкурूपій, О.А. Міцність залізобетонних конструкцій та їх елементів на основі деформаційної моделі з екстремальним критерієм // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип. 74: в 2-х кн.: Книга 1. К.: ДП НДІБК, 2011. С. 605–614.

[5] Шкурूपій О.А., Митрофанов П.Б. Застосування деформаційної моделі з екстремальним критерієм для розрахунку міцності залізобетонних елементів із високоміцних бетонів // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2010. No 38. С. 683 – 689.

[6] Тихий М., Ракосник Й. Расчёт железобетонных конструкций в пластической стадии // Перераспределение усилий; пер. с чешск. М.: Стройиздат, 1976. 198 с.

[7] Гвоздев, А.А. Расчёт несущей способности конструкций по методу предельного равновесия // Сущность метода и его обоснование. М.: Госстройиздат, 1949. 280 с.

[8] Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992 1.1: General Rules and Rules for buildings. Brussels: CEN, 2004. 226 p.

Секція
РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

UDK 625.7/8

**CONTROL OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE ROAD SLAB
USING A SOLAR COLLECTOR**

Jamil Guliyev¹, Javanshir Guliyev²

¹ *Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

² *Turkish National Defense University (İstanbul, Turkey)*

The road should provide comfortable and safe driving, contribute to the least impact of changes in weather conditions and provide the highest coefficient of tire-road adhesion. All these requirements must be taken into account in the design, construction and operation of roads. Therefore, the road should be equipped with a device or system to prevent ice in winter, reduce the drying time of the slab after rain and maintain the hardness of the surface in hot weather. On dangerous sections of roads, ascents and descents, at intersections, airfield strips, etc. such equipment should be installed. The thermal condition of the road surface should be considered the main operational indicator that ensures proper transportation and traffic safety.

Currently, there are a number of proposals to support the issue under consideration. All of them have significant drawbacks and therefore are not widely used in practice. Known device [1] for heating road surfaces, which is a plate, inside which there are channels with heating elements of a heating cable. The slab is hydraulically and electrically insulated and its bottom base is thermally insulated. When voltage is applied to the electric cable, the road surface heats up.

The main disadvantages of this device are high maintenance and repair costs and low reliability. In the event of a cable or electrical connection failure, laborious work is required to open and remove part of the coating. The efficiency of heating various parts of the heating surface of the coating is associated with the peculiarities of heat transfer from the heating cable and is uneven. In addition, cooling of the road surface in this device is generally impossible.

Japanese patent [2] device for heating the road surface, has a plate inside which there are heating elements made of plastic pipes. A non-freezing working agent circulates inside the pipes in the form of a liquid. The lower base of the slab is thermally insulated. The device, in addition, includes a heat exchanger and a source of forced circulation in the form of a high-pressure pump, located off the road surface. The heat exchanger is built into the hot water supply system, and when the non-freezing working agent circulates through the heat exchanger, it heats up, correspondingly increasing the temperature of the plastic pipes inside the plate and heating the road surface. The main disadvantages of the known device are high operating costs with a low coefficient of heat use. In addition, it cannot be used to cool the road surface.

Another known device, [3] is intended to solve the issue under consideration, consists of a plate with a body, inside which there are heated elements in the form of

a system of pipes with liquid circulation in it. A high pressure pump and heat exchanger are located off the road surface. The device, when pumping a working agent through a heat exchanger-reservoir, heats it up and it, distilling it with a pump of a system of pipes laid under the roadbed, changes its temperature. The device allows cooling the road surface during hot weather. The main disadvantage of the known device is the impossibility of reaching a road surface temperature of a higher level than the temperature of the water in a nearby reservoir. In harsh winter conditions, this temperature may not be sufficient to prevent icing. In addition, the operation of the device depends on the presence of a reservoir near the road surface, with non-freezing water and temperature fluctuations in it. In the absence of a reservoir, the operation of the device is impossible.

In order to realize the independence of the road temperature control system from external heat exchangers (for example, reservoirs), the proposed device [4] contains a plate with a body insulated from the base side. A heating element is located inside the housing, which circulates an anti-freeze working agent. The device also has a source of forced circulation of the working agent and a heat exchanger. However, unlike the closest analogue, the plate body is sealed, the heat exchanger is located inside the body, and a throttle heat generator (elements) is used as a heating element. The source of the forced circulation of the non-freezing working agent in the hot season is the gas compressor. As a result of the forced circulation of the non-freezing working agent, the road surface is heated and cooled. A characteristic drawback of this device is its complexity, inefficiency and unreliability in operation, not the ability to use it without electrical energy.

In the device developed by us, the control of the temperature regime of the roadbed uses the principle of operation of the solar heat supply device and the cooling system of the internal combustion engine (ICE). Thermal solar energy is based on the use of devices and equipment that convert solar radiation into thermal energy. The heat from solar radiation can also be used to cool and heat the roadway. However, in this case, it is necessary to provide equipment in this system intended in the internal combustion engine for the cooling system of which a certain most favorable thermal regime is maintained and thereby allows protection against hypothermia and overheating.

When illuminating roads in some countries, including the United States, they began to block automobile roads with special plates (solar collectors) with glazing made with a special reinforcing method. In this case, the asphalt concrete road surface plays the role of a solar energy receiver and, as indicated in [3], these solar panels can withstand a load equal to the pressure of the wheels of a 40 ton truck. Also in this work, the ease of repair is noted, i.e. if any of the panels breaks, then there is no need to dismantle the entire section of the road, it is enough to remove only the faulty plate with the collector. Taking into account the achieved, and taking into account that in modern low-temperature heat supply systems (to), used to convert solar energy into low-potential heat, it is advisable to use a solar collector (SC) with a trap, the operating principle of which is described in [5]. This device is a solar collector through which the coolant circulates. The structure of the SC is thermally insulated from the back and glazed from the front.

The use of conventional flat SCs and tube-shaped vacuum SCs under cloudy weather conditions and at night breaks down their operating mode. Under these conditions, the coolant, due to the fact that the water instead of heating, on the contrary, is cooled, the system should have a SC panel with accumulating substances (bitumen), hydrogen gas, with a low pressure of paraffins, etc. Thus, in order to eliminate the disadvantages of conventional SCs, an active solar heat supply system, we propose to use it for the device under development described in [6], which is called a flat SC with a heat trap operating on the basis of hydrogen gas.

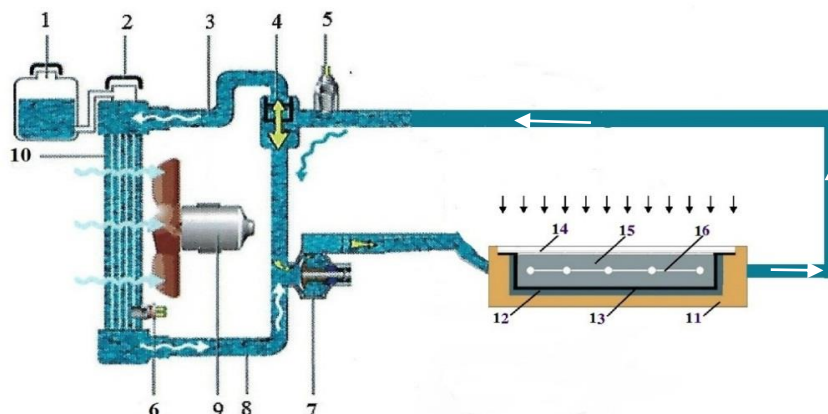


Fig 1. Schematic diagram of the device for controlling the temperature regime of the roadway using the SC: 1 - expansion tank; 2 - fuel neck; 3 - inlet pipe; 4 - thermostat; 5 - temperature sensor entering the liquid cooling system; 6 - the radiator liquid temperature sensor; 7 - pump; 8 - exhaust pipe; 9 - fan; 10 - radiator, 11 - sc case with trap, 12 - insulating thermal layer; 13 - sealing gasket, 14 - transparent coating (glass); 15 - layer of bitumen and kira; 16 - pipes through which the coolant circulates (non-freezing liquid).

The use of the developed device will make it possible to obtain an economic effect by increasing the service life of the road surface, reducing the consumption of freeing roads, from ice without using salt and sand mixtures, cooling and heating of asphalt reduce overall surface wear, eliminate the effect of salt on the environment, reduce transport safety, traffic jams and etc.

Let's consider the principle of operation of the device developed by us for maintaining the temperature regime of the road surface.

This device serves to maintain an optimal thermal regime of the roadway by means of controlled heat removal from the hottest road surfaces. To control the temperature regime of the roadway, a feature of the cooling system is used, a device that consists in a known method of maintaining the required temperature provided by a two-valve thermostat. When the temperature of the roadway is below optimal and it is required to warm up the surface, then the lower thermostat valve is closed and the cooling of the anti-freeze liquid coming from the SC pipes does not pass through the radiator. In this case, the heated liquid, up to a certain temperature in the SC, does not pass through the radiator. In this case, the liquid is heated by light radiation or heat accumulated in the SC trap and, with the help of a pump, circulates in a small circuit. The liquid leaving the SC tube passes to the upper thermostat valve and enters the pump again. As a result of the circulation of liquid in this part, the roadbed warms up quickly.

When the road surface is very hot, the upper thermostat valve is closed, the lower one is open. In this case, most of the liquid enters the radiator, is cooled in it, and then through the pipelines and through the open bottom valve of the thermostat enters the pump. A radiator is a heat exchanger in which heat is transferred to a liquid by an air stream.

The thermostat is an automatic valve that accelerates the heating of the frozen roadway and regulates, within certain limits, the amount of liquid passing through the radiator and the SC panel. It is installed at the outlet of the liquid (heat carrier) from the SC. A thermostat with a solid filler, a mixture of cerazine (oil truck), with copper powder, has a stem that is connected by a rocker with a damper (valve). When the road surface needs to be warmed up, the damper is open and the coolant (heat carrier) does not enter the radiator. When cerazine is heated, it melts, its volume increases, and by moving the stem, the valve opens. The liquid begins to circulate through the radiator (large circulation circle). Thus, as a result of the forced circulation of the anti-freezing agent through the SC with the trap, the road surface is heated or cooled. The technical result is an increase in efficiency, reliability and independence from power sources.

[1] RF patent №2114240, class. C 1/6 E 01, C 11/26, 31.01 1997

[2] Japanese patent No. 55-19322, cl. E 01, C 11/26, publ. 1980

[3] RF patent No. 2060316, class. C1, 6 E 01, C 11/24, E 01, D 19/22 J 3/00 01/20/1999

[4] https://findpatent.ru/img_show/8361976.html

[5] Salamov O.M., Garibov A.A. Salmanova F.A. Heat trap flat solar collector. Patent of the Republic of Azerbaijan, I 2014 0081, AR SM and PDK, 31.03.2014

[6] Salamov O.M., Hasanov V.H. Heat trap flat solar collector. Patent of the Republic of Azerbaijan No. I 2015 0087, AR SM and PDK, 16.12.2015

UDC 629.113

SIMULATION MODELING OF THE AUTOMOBILE BRAKING SYSTEM PERFORMANCE

*G. Viselga¹, D.Sc. (Tech.), Ev. Ugnenko², D.Sc. (Tech.),
E. Uzhviieva², PhD (Tech.), O. Tymchenko², PhD (Tech.), N. Sorochuk²*

¹*Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Traffic participators' safety relies heavily on effectiveness of vehicle braking system. Thus, braking system design is essential when designing a new vehicle. Modeling of the functionality of the designed system is one of the most important phases of design. Time and material expenses for imitational modeling are always less than actually producing maquettes and conducting experiments on them. Experiments should prove theoretical abstracts stated while modeling. Thus, the imitational model should be well designed and adequate [1].

When modeling a braking system, one should synthesize the synergy between different physical elements and systems – the linear and rotational movement of mechanical parts, the work of hydraulic system and its synergy with brake fluid, automatic electric control circuits based on microcontrollers [1].

MatLab allows to synthesize such imitational models with good accuracy and fast speed of experiment conducting. The developer of such a model can optimize the

algorithm functionality of braking system operation, optimize braking system elements' characteristics and use the imitational model as an observing system to detect perturbations in automatic control system functionality on live objects.

The aim of the presented work is minimization of time and material expenditures on designing a braking system using imitational modeling of the system, conducting experiments to optimize the algorithm of the automatic control of the designed braking system and its characteristics [2].

Imitational model can demonstration operation of the braking system in different modes and dynamics of the movement of the mechanical parts and thermal processes during braking, and measurement error, and the visibility of the algorithm of the brake system. Imitational model allow operator optimize parameters systems of control and operator can change parameters model braking system and parameters system of control of braking system in time work model [2].

Imitational model will connect to the stand with the mechanical part of the brake system for optimize parameters system of control and algorithms works braking system. System observation of system of control can determine external and internal disturbances of braking system. Imitational model allow efficient operation of brake system with different system of control.

[1] Деревянко В.А. Тормозные системы легковых автомобилей / В.А. Деревянко. – М.: Петит, – 248 с. (2001).

[2] Дж. Дэбни, Т. Харман Simulink 4. Секреты мастерства / Дэбни Дж., Харман. Т. – М.: Бином. Лаборатория знаний, – 404 с. (2003).

УДК 621.89

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ РІДКОКРИСТАЛІЧНОЇ ПРИСАДКИ НА ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНДУСТРІАЛЬНИХ ОЛИВ

RESEARCH INTO EFFECT OF CONCENTRATION OF LIQUID-CRYSTAL ADDITIVES ON TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF INDUSTRIAL OILS

Н.М. Аношкіна, О.С. Харківський

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

N.M. Anoshkina, O.S. Kharkovsky

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Індустріальна олива є дуже розповсюдженим мастилом для вузлів сучасної промислової техніки. Цей тип олив має відносно низьку ціну, але має істотний недолік - низька мастильна здатність. Такий недолік обумовлюється відсутністю ефективних функціональних присадок. Тож перспективним напрямком досліджень є пошук відносно дешевих присадок які могли б покращити антифрикційні та протизносні властивості даних олив.

Ми провели пошук таких присадок серед речовин, які здатні утворювати холестеричні рідкокристалічні фази [1]. Обрана нами рідкокристалічна присадка відноситься до групи терпенів. У структурі своєї молекули вона має фенантреновий скелет. Фенантрен і його похідні рис. 1 представляють собою трициклічні ароматичні вуглеводні [2]. Похідні фенантрени широко поширені в

живій природі і мають хорошу розчинність в мінеральних оливах.

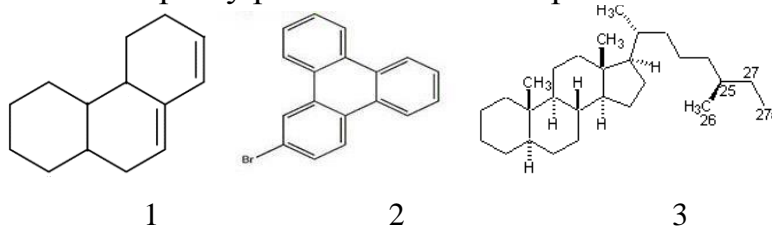


Рис. 1 Приклади речовин з фенантреновим скелетом: 1 – фенантрен; 2 - 2-бромбензо [9,10] фенантрен; 3 – (25R)-27а-гомо-5α-холестан

Дослідження впливу концентрації рідкокристалічних присадок з фенантреновим скелетом на трибологічні властивості індустриальної оливи И-30А ГОСТ 20799-88 проводилися на чотирьохкульовій машині тертя відповідно до вимог ГОСТ 9490-75.

Присадка додавалась в концентрації 0,1...0,5% з кроком 0,1. Для визначення індексу задиру і критичного навантаження використовувалися зразки з концентрацією присадки 0,1% і 0,4%. Для кращого розчинення присадки в оливі всі зразки було оброблено ультразвуком. Також було досліджено зразок оливи без присадки з ультразвуковою обробкою. Результати досліджень наведені в таблиці 1. Більш розширені результати дослідження доступні в роботі [3].

Таблиця 1 - Трибологічні показники досліджуваних сумішей

№ п/п	Концентрація, С, %	Обробка ультразвуком	Середній діаметр плями зносу, d_w , мм	Індекс задиру, I_z, H	Критичне навантаження, P_K, H	Навантаження зварювання, P_c, H
1	0	-	0,893	185,55	490	1568
2	0	+	0,72	183,52	490	
3	0,1	+	0,573	277,3	617	
4	0,2	+	0,567			
5	0,3	+	0,503	274,6	617	
6	0,4	+	0,439			
7	0,5	+	0,534			

Досліджувана присадка чинить значний вплив на протизносні властивості індустриальної оливи. Максимальне зниження середнього діаметра плями зносу спостерігаємо при концентрації присадки 0,4%. Бачимо що раціональним діапазоном концентрацій є 0,3...0,4%.

Протизадирні властивості індустриальної оливи з присадками також покращуються. Індекс задиру зростає приблизно на 48%, в порівнянні з оливою без присадок. Відповідно, критичне навантаження збільшується з 490 Н до 617 Н. Навантаження зварювання для всіх зразків залишається сталим 1568 Н.

Слід відзначити, що одним з перспективних напрямків досліджень є

вивчення трибологічних характеристик олиव з таким типом присадок під дією зовнішнього електричного поля, так як відомо, що рідкокристалічні присадки досить чутливі до таких видів полів.

[1] Воронін С.В., Аношкіна Н.М., Горбачов М.В., Куп'янський С.Д. Використання рідкокристалічних сполук в якості антифрикційних та протизношувальних присадок до мастильних матеріалів мобільних машин. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. Харків, 2019. Вип. № 1 (59), 2019. С. 65-72.

[2] Пономарёв Д. А., Фёдорова Э. И. Основы химии терпенов: учебное пособие. Сыкт. лесн. ин-т. Сыктывкар : СЛИ, 2014. 56 с.

[3] Воронин С.В., Стефанов В.А., Онопрейчук Д.В., Сафонюк И.Ю., Аношкина Н.Н. Влияние концентрации и типа жидкокристаллической присадки на трибологические характеристики промышленных масел. *Трение и износ*. Минск, 2020. Вип. № 4 (41), 2020. С. 498-505.

УДК 678.8:539.2

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ АРМОВАНИХ ПЛАСТИКІВ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURE OF REINFORCED PLASTICS FOR VEHICLES

*канд. хім. наук П.А. Білим, канд. техн. наук А.С. Rogozin,
канд. техн. наук П.М. Фірсов, канд. техн. наук С.М. Золотов
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(м. Харків)*

*P.A. Bilym, PhD (Chem.), A.S. Rogozin, PhD (Tech.),
P.M. Firsov, PhD (Tech.), S.M. Zolotov, PhD (Tech.)
O.M. Beketov National University of Urban Economy (Kharkiv)*

Енергозбереження на транспорті проявляється не тільки в прямому скорочення витрат на паливні матеріали. Існують й інші, більш передові, способи реалізації технологій енергозбереження при виготовленні і експлуатації транспортних засобів. Так, зниження ваги легкових і вантажних машин може бути досягнуто за рахунок значно більшого використання полімерних композиційних матеріалів. Якщо раніше зниження ваги досягалося за рахунок використання дорогого магнію і алюмінію, зараз їм на зміну прийшли композитні матеріали: скло-, органо- і вуглепластики [1]. Причому, використання композитних матеріалів жодним чином не позначається негативно на безпеці експлуатації. Наприклад, той же карбон (вуглепластик) поглинає більше енергії удару при зіткненні в порівнянні зі сталлю.

При виробництві виробів з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) часто застосовують напівфабрикати - препреги, тобто попередньо просочені сполучником армуючі матеріали: тканини, стрічки, ровінги, нитки. Використання напівфабрикатної технології дозволяє посилити спеціалізацію підприємств з виготовлення ПП і підприємств, що їх переробляють, і, тим самим, підняти культуру виробництва, поліпшити умови праці, підняти продуктивність і підвищити якість виробів. Однак до полімерного сполучника

препрега традиційно пред'являють додаткові вимоги щодо збереження його високої життєздатності. Це важливо для збільшення термінів придатності напівфабрикатів перед вживанням і, отже, для збільшення відстані і часу їх транспортування до місця застосування - виробництва композитного матеріалу транспортних засобів.

На підставі розглянутих видів життєздатності ПП з урахуванням лімітуючої стадії процесу структурування сполучника був запропонований новий фізичний підхід регулювання життєздатності препрегів шляхом роздільного нанесення смоляного і затверджуючого компонентів сполучника на окремі армуючі елементи. Цей прийом отримав назву методу роздільного нанесення компонентів (РНК), а технологія з їх участю - бінарної.

Розробниками при впровадженні бінарної технології були апробовані полімерні склади на основі діанових епоксидних смол і поліфункціональних амінних затверджувачів [2]. Застосування таких систем вимагає додаткового підбору кількості компонентів сполучника при нанесенні їх на листи армируючого елемента, оскільки рівень реалізованих міцнісних властивостей готового композиту цілком визначається стехіометричним співвідношенням інгредієнтів.

Для вирішення завдання щодо спрощення технології роздільного нанесення компонентів при отриманні композитів по бінарній технології авторами була розглянута можливість заміни затверджуючих агентів поліконденсаційного типу на кислотні каталізатори - комплекси трьохфтористого бору з амінними аналогами [3].

У якості об'єкта дослідження були розглянуті кислотні каталізатори, що відрізняються температурою активації затвердіння по відношенню до епоксидіанового олігомеру. Температура активації забезпечувалася в інтервалі від 40°C до 110°C. Основна інформація про структурну організацію полімерної матриці у вуглепластиках була отримана на підставі аналізу сегментальної і локальної рухливості (α - і β -релаксації) при динамічних механічних випробуваннях за методом вимушених резонансних коливань в інтервалі частот 20-200 Гц.

Зіставлення результатів динамічного термомеханічного аналізу зразків вуглепластика на основі різного типу сполучників препрегів свідчать про те, що в разі використання препрегів на основі запропонованих сполучників реалізується більш однорідна структура полімерної матриці, яка зв'язана з варіацією ступеня активаційної здатності застосовуваного кислотного каталізатора.

Таким чином, проведені дослідження показали можливість розширення номенклатури доступних компонентів сполучника для бінарної технології за рахунок відповідного підбору реакційноздатних кислотних каталізаторів. При цьому препреги зберігають здатність до необмеженого зберігання і, тим самим, забезпечують високу продуктивність процесу формування виробів при одночасному зниженні енергоємності виробництва. Важливо підкреслити, що їх застосування дозволяє поліпшити ряд важливих експлуатаційних

характеристик, особливо, в разі виробництва великогабаритних виробів: монолітність, тріщиностійкість, ударостійкість, в'язкість руйнування тощо.

[1] Messana A. From design to manufacture of a carbon fiber monocoque for a three-wheeler vehicle prototype / A. Messana, L. Sisca, A. Ferraris, A.-G. Airale, H. Pinheiro, P. Sanfilippo, M. Carello // Carbon fibers and their composite materials. – January 2019. - № 12(3). – 11 p.

[2] Смирнов Ю.Н. Формование стеклопластиков на основе бинарных препрегов в градиентном температурном поле / Ю.Н. Смирнов, Т.Е. Шацкая, В.Н. Натрусов // Научно-технический журнал “Пластические массы”. – Москва: ООО “Издательский дом Пластмассы”, 2004. - № 7. - С. 19-23.

[3] Патент України на корисну модель № 140115. Україна. МПК C08J 5/08 (2006.01), C08G 59/18 (2006.01), C08L 63/10 (2006.01), C08L 61/10 (2006.01). Склопластик / П.А. Білим, М.В. Хворост, В.О. Росоха, І.С. Глушенкова, М.В. Яцюк, П.М. Фірсов, С.М. Золотов, С.М. Камчатна, Л.В. Трикоз, О.М. Пустовойтова; власник ХНУМГ імені О.М. Бекетова. - № u201907252; Заявл. 01.07.2019; Опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3. - 6 с.

УДК 620.9

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

MAIN DIRECTIONS OF ENERGY SAVING ON RAILWAY TRANSPORT

Ф. Буреш

АТ «Укрзалізниця» (м. Київ)

F. Buresh

JSC «Ukrzaliznytsia» (Kyiv)

Залізничний транспорт, як відомо, є одним із значних користувачів енергетичних ресурсів в економіці держави. При чому витрати енергоресурсів здійснюються як на тягу поїздів, так і для енергетичного забезпечення діяльності всіх господарств залізниць. Безумовно, аналіз витрат здійснюється за всіма можливими видами діяльності АТ «Укрзалізниця» (далі - Товариства). Постійно розробляються та актуалізуються галузеві програми з енергозбереження таким чином, щоб це не тільки не погіршувало техніко – економічні показники діяльності галузі, а навпаки, сприяло значному зменшенню витрат в Товаристві на електроенергію та паливно - мастильні матеріали. Тому, напрям досліджень, який пов'язаний із енергозбереженням на залізничному транспорті, є вельми актуальним науково-прикладним завданням, що потребує не тільки інноваційного, а й нестандартного вирішення та постійного контролю.

Як правило, до основних напрямків витрат на енергетичні ресурси на залізничному транспорті відносяться:

- витрати на тягу поїздів (як у електровозному, так і в тепловозному русі);
- витрати на маневрову роботу при здійсненні початкових та кінцевих операцій;
- витрати на паливно - мастильні матеріали;

- витрати на стаціонарну енергетику (електричні мережі, котельні, компресорні, виробничі потужності тощо).

Кожен з названих напрямків включає різноманітні складові компоненти, які потребують детального вивчення та визначення резервів економії.

Якщо ставити амбітні цілі із скорочення до 3 – 5 % енергетичних витрат в цілому по галузі, то слід прискіпливо аналізувати та впроваджувати як вже відомі технічні засоби та технології енергозбереження, так відпрацьовувати інноваційні підходи при розробці нових.

В Товаристві за напрям енергозбереження відповідальна вертикаль «Виробництво», що передбачає, перш за все, енергоменеджмент всіх виробничих процесів і технічних засобів. Безсумнівно, від рівня підготовки фахівців за спеціальністю «Енергоменеджмент» залежить наповненість та успішність реалізації галузевих програм зі зменшення енергетичних витрат. Тому, при формуванні навчальних планів вищим закладам освіти бажано крім високого рівня теоретичної підготовки майбутніх працівників залізниць, забезпечити набуття ними необхідного практичного досвіду із володіння аналітичними та інструментальними методами досліджень технологічних процесів виробництва з точки зору визначення резервів енергозбереження.

В Товаристві розроблено та впроваджується Програму інноваційного розвитку на 2020-2021 роки, де серед технічних засобів перевагу надано саме тим, що суттєво, по деяких позиціях навіть до 25 %, зменшують енергоспоживання при безумовному забезпеченні необхідних виробничих процесів та безпеку руху і зменшенні шкідливого впливу на навколишнє середовище. Наприклад, інноваційні конструкції нагрівачів для систем опалення пасажирського рухомого складу дозволяють на чверть зменшити витрати електроенергії при значному підвищенні показників надійності та довговічності.

До інноваційних напрямків належить і створення сучасної системи обліку дизельного палива на акцизних складах Товариства, що дозволить не тільки задовільнити вимогам чинного законодавства, а й забезпечити необхідну точність вимірювання при зберіганні та видачі палива з резервуарів паливних складів.

У всіх на слуху незадовільний технічний стан локомотивного парку як електровозів, так і тепловозів, це також є одним з основних джерел непродуктивних витрат через зношеність тягового обладнання локомотивів. Тому розробка та впровадження проектів модернізацій з поліпшення тягово-енергетичних якостей локомотивів також відносяться до пріоритетів Товариства. План науково – дослідних та дослідно – конструкторських робіт на 2020 та 2021 роки включає багату кількість розробок, які пов'язані саме з поліпшенням технічного стану локомотивів.

Впровадження в експлуатацію інноваційних вантажних вагонів нового покоління з навантаженням 25 тонн на вісь теж сприяє зменшенню витрат на тягу поїздів завдяки використанню касетних підшипників в буксових вузлах та інших інновацій, які в сукупності значно зменшують опір руху і, як наслідок, сприяють зменшенню енерговитрат.

Впроваджується ще цілий комплекс заходів, які сприяють зменшенню непродуктивних витрат та запобіганню розкрадання палива в експлуатації, це і системи автоматизованого обліку палива на тепловозах, і електронний маршрут машиніста з використанням технологій GPS – трекінгу, пломбування місць можливого зливу палива, обладнання тепловозів та паливних складів системами відеонагляду тощо.

Таким чином, можна сформулювати основні напрямки енергозбереження на залізничному транспорті: підготовка кадрів з енергоменджменту, впровадження технічних засобів з покращення тягово – енергетичних властивостей локомотивів та впровадження енергоощадних технологій на рухомому складі та на об'єктах стаціонарної енергетики, розробка та впровадження технічних засобів із зменшення непродуктивних витрат та запобігання крадіжок палива.

Реалізація комплексу запропонованих технічних та технологічних заходів дозволить досягти бажаного позитивного результату з енергозбереження на залізничному транспорті.

УДК 621.891

МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТРУКТУРИ СПОЛУЧЕНИХ МАТЕРІАЛІВ У ТРИБОСИСТЕМІ

SIMULATION OF CHANGE IN RHEOLOGICAL PROPERTIES OF STRUCTURE OF COMBINED MATERIALS IN TRIBOSYSTEM

*канд. техн. наук А.В. Войтов,
К.А. Фененко, О.М. Фененко*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка (м. Харків)*

*A.V. Voitov, PhD (Tech.), K.A. Fenenko, O.M. Fenenko
Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (Kharkiv)*

Для моделювання та прогнозування зносостійкості трибосистем, а також для розрахунку швидкості зношування та втрат на тертя, в математичних виразах необхідно враховувати фактор, який є характеристикою матеріалів, з яких виготовлені трибоелементи. Даний фактор повинен бути структурно-чутливою характеристикою і реагувати на зміни в поверхневих шарах матеріалів в процесі припрацювання, а також на величину і градієнти температур і напружень в матеріалах під час припрацювання. Як доведено в роботах [1,2] таким фактором може бути логарифмічний декремент загасання ультразвукових коливань в структурі матеріалів.

В процесі роботи трибосистеми механічна енергія, за рахунок динамічного контакту трибоелементів, передається в матеріал за допомогою хвиль напружень, трансформуючись у внутрішнє тертя. Тому чим більша частка механічної енергії, що підводиться при терті до рухомого і нерухомого

трибоелементів, розсіюється у вигляді тепла, тим вище повинна бути зносостійкість трибосистеми.

Першими роботами, в яких встановлено взаємозв'язок між внутрішнім тертям структури матеріалів та зносостійкістю, були роботи В.В. Шевелі [3-7]. В роботах доведено, що релаксаційні процеси проявляють більш високу структурну чутливість до зміни напружено-деформованого стану матеріалу при динамічному навантаженні в порівнянні з фізико-механічними властивостями матеріалів. На підставі виконаного аналізу робіт [3-7] можна зробити висновок, що реологічні властивості структури матеріалів, з яких виготовлена трибосистема, є функцією зносостійкості, втрат на тертя, а також часу припрацювання.

В роботі [8] представлений аналіз появи піків внутрішнього тертя в міді при різних температурах, наприклад, при температурі 175°C і при температурі 230°C. Показано, що при збільшенні температури спостерігаються максимуми внутрішнього тертя, викликані релаксацією по межах зерен. Встановлено, що збільшення внутрішнього тертя за період припрацювання може досягати 30%.

Для оцінки реологічних властивостей структури пов'язаних матеріалів в трибосистемі, що складається з рухомого і нерухомого трибоелементів, на підставі робіт [10], виконаємо моделювання зміни реологічних властивостей структури матеріалів трибосистеми в залежності від їх поєднання в конструкції. Моделювання виконаємо для сталого режиму роботи.

Для оцінки реологічних властивостей структури пов'язаних матеріалів в трибосистемі під час припрацювання [11], були отримані теоретичні залежності зміни реологічних властивостей пов'язаних матеріалів в трибосистемі під час припрацювання.

В роботі представлені експериментальні та теоретичні залежності зміни реологічних властивостей структури матеріалів поверхневих шарів трибоелементів в трибосистемі під час припрацювання, обґрунтовано методичний підхід до визначення таких властивостей з використанням поперечних ультразвукових хвиль. Експериментальним шляхом встановлено, що логарифмічний декремент загасання ультразвукових коливань в структурі матеріалу поверхневого шару за період припрацювання збільшується на 32...45 % від початкової структури матеріалів.

Запропоновано параметр оцінки реологічних властивості структури пов'язаних матеріалів в трибосистемі, як функція часу. Це фізична величина, що характеризує здатність матеріалів, що входять в конструкцію трибосистеми, необоротно перетворювати механічну енергію в теплову в процесі деформування поверхневих шарів. Визначається за допомогою ультразвукових коливань, що проходять через матеріал і приводиться до відстань в один метр, розмірність 1/м.

[1] В. А. Войтов, А. В. Войтов Методичний підхід до визначення реологічних властивостей структури сполучених матеріалів у трибосистемі // *Проблеми тертя та зношування*. 2020. – №. 2 (87). – С. 4-10.

[2] Войтов А.В. Залежності зміни реологічних властивостей структури сполучених матеріалів у трибосистемі під час припрацювання // *Проблеми тертя та зношування*. 2020. – №. 3 (88). – С. 10-16.

[3] Shevelya, V.V. Rheology of wear resistance and friction pairs compatibility / *Trenie i Iznos.* – 1993. – 14(1). – P. 48-62.

[4] Shevelya, V.V., Vojtov, V.A., Sukhanov, M.I., Isakov, D.I. Regularities of changing in internal friction during

- operation of tribosystem and its consideration when selecting compatible materials / *Trenie i Iznos.* – 1995. – 16(4). – P. 734-744.
- [5] Шевеля В.В., Олександренко В.П., Калда Г.С. О роли релаксационных явлений и субструктурных превращений при трении металлов / *Проблеми трибології.* – 2003. – № 2. – С. 3-11.
- [6] Шевеля В.В., Олександренко В.П. Трибохимия и реология износостойкости. – Хмельницкий: ХНУ, 2006. – 278 с.
- [7] Шевеля В.В., Трытек А. Реология вязкоупругого фрикционного контакта / *Проблеми трибології.* – 2010. – № 4. – С. 6-16.
- [8] Грязнов М.Ю., Чувильдеев В.Н., Сысоев А.Н., Копылов В.И. Зернограничное внутреннее трение и сверхпластичность нано- и микрокристаллических металлов и сплавов / *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского.* – 2010. – №5(2). – С.147-158.
- [9] Войтов В.А., Захарченко М.Б. Моделирование процессов трения изнашивания в трибосистемах в условиях граничной смазки. Часть 1. Расчет скорости работы диссипации в трибосистемах / *Проблеми трибології.* – 2015. – № 1. – С. 49-57.
- [10] Viktor Vojtov, Abliatif Biekirov, Anton Voitov The quality of the tribosystem as a factor of wear resistance // *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, Vol 7, № 4.3 P. 25-29.
- [11] V. A. Vojtov, A. Sh. Biekirov, A. V. Voitov, B. M. Tsymbal Running-in procedures and performance tests for tribosystems // *Journal of Friction and Wear*, 2019, Vol. 40, No. 5, pp. 376–383.

УДК 621.225.001.4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМОТОРІВ

EXPERIMENTAL STUDIES OF A THROUGHPUT OF THE DISTRIBUTION SYSTEMS OF PLANETARY HYDRAULIC MOTORS

докт. техн. наук А.А. Волошина¹, докт. техн. наук А.І. Панченко¹, канд. пед. наук О.А. Тітова¹, канд. техн. наук В.В. Пащенко², А.І. Засядько³

¹*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь)*

²*Національна академія Національної гвардії України (м. Харків)*

³*Бердянський коледж Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Бердянськ)*

A.A. Voloshina¹, D.Sc. (Tech.), A.I. Panchenko¹, D.Sc. (Tech.), O.A. Titova¹, PhD (Ped.), V.V. Pashchenko² PhD (Tech.), A.I. Zasiadko³

¹*Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University (Melitopol)*

²*National Academy of the National Guard of Ukraine (Kharkiv)*

³*Berdyansk college of the Tavria State Agrotechnological University (Berdyansk)*

Для приводу активних робочих органів та ходових систем дорожньої, будівельної, сільськогосподарської та іншої самохідної техніки найчастіше застосовуються високомоментні низькообертові гідромотори героторного [1], орбітального [2] та планетарного [3] виконання. Одним з основних вузлів, які обумовлюють зниження функціональних параметрів гідромоторів є система розподілу робочої рідини, яка створює обертове гідравлічне поле необхідне для руху внутрішнього ротора зазначених гідромашин [4, 5]. Основним недоліком розподільної системи є коливання потоку робочої рідини, що підводиться до

гідромоторів, викликані нерівномірністю її пропускної здатності [5].

Під пропускною здатністю розподільної системи планетарного гідромотора розуміється сумарна площа перекриття її робочих вікон. Нераціональне проектування елементів розподільної системи призводить до коливань площі перекриття та зміни вихідних характеристик гідромотора в цілому, що підтверджується параметричними дослідженнями [4, 5]. При виконанні параметричних досліджень впливу пропускної здатності розподільної системи планетарного гідромотора було прийнято ряд припущень і обмежень [3, 5]. Тому, проведення порівняльних експериментальних досліджень гідромоторів з серійною і модернізованою розподільними системами є одним з найважливіших і найактуальніших завдань.

В результаті проведених експериментальних досліджень визначено залежності ККД випробуваного гідромотора від частоти обертання його валу (рис. 1). Встановлено, що характер закономірностей зміни ККД серійного і модернізованого гідромоторів у всьому діапазоні зміни частот обертання аналогічний.

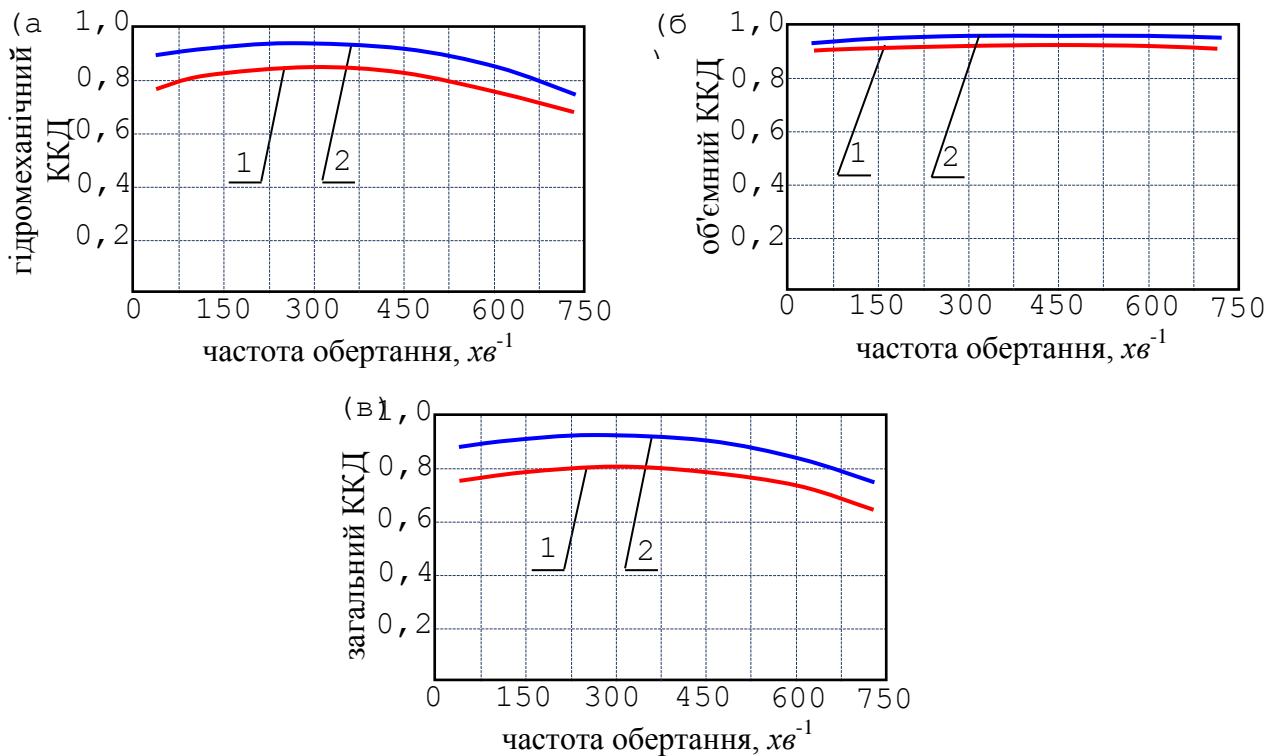


Рис. 1 Залежність ККД від частоти обертання вихідного валу гідромотора при номінальному тиску: а – гідромеханічного; б – об'ємного; в – загального; 1 - серійний гідромотор; 2 - модернізований гідромотор

Аналіз зміни ККД серійного і модернізованого гідромоторів (рис. 1) показав, що гідромеханічний ККД гідромотора (рис. 1, а) з модернізованою розподільною системою (крива 2) на 11...14% вище, ніж у гідромотора з серійною розподільною системою (крива 1); об'ємний ККД (рис. 1, б) з модернізованою розподільною системою (крива 2) на 2...4% вище, ніж у гідромотора з серійною розподільною системою (крива 1); загальний ККД гідромотора (рис. 1, в) з модернізованою розподільною системою (крива 2) на

7...9% вище, ніж у гідромотора з серійною розподільною системою (крива 1). Зміни загального ККД від частоти обертання рис. 1, в) має такий же характер, як і залежності гідромеханічного ККД (рис. 1, а), що пояснюється малими об'ємними втратами.

Збільшення значень гідромеханічного, об'ємного і загального ККД модернізованого гідромотора пояснюється збільшенням пропускної здатності його розподільної системи.

[1] Gamez-Montero P, Codina E and Castilla R. A Review of Gerotor Technology in Hydraulic Machines. *Energies*, 2019. 12 (12). 2423.

[2] Panchenko A, Voloshina A, Milaeva I and Luzan P. Operating Conditions' Influence on the Change of Functional Characteristics for Mechatronic Systems with Orbital Hydraulic Motors, 2019 Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer. 169-176.

[3] Voloshina A, Panchenko A, Boltyansky O and Titova O Improvement of Manufacture Workability for Distribution Systems of Planetary Hydraulic Machines. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer, 2019. 732-741.

[4] Panchenko A, Voloshina A, Milaeva I, Panchenko I and Titova O The Influence of the form Error after Rotor Manufacturing on the Output Characteristics of an Orbital Hydraulic Motor *International Journal of Engineering and Technology*, 2018. 7 (4.3). 1–5.

[5] Voloshina A, Panchenko A, Boltyansky O, Panchenko I and Titova O Justification of the Kinematic Diagrams for the Distribution System of a Planetary Hydraulic Motor *International Journal of Engineering and Technology*, 2018. 7 (4.3). 6–11.

УДК 519.21

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ФРАКТАЛІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕНОСТІ НЕМЕТАЛЕВИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ НА КОМПЛЕКС МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ S355J2 FRACTALS THEORY APPLICATION FOR EVALUATION OF INFLUENCE OF NON METALLIC INCLUSIONS ON MECHANICAL PROPERTIES OF S355J2 STEEL

*докт. техн. наук В.М. Волчук¹, канд. техн. наук О.В. Узлов¹,
О.В. Пучіков², канд. техн. наук С.В. Іванцов¹*

¹ДВНЗ “Придніпровська державна академія будівництва і архітектури” (м. Дніпро)

²Інститут чорної металургії НАН України (м. Дніпро)

*V.M. Volchuk¹, D.Sc. (Tech.), O.V. Uzlov¹, PhD (Tech.),
O.V. Puchikov², S.V. Ivantsov¹, PhD (Tech.)*

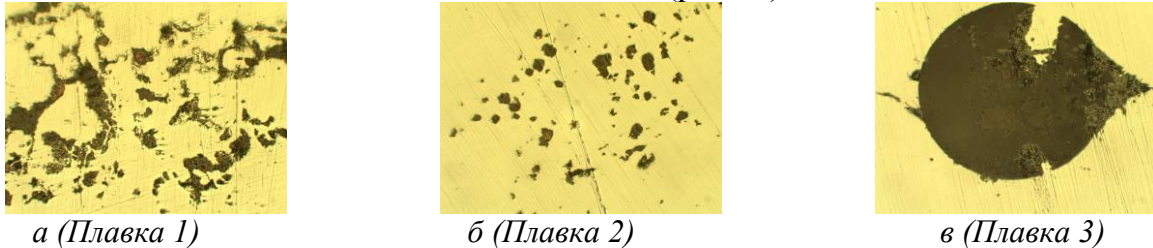
¹SHEI “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture” (Dnipro)

²Institute of Ferrous Metallurgy of Academy of Sciences of Ukraine (Dnipro)

Забрудненість сталі неметалевими включеннями має великий вплив на механічні характеристики готового прокату. Щороку споживачі металопродукції, зокрема вагонобудівники, підвищують вимоги до комплексу його механічних властивостей. Але балова оцінка забрудненості сталі являється напівкількісною, яку не завжди можна оперативно зв'язати з отримуваним комплексом механічних властивостей прокату. Також в реальних умовах досить часто зустрічаються комплексні неметалеві включення зі складною геометричною конфігурацією [1]. До таких структур можна віднести морфологію неметалевих включень сталі S355J2, що може застосовуватися для

виготовлення обшивки вантажних вагонів рухомого складу поїздів.

Для опису об'єктів зі складною структурою успішно застосовують фрактальну геометрію [2]. Тому для пошуку оцінок забрудненості сталі S355J2 неметалевими включеннями з метою дослідження їх впливу на механічні властивості застосовували фрактальний підхід. Забрудненість сталі неметалевими включеннями визначалась згідно ГОСТ 1778 (рис. 1).



а (Плавка 1)

б (Плавка 2)

в (Плавка 3)

Рис. 1 Структура неметалевих включень сталі S355J2, $\times 400$

Механічні властивості прокату для вагонобудування визначались згідно ГОСТ 1497 та ГОСТ 9454. Силікати недеформовані для трьох плавкок оцінювалися за шкалою 2а(1), 3а(1), силікати крихкі – за шкалою 1 б (1), 2 в(1). Чутливість структури неметалевих включень, згідно баловій шкалі, до механічних властивостей сталі відносно невисока, хоча вони значною мірою впливають на їх комплекс [3]. Співвідношення між механічними властивостями та фрактальною розмірністю неметалевих включень наведені на рис. 2.

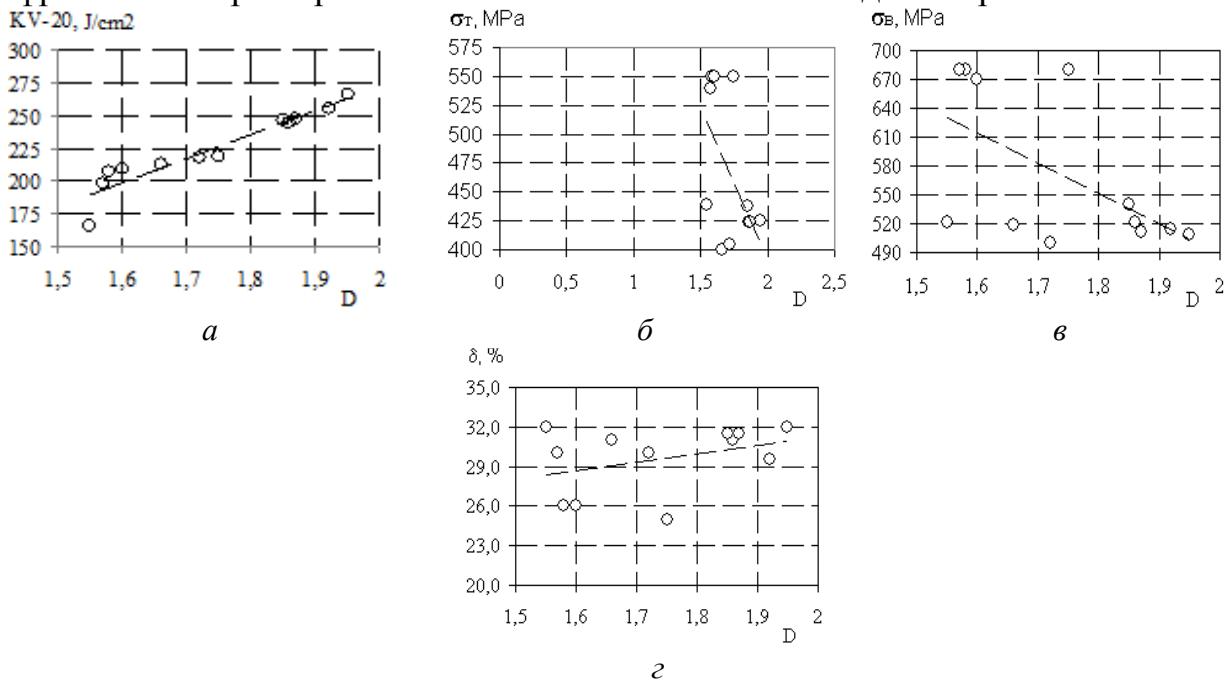


Рис. 2 Співвідношення між властивостями сталі S355J2 та фрактальною розмірністю

Аналіз отриманого рівняння (1) свідчить про можливість прогнозу KV^{-20} .

$$KV^{-20} = 185,02D - 97,548, \quad R^2 = 0,89 \quad (\text{до рис. 2 а}) \quad (1)$$

$$\sigma_T = -261,94D + 916,61, \quad R^2 = 0,34 \quad (\text{до рис. 2 б}) \quad (2)$$

$$\sigma_B = -312,57D + 1114, \quad R^2 = 0,33 \quad (\text{до рис. 2 в}) \quad (3)$$

$$\delta = 6,3291D + 18,612, \quad R^2 = 0,14 \quad (\text{до рис. 2 г}) \quad (4)$$

По коефіцієнтам рівнянь (1-4) проведено ранжування властивостей (рис. 3).

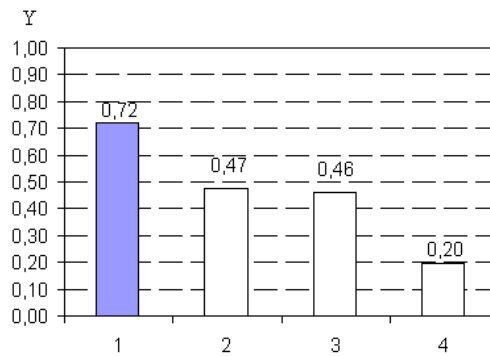


Рис. 3 Ранжування властивостей за впливом неметалевих включень:
1 - KV⁻²⁰; 2 - σ_T ; 3 - σ_B ; 4 - δ

Встановлено, що неметалеві включення найбільше впливають на ударну в'язкість, оскільки призводять до зменшення пластичності металевої матриці. Представлений підхід дозволяє прогнозувати властивості та ранжувати їх відносно до визначального параметру.

- [1] O. Uzlov, A. Malchere, V.I. Bolshakov, C. Esnouf Investigation of acicular ferrite structure and properties of C-Mn-Al-Ti-N steels, *Advanced Materials Research*, 23, 2007, p. 209-212.
 [2] V.I. Bolshakov, V.M. Volchuk, *Materials Science Aspects of Using of Wavelet-Multifractal Approach to an Evaluation of Structure and Properties of Low-Carbon Low-Alloyed Steels*, *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 33(3) (2011) 347-360.
 [3] V. Bolshakov, O. Uzlov, A. Puchikov. Rol nitridov alyuminiya i karbonitridov titana pri poluchenii struktury igolchatogo ferrita v nizkolegirovannykh konstruktsionnykh stalyakh, *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost*, 2 (2005), 59-62.

УДК 621.89

**ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПРИСАДОК НА
 МАСТИЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ОЛИВ КОЛІЙНИХ МАШИН
 INFLUENCE OF TEMPERATURE AND CONCENTRATION OF
 ADDITIVES ON THE LUBRICITY OF TRACK MACHINE OILS**

*докт. техн. наук С.В. Воронін¹, канд. техн. наук В.О. Стефанов¹,
 канд. техн. наук Д.В. Онопрейчук¹, канд. техн. наук О.О. Овчінніков¹
 О.С. Харківський¹, канд. техн. наук В.В. Пащенко²,*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Національна академія національної гвардії України (м. Харків)

*S.V. Voronin¹, D.Sc. (Tech.), V.O. Stefanov¹, PhD (Tech.),
 D.V. Onopreichuk¹, PhD (Tech.), O.O. Ovchynnikov¹, PhD (Tech.),
 O.S. Kharkivskiy¹, V.V. Pashchenko², PhD (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²National Academy of the National Guard of Ukraine (Kharkiv)

Ресурс гідравлічних агрегатів колійних машин суттєво залежить від мастильної здатності застосовуваних олиव. До основних показників мастильної здатності олив відносять в'язкісно – температурну характеристику оливи, несучу здатність та товщину граничної мастильної плівки на поверхнях деталей. Перелічені показники комплексно впливають на формування

мастильної плівки та її здатність надійно поділяти поверхні тертя при роботі, а також сприяти зменшенню втрат на тертя [1].

Досвід експлуатації колійних машин показав, що гідравлічні оливи які застосовуються мають низьку мастильну здатність. Це пов'язано з тим, що в цих оливах або відсутні, або містяться у малій кількості протизношувальні та антифрикційні присадки. Саме тому, для забезпечення необхідної мастильної здатності цих олив, слід додавати до них певну кількість присадок. В такому випадку виникає необхідність обґрунтування типу присадки та її концентрації в оливі, що й ставиться за мету даної роботи.

В дослідженнях проведений огляд різних за хімічною структурою та механізмом дії присадок та на цій основі запропоновані для подальшого вивчення два відмінних типа присадок, а саме: чиста стеаринова кислота (ГОСТ 6484-96) та трикомпонентна присадка на основі карбаміду А (ГОСТ 2081-92.) стеаринової кислоти (ГОСТ 6484-96) та олеїнової кислоти (ГОСТ.7580-91). Обидві присадки є поверхнево-активними речовинами, що добре розчиняються у оливах на вуглеводневій основі. В якості випробуваної оливи прийнята індустріальна олива И-20А (ГОСТ 20799-88).

Програма досліджень включала в себе проведення трьох незалежних експериментів, спрямованих на встановлення наступних залежностей:

- зміни динамічної в'язкості оливи від концентрації присадок та температури;
- зміни товщини мастильної плівки від концентрації та температури;
- зміни несучої здатності мастильної плівки від концентрації та температури;

Динамічна в'язкість оливи вимірювалась за допомогою лабораторного ротаційного віскозиметра за схемою «диск–диск». Товщина граничної мастильної плівки вимірювалась методом «стопа кульок». Несуча здатність мастильної плівки вимірювалась в спеціальному навантажувальному приладі шляхом встановлення навантаження, при якому електричний опір в контакті двох змащених сталевих кульок стрибкоподібно наближається до значень опору сухого контакту.

Виконані дослідження дозволили встановити вказані вище цільові залежності, які розкривають наступні основні результати. Встановлено, що для стеаринової кислоти, по мірі зростання концентрації до рівня 0,15...2 в'язкість зростає на 9...11 %, а при подальшому зростанні концентрації зменшується майже до початкових значень. Це говорить про зміну енергетичного стану присадки із зміною її фазового стану. Для трикомпонентної присадки в'язкість зростає до 10 % в усьому досліджуваному діапазоні концентрації. Тобто трикомпонентна присадка зберігає свій фазовий стан в оливах незмінним.

Товщина граничної плівки для стеаринової кислоти зростає до значення концентрації 0,2 %, а подальший ріст концентрації змінює характер кривої, що пояснюється завершенням процесу міцелоутворення в об'ємі. Із збільшенням температури товщина плівки зменшується. Для трикомпонентної присадки товщина плівки змінюється від концентрації по інших закономірностях, але температурна залежність зберігається. Із зростанням концентрації товщина плівки зростає в усьому діапазоні до 33 %.

Несуча здатність граничних плівок змінюється як від температури, так й від

концентрації присадки. Встановлено, що при зміні температури від 20 °С до 70 °С для стеаринової кислоти при максимальній концентрації несуча здатність зменшується з 19 МПа до 16 МПа, а при подальшому зростанні температури зменшується 16 МПа до 12 МПа. При використанні трикомпонентної присадки несуча здатність плівки зменшується з 22 МПа до 17 МПа від 20 °С до 100 °С. Температура плавлення кристалічної плівки стеаринової кислоти складає близько 72 °С, а трикомпонентної присадки – близько 108 °С, що встановлює граничні температурні діапазони використання цих присадок.

[1] Voronin S. Development of tribophysical foundations of lubricity of liquid crystal additives to base oil / S. Voronin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 3 (7), 2015. – p. 53-57.

УДК 621.891

**ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ПО ЗНОСУ ЦИЛІНДРИЧНИХ
ТРИБОСИСТЕМ КОВЗАННЯ АВТОМОБІЛЯ**
**PREDICTION OF THE WEAR RESOURCE OF CYLINDRICAL
TRIBOSYSTEMS OF A VEHICLE**

*докт. техн. наук О.В. Диха¹, докт. техн. наук Ю. Падгурскас²,
канд. техн. наук О.П. Бабак¹*

¹ Хмельницький національний університет (м. Хмельницький)

² Університет Вітовта Великого, Литва (м. Каунас)

A.V. Dykha,¹ D.Sc. (Tech.), J. Padgurskas² D.Sc. (Tech.), O.P Babak¹, PhD

¹ Khmelnytskyi National University (Khmelnytsky)

² Vytautas Magnus University, Lithuania (Kaunas)

Для оцінки ефективності застосовуваних на транспорті конструкційних і мастильних матеріалів пропонується розрахункова методика визначення зносу деталей сполучень автомобіля по заданому ресурсу роботи, яка враховує властивості матеріалів і умови роботи вузла тертя. В основу покладена методика, розроблена авторами [1-3]. Розглядається контактна взаємодія жорсткого сферичного вкладки і жорсткої обійми за схемою рис. 1.

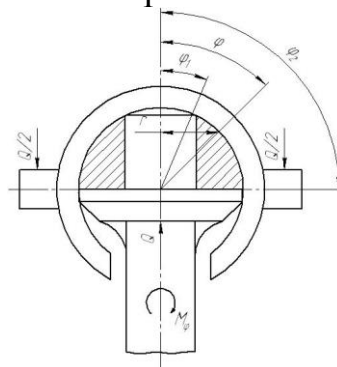


Рис. 1 Розрахункова схема шарнира

Шаровий вкладки радіуса R обертається навколо своєї осі у корпусу і зношується. Необхідно отримати залежність зносу трибосполучення від

основних факторів. Кут вкладника знаходиться в діапазоні від $\varphi = \varphi_1$ до $\varphi = \varphi_2$.

Для розв'язку задачі про знос шарніра використаємо наступні основні рівняння. Умова рівноваги сферичного сполучення:

$$Q = 2\pi R^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sigma(\varphi) \cos \varphi d\varphi, \quad (1)$$

де $\sigma(\varphi)$ - функція контактних тисків.

Геометрична залежність переміщень u_0 від зносу $u_w(\varphi)$ має вигляд:

$$u_w(\varphi) = u_0 \cos \varphi. \quad (2)$$

Закономірність зношування з двома параметрами k_w та m прийmemo у вигляді:

$$\frac{du_w}{dt} = k_w \sigma^m 2\pi n r, \quad (3)$$

n – число коливань шарніру в одиницю часу t , $r = R \cos \varphi$.

В результаті взаємних підстановок (1-3) отримаємо інтегральне рівняння розв'язку задачі:

$$Q = 2R \left(\frac{du_w}{dt} \right)^{\frac{1}{m}} \left(\frac{1}{k_w 2\pi n R^2} \right)^{\frac{1}{m}} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \cos \varphi \sin \varphi d\varphi. \quad (4)$$

Після інтегрування отримаємо залежність для максимального зносу:

$$u_w(t) = \left(\frac{Q}{\pi R^2} \right)^m \frac{k_w 2\pi R n}{(\sin^2 \varphi_2 - \sin^2 \varphi_1)^m} t. \quad (5)$$

Якщо прийняти шлях тертя за один цикл s_1 , тоді за час t загальний шлях тертя: $s = s_1 n t$ або $nt = \frac{s}{s_1}$. У результаті для шляху тертя отримаємо:

$$u_w(s) = \left(\frac{Q}{\pi R^2} \right)^m \frac{k_w 2\pi R^2 s}{\sin^2 \varphi_2 - \sin^2 \varphi_1}. \quad (6)$$

Розраховується знос від шляху тертя, що виникає при осьовому обертанні шарового пальця під час обертання поворотного кулака при поворотах від рульового керування. Шлях тертя від опускання і підняття коліс під час руху необхідно додавати до загального шляху тертя відповідно до кінематики підвіски. Як приклад проведемо розрахунок на знос нижньої опори в контактї сталевого загартованого валу і полімерного поліуретанового вкладника.

Вихідні дані. Навантаження на шарнір 2000Н. Число вертикальних коливань колеса (число нерівностей на дорозі) визначається величиною кілометрів шляху, на 1000 км це 10 коливань або $S_{вер} = 2 \text{ мм/км}$. Число поворотів колеса прийmemo рівним 0,1 мм/км, шлях тертя: $S_{нов} = S_{1нов} \cdot Nn = 0,7 \text{ мм/км}$. Сумарний шлях тертя в шарнірі оцінюється величиною на 1000 км пробігу, маємо $S_{(1000)} = 3 \cdot 10^3 \text{ мм}$, на 10000 км пробігу $S(10^4) = 3 \cdot 10^4 \text{ мм}$. Радіус шарового пальця $R = \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ мм}$. Параметри моделі зношування для поліуретану прийmemo: $m=2,04$, $k_w = 0,5 \cdot 10^{-7} (\text{мм}^2/\text{кг})^m$. Кути контакту вкладника: $\varphi_1 = 35^\circ$; $\varphi_2 = 75^\circ$.

Розрахунок зносу вкладника виконаємо за залежністю (6) при вибраних

вихідних даних на 10000 км пробігу:

$$u_w = \left(\frac{Q}{\pi R^2} \right)^m \frac{k_w 2\pi R s}{\sin^2 \varphi_2 - \sin^2 \varphi_1} = \left(\frac{200}{\pi 15^2} \right)^{2,04} \frac{0,5 \cdot 10^{-7} \cdot 2\pi \cdot 15^2 \cdot 3 \cdot 10^4}{\sin^2 75^\circ - \sin^2 35^\circ} = 0,266 \text{ мм.}$$

[1] Диха О.В., Дитинюк В.О. Наближений розв'язок зносодіагностичної задачі для підшипника ковзання з прямою парою тертя // Проблеми трибології. – 2018. – № 3. – С. 70-76.

[2] Диха О. В. Розрахунки триботехнічної надійності підшипників ковзання. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 13. С. 20-26.

[3] Диха О.В. Розрахунково-експериментальні методи керування процесами граничного змащування технічних трибосистем: монографія / О.В. Диха. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 179 с.

УДК 666. 983

ЗВ'ЯЗОК МІЖ МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ, ШВИДКІСНИМ РЕЖИМОМ І ВИТРАТАМИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РОЗЧИННИХ АБО БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

RELATIONSHIP BETWEEN THE ELASTICITY LIMIT, SPEED REGIME, AND CONSUMPTION WHEN TRANSPORTING MIXTURES OF SOLUTIONS OR CONCRETE

*канд. техн. наук А.О. Задорожний¹, докт. техн. наук М.П. Ремарчук¹,
канд. техн. наук А.П. Ковревський², канд. техн. наук Ю.В. Човнюк³,
канд. техн. наук С.О. Бугаєвський⁴*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

³Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

⁴Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

*A.O. Zadorozhnyi¹, PhD (Tech.), M.P. Remarchuk¹, D.Sc. (Tech.),
A.P. Kovrevski², PhD (Tech.), Yu.V. Chovnyuk³, PhD (Tech.),
S.O. Bugayevskiy⁴, PhD (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kharkiv National University of Construction and Architecture (Kharkiv)

³National University of Bioresources and Life Sciences of Ukraine (Kyiv)

⁴Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

Однією з найбільш енергоємних складових в робочому режимі розчино-бетонного обладнання є процес транспортування розчинних і бетонних сумішей на задану висоту і відстань. Причому, чим більші за величиною ці параметри тим значніші енергетичні витрати джерела енергії, як правило, двигуна внутрішнього згорання. Розчинні і бетонні суміші за своїми характеристиками різко відрізняються від відомих ньютонівських рідин, у яких їх в'язкість однозначно характеризує величину втрат енергії при транспортуванні таких рідин. Слід зазначити, що розчинні і бетонні суміші не відповідають властивостям ньютонівських рідин. Витрати енергії на транспортування розчинних і бетонних сумішей не піддаються точному визначенню. Підвищення точності розрахунку для встановлення величини енергетичних витрат на

транспортування розчинних і бетонних сумішей присвячена дана наукова робота.

Так, для заданої пропускної спроможності розчинних і бетонних сумішей транспортуючим обладнанням і встановленням при цьому необхідної потужності такого устаткування [1], необхідно враховувати різні властивості бетонів і розчинів як середовищ із складною реодинамікою. Основною умовою рівномірного транспортування бетононасосом робочих сумішей по трубопроводам для однорідного розподілу їх в процесі укладання, полягає в тому, що необхідно завчасно обґрунтувати реологічну і реодинамічну модель вказаних сумішей, а далі всебічно досліджувати процес транспортування їх по трубопроводам [2].

У моделі Кессона існує лінійний зв'язок між величинами $\tau^{1/2}$ і $\dot{\gamma}^{1/2}$

$$\tau^{1/2} = k_0 + k_1 \cdot \dot{\gamma}^{1/2}. \quad (1)$$

У модифікованій моделі Кесонна, З.П. Шульманом [3, 4, 5, 6], запропоновано визначальне рівняння, яке виглядає наступним чином

$$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + (\mu_\rho \dot{\gamma})^{1/n}. \quad (2)$$

Для небінгамівських в'язкопластичних композицій З.П. Шульманом із співавторами була отримана узагальнена модель

$$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + (\mu_\rho \dot{\gamma})^{1/m}. \quad (3)$$

де τ_0 – граничне напруження зрушення суміші; n – реологічний параметр; m – параметр пластичності; $\dot{\gamma}$ – швидкість зрушення шарів рідини.

Остання модель поєднує в нелінійній мірі пластичність і аномальну в'язкість. Вона узагальнює більшість найбільш споживаних нині моделей: Ньютона ($\tau_0=0$, $m=n$), Сен-Венана, Шведова-Бингама ($m=n=1$), Балклі-Гершеля ($n=1$), Бріана, Оствальда-де Виля ($\tau_0=0$), Кэссона ($m=n=2$). Для останніх найважливішими характеристиками є межа пружності τ_y і коефіцієнт пластичної в'язкості μ .

Дослідження проведене на основі методів математичного моделювання і порівняльного аналізу відомої моделі Кессона для різних реологічних степеневих показників n і m в процесі течії робочих сумішей (рідин) по трубопроводам різного перерізу. Для моделі Кессона збільшення τ_y на 10% змінює максимальну швидкість в ту або іншу сторону не більше ніж на 5% (випадок $m=3$, $n=2$). Вплив зміни τ_y (в межах 10%) на витрату також впливає, але незначне – в межах 5%.

[1] Andrii Zadorozhnyi, Artur Kovrevski, Yuriy Chovnyuk, Nikolay Remarchuk Flow of a Bingham Fluid Through Circular Pipes with Variable Viscosity Coefficient Along the Pipe Length Science Publishing Corporation Publisher of International Academic Journal Vol 7, No 4.3 (2018) Special Issue 3 p. 100-104

[2] Задорожний А.А., Ковревский А.П. Анализ процесса движения бингамовских жидкостей по трубопроводам круглого сечения // Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту. УкрДУЗД, 2017, вип. 168. –С. 44-49. ISSN(p) 1994-7852, ISSN(Online) 2413-3795.

[3] Смольский Б.М. Реодинамика и теплообмен нелинейно-вязкопластичных материалов / Б.М. Смольский, З.П. Шульман, В.М. Гориславец. – Минск: Наука и техника, 1970. – 240 с.

[4] Гноевой А.В. Основы теории течений бингамовских сред / Д. М. Климов, В. М. Чесноков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 272 с.

[5] Шульман З. П. Одно феноменологическое обобщение кривой течения вязкопластичных реостабильных дисперсных систем / З.П. Шульман.- В кн.: Тепло- и массоперенос. - Минск: Наука и техника, 1968.- Т.10.

УДК 004.94:519.875.5

МЕТОДИКА РЕСУРСОЩАДНОГО ПРОЕКТУВАННЯ АСУ НА ТРАНСПОРТІ

METHODS OF RESOURCESAVING DESIGN OF ACS ON TRANSPORT

докт. техн. наук А.А. Косолапов, П.В. Івін

Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна

А.А. Kosolapov, D.Sc. (Tech.), P.V. Ivin

Academician V. Lazaryan Dnipro National University of Railway Transport

Однією з основних інтегральних характеристик будь-якої автоматизованої системи управління (АСУ) є її архітектура (незалежно від призначення системи, парадигми побудови, видів засобів автоматики, комп'ютерної техніки і технологій). Архітектуру АСУ можна представити у вигляді виразу

$$A_{АСУ} = META \cap (TZ \cup MZ \cup PZ \cup IZ \cup LZ \cup OZ \cup DZ \cup MetpZ)$$

де *TZ* - технічне забезпечення; *MZ* - математичне забезпечення; *PZ* - програмне забезпечення; *IZ* - інформаційне забезпечення; *LZ* - лінгвістичне забезпечення; *OZ* - організаційне забезпечення; *MetpZ* - метрологічне забезпечення; *DZ* - документаційне забезпечення системи. *META* - мета створення системи.

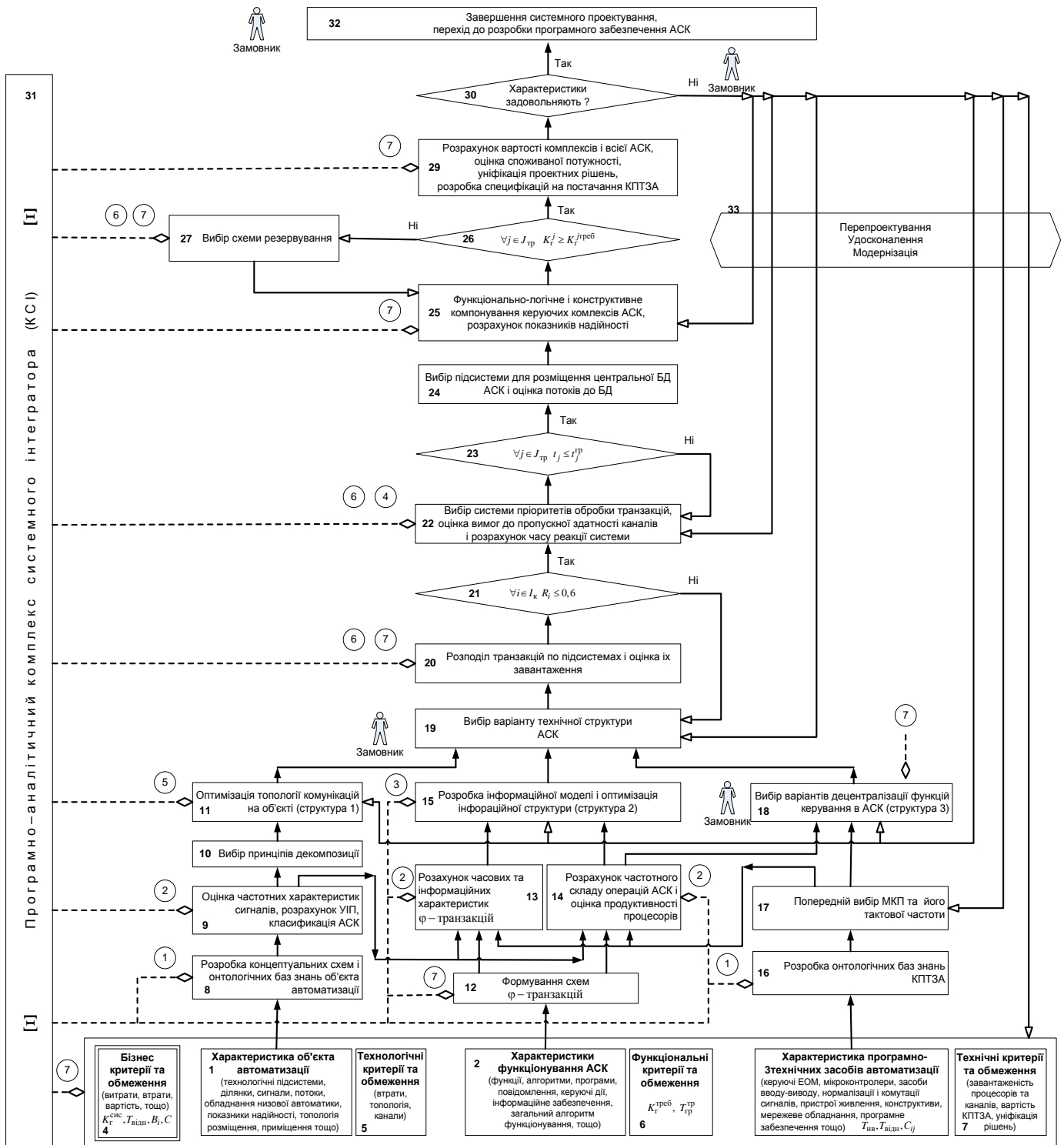
Всі ці види забезпечення характеризуються набором взаємопов'язаних статичних і динамічних структур, які формуються в процесі проектування системи та об'єднані загальною концептуальною схемою для досягнення цілей створення ресурсощадних систем [1].

У доповіді розглядається фреймворк (рис. 1), що включає взаємопов'язаний набір математичних моделей, методів і програм автоматизації розрахунків для системного проектування архітектури складних інформаційно-керуючих комп'ютерних систем. При визначенні структурних рішень використовуються ресурсощадні методи мінімізації витрат і втрат в процесі функціонування (блоки 11, 15,16, 25) [2, 3]

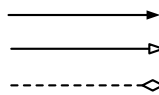
[1] Концептуальное Проектирование Компьютерных Систем Реального Времени. Codecs - Задачи, Модели, Методы, Алгоритмы, Программы. Монография / Анатолий Косолапов - Изд. Дом Lap Lambert Academic Publishing, Beau Bassin, Mauritius, 2019. - 189 С.

[2] Kosolapov Anatolii, Resource-Saving Method of Forming Control Computer System Structure for Distributed Enterprise (on Sorting Station Example) , International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume-67, Issue-8, pp. 22-26, 2019.

[3] Kosolapov Anatolii, Pavlo Ivin, Real-time Sociotechnical Systems: Early Software Reliability Evaluation, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume-68, Issue-8, pp. 21-24, 2020,



Позначення



Послідовно-паралельні процеси аналізу і проектування АСК

Напрямки перепроєктування, удосконалення, модернізації

Використання інструментальних засобів автоматизації

1 Protege 4 PRIORY 7 Аналітика (Excel)

2 CSProject 5 CSI

3 GAOSIS, OPTIKOC, OPTIFLOW 6 JMT

Рис. 1 Схема фреймворка концептуального проектування АСУ

**СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАСТИЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПАРИ ТЕРТЯ «КОЛЕСО-РЕЙКА»**

**MODERN REQUIREMENTS FOR QUALITY INDICATORS OF
LUBRICANT FOR A FRICTION PAIR “A WHEELSET – A RAIL”**

*канд. техн. наук А.М. Кравець¹, докт. техн. наук В.М. Власовець²,
канд. техн. наук А.В. Євтушенко¹, канд. техн. наук Є.В. Романович¹,
канд. техн. наук А.Л. Кравець¹*

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

²*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра
Василенка (м. Харків)*

*A.M. Kravets¹, PhD (Tech.), V.M. Vlasovets², D.Sc (Tech.),
A.V. Yevtushenko¹, PhD (Tech.), Ye.V. Romanovych¹, PhD (Tech.),
A.L. Kravets¹, PhD (Tech.)*

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

²*Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (Kharkiv)*

Наразі однією із проблем залізничного транспорту України є зношування гребнів колісних пар рухомого складу та внутрішніх бокових граней головок рейок при їх взаємному контакті, особливо на кривих ділянках колії малого радіусу [1]. Способів вирішення, або зменшення впливу цієї проблеми декілька і одним з них є введення в зону контакту мастильного матеріалу (лубрикація) [1]. Для цього застосовуються різні технічні засоби (лубрикатори) і різні мастильні матеріали, які наносяться або на гребінь колеса локомотива (локомотивні гребнезмащувачі [2]) або на бокову грань головки рейки (рейкозмащувачі [3]).

Як показує досвід експлуатації залізниць в різних країнах світу, на сьогоднішній день просто застосовувати мастильний матеріал в контакті «колесо-рейка» не достатньо. На забезпечення ефективності цього процесу суттєвий вплив створюють ряд факторів:

- раціональний вибір мастильного матеріалу;
- раціональна організація самого процесу лубрикації;
- коректна робота системи подачі мастильного матеріалу.

Останні дві задачі це питання технологічного та технічного характеру, які здебільшого вирішуються вже під час експлуатації лубрикаторів, не беручи до уваги винахідницьку діяльність в галузі розробки та впровадження в експлуатацію принципово нових систем лубрикації. А перша задача має бути вирішена майже остаточно ще до початку впровадження у застосування того чи іншого мастильного матеріалу і лубрикації в принципі. Також саме раціональний вибір мастильного матеріалу дозволяє досягти високої ефективності лубрикації коли виникає необхідність адаптувати вже застосовувані гребне- та рейкозмащувачі і сам процес лубрикації до умов експлуатації залізничного транспорту, які з часом стають все більш жорсткими.

Під раціональним вибором мастильного матеріалу слід розуміти, що він для ефективного виконання покладених на нього функцій має задовольняти як мінімум наступним вимогам:

- працездатність в широкому діапазоні температур;
- високі трибологічні (протизношувальні) показники;
- висока адгезивна спроможність;
- має легко прокачуватись по системі лубрикації;
- відсутність впливу на працездатність вузлів та деталей системи лубрикації;
- високі екологічні показники (біорозщеплюваність).

Здатність мастильного матеріалу відповідати наведеним вимогам може бути описана тими чи іншими хімотологічними та трибологічними показниками якості [4], які визначаються за стандартними або спеціально розробленими методиками. Встановлення рекомендованих та гранично допустимих значень цих показників та їх регламентація на рівні державного або галузевого нормативу дозволить забезпечити максимальну ефективність застосування лубрикації в парі тертя «колесо-рейка». Наразі залізничний транспорт України не має такого єдиного нормативного документу.

На залізничному транспорті країн Європи вимоги до мастил, олив та твердих стрижнів, які застосовуються для мащення даного трибосполучення, контролювані в експлуатації показники їх якості та порядок їх визначення, регламентовані стандартом EN 16028 [5]. Крім того в Європі існує стандарт EN 15427: 2008+A1:2010, прийнятий в Україні в якості державного ДСТУ EN 15427: 2015 [6] методом підтвердження (то б то без перекладу). EN 15427 регламентує вимоги до гребнезмащувачів та рейкозмащувачів, до властивостей мастильних матеріалів для них, а також до організації контролю зносу коліс і рейок.

Саме ці європейські стандарти можуть стати основою для розробки в Україні власного нормативного документу (стандарту), який би регламентував вимоги до якості мастильних матеріалів для пари тертя «колесо-рейка», а також до порядку застосування локомотивних та стаціонарних лубрикаторів. Але при встановленні чітких меж нормативних значень показників якості цих мастильних матеріалів слід враховувати особливості умов експлуатації та конструкції рухомого складу, наявних лубрикаторів та колії залізниць України, для чого застосувати моделювання та провести необхідні лабораторні і експлуатаційні дослідження [7].

[1] Колесо-рейка: як зменшити інтенсивність зношення? : стаття / Залізничний інформаційний портал. URL: <https://info.uz.ua/articles/koleso-reyka-yak-zmenshiti-intensivnist-znosu> (дата звернення 12.08.2020)

[2] Мямлін С.В. Совершенствование систем лубрикации на железнодорожном транспорте // Залізничний транспорт України. 2020. № 1. С. 19–24.

[3] Демченко С. М., Макаров Ю. О., Татуревич А. А. Проблеми застосування стаціонарних рейкозмащувальних пристроїв на залізницях АТ «Укрзалізниця» // Залізничний транспорт України. 2020. № 1. С. 25–34.

[4] ДСТУ 4310-2004. Мастила. Номенклатура показників якості. На заміну ГОСТ 4.23-83 : чинний від 2005-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 11 с.

[5] EN 16028:2012. Railway Applications. Wheel/Rail Friction Management. Lubricants for Trainborne and Trackside Applications. Started Acting With 2012-07-18. 66 pp.

[6] ДСТУ EN 15427:2015 (EN 15427:2008+A1:2010, IDT). Залізничний транспорт. Керування тертям коліс/рейок. Мастила гребеня. Чинний від 2016-01-01 (методом підтвердження). Київ : ДП УкрНДНЦ, 2015, 36с.

[7] Нові матеріали для змащування пари тертя «колесо рухомого складу – рейка». Результати експлуатаційних випробувань / Кравець А.М., Євтушенко А.В., Почеква Р.С., Лобзинський В.С. // Залізничний транспорт України. 2018. № 4. С. 4-10.

МОДЕЛЮВАННЯ ТОВЩИНИ МАСЛЯНОЇ ПЛІВКИ НА ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ ЗА НАЯВНОСТІ ФУЛЛЕРЕНОВИХ КОМПОЗИЦІЙ В МАСТИЛЬНОМУ МАТЕРІАЛІ

SIMULATION OF THE OIL FILM THICKNESS ON A FRICTION SURFACE IN THE PRESENCE OF FULLERENE COMPOSITIONS IN THE LUBRICANT

канд. тех. наук А.Г. Кравцов¹, канд. тех. наук Ю.О. Градиський¹,
канд. тех. наук Б.М. Цимбал², канд. тех. наук К.В. Борак³
¹Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка (м. Харків)
²Національний університет цивільного захисту України (м. Харків)
³Житомирський агротехнічний коледж (м. Житомир)

A.G. Kravtsov,¹ PhD (Tech.), Y.O. Gradiskiy,¹ PhD (Tech.),
B.M. Tsymbal,² PhD (Tech.), K.V. Borak³, PhD (Tech.),
¹Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (Kharkiv)
²National University of Civil Defence of Ukraine (Kharkiv)
³Zhytomyr Agrarian and Technical College (Zhytomyr)

Результати моделювання зміни товщини масляної плівки на поверхні тертя від напруженості електричних полів поверхні тертя і рідини, представлені на (рис.1). З аналізу залежностей можна зробити висновок, що величина напруженості електростатичного поля поверхні E_n є більш значущим чинником, ніж величина напруженості електричного поля рідини $E_{жс}$. Як впливає з рис.1 при малих значеннях $E_n = 2,5 \times 10^6$ В/м товщина плівки складає одну молекулу олеїнової кислоти $h = (1 - 7) \cdot 10^{-11}$ м. При збільшенні $E_n = 7,5 \times 10^6$ В/м, товщина плівки збільшується до $h = 1 \times 10^{-6}$ м. Отримані результати моделювання підтверджують, що поверхня тертя, як «генератор електростатичного поля», є більш значущим чинником в процесі формування масляної плівки на поверхні тертя.

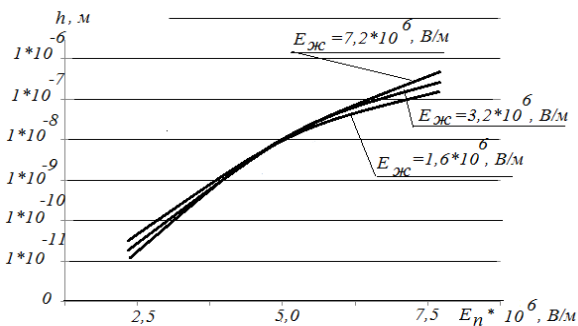


Рис.1 Залежності зміни товщини масляної плівки від напруженості електричних полів поверхні тертя і рідини

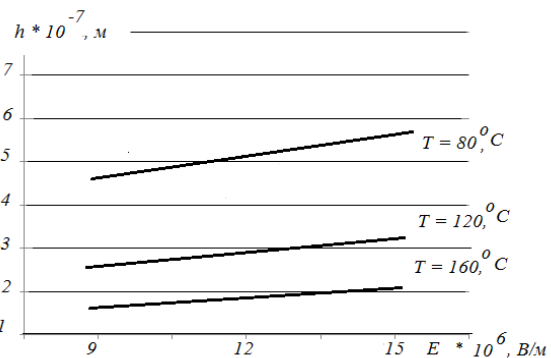


Рис.2 Залежності зміни товщини мастильної плівки від величини сумарної напруженості електричних полів і робочої температури

Ступінь впливу робочої температури T °С в обсязі масляної плівки, а також динамічної в'язкості базового мастильного матеріалу μ , Па · с, на товщину

мастильної плівки в залежності від сумарної напруженості електричних полів $E = E_n + E_{жс}$, представлено на (рис.2) і (рис. 3).

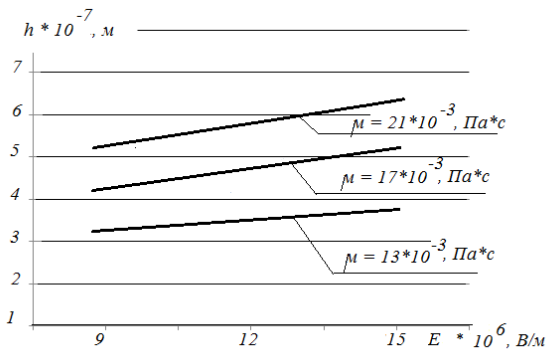


Рис.3 Залежності зміни товщини мастильної плівки від величини сумарної напруженості електричних полів і динамічної в'язкості базового мастила

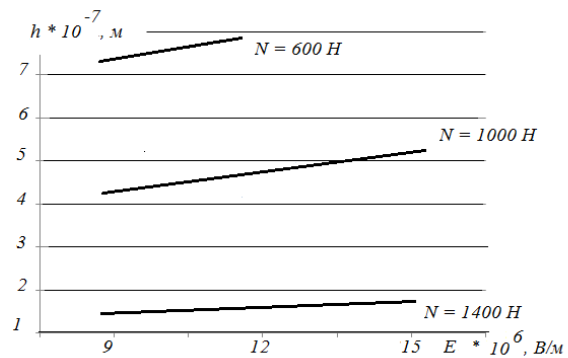


Рис.4 Залежності зміни товщини мастильної плівки від величини сумарної напруженості електричних полів і навантаження

З аналізу залежностей можна зробити висновок, що зміна температури від $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ до $T = 160 \text{ }^\circ\text{C}$ призводить до зменшення товщини плівки від $h = 4,5 \times 10^{-7} \text{ м}$ до $h = 2,5 \times 10^{-7} \text{ м}$. аналогічні залежності отримані при зміні динамічної в'язкості базового мастила, рис. 3.

Ступінь впливу навантаження на трибосистему на товщину мастильної плівки представлена на (рис. 4). З залежностей випливає, що збільшення навантаження N , Н значно зменшує товщину мастильної плівки.

Як впливає з отриманих теоретичних залежностей найбільш значимими факторами при формуванні товщини мастильної плівки є: напруженості електричних полів поверхні тертя і рідини; навантаження на трибосистему; температура і динамічну в'язкість мастильного середовища.

Показано, що електричне взаємодія кластерів і міцел в мастильному середовищі, до складу яких входять фулерени, описується диференціальним рівнянням Пуассона, а його рішення містить три складові: напруженість електростатичного поля поверхні тертя; напруженість електричного поля в об'ємі рідини за рахунок утворення кластерів; напруженості електричного поля в об'ємі рідини за рахунок утворення міцел.

Встановлено роль поверхні тертя на процес утворення кластерів і міцел в адсорбованій плівці мастильного матеріалу у поверхні тертя. Показано, що під дією напружено-деформованого стану поверхневих шарів матеріалів трибоелементов, поверхня тертя виступає в якості «генератора електростатичного силового поля». Отримані вирази для моделювання товщини мастильної плівки при наявності фулеренів в базовому змащувальному матеріалі.

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ НА ЗМІНУ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМОТОРІВ

INFLUENCE OF DESIGN FEATURES OF DISTRIBUTION SYSTEMS ON CHANGING THE OPERATING PARAMETERS OF PLANETARY HYDRAULIC MOTORS

*докт. техн. наук С.В. Кюрчев¹, докт. пед. наук П.Г. Лузан²,
канд. техн. наук Н.І. Болтянська¹, канд. військ. наук Г.О. Радіонов³,
А.І. Засядько⁴*

¹*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного (м. Мелітополь)*

²*Інститут професійно-технічної освіти Національної академії педагогічних
наук України (м. Київ)*

³*Національна академія Національної гвардії України (м. Харків)*

⁴*Бердянський коледж Таврійського державного агротехнологічного університету*

*S.V. Kiurchev¹, D.Sc (Tech.), P.G. Luzan², D.Sc (Ped.),
N.I. Boltianska¹, PhD (Tech.), H.O. Radionov³ PhD (Military), A.I. Zasiadko⁴*

¹*Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University (Melitopol)*

²*Institute of Vocational Education National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine (Kyiv)*

³*National Academy of the National Guard of Ukraine (Kharkiv)*

⁴*Berdyansk college of the Tavria State Agrotechnological University (Berdyansk)*

В даний час підвищення ефективності використання самохідної техніки в більшій мірі визначається гідрофікацією її активних робочих органів та ходових систем. Недостатньо широке застосування гідроприводів, як у нас в країні, так і за кордоном, пояснюється обмеженою номенклатурою гідромашин об'ємного дії, особливо гідромоторів [1, 2]. Аналіз технічних характеристик об'ємних гідромашин показав, що планетарні гідромашини відрізняються універсальністю, високим питомим об'ємом робочих камер, малою металоємністю і компактністю, хорошими енергетичними характеристиками [3-5]. Великою їх перевагою є можливість установки в приводний механізм, що особливо важливо для самохідної техніки.

Необхідно відзначити, що поряд із зазначеними перевагами ці гідромашини (у зв'язку з особливістю конструкції) мають досить складну систему розподілу робочої рідини, яка виконує роль водила планетарного редуктора. На сьогоднішній день, немає чіткої методики моделювання, розрахунку та проектування систем розподілу робочої рідини для планетарних гідромашин. Тому, вирішення питань, пов'язаних з дослідженням конструктивних особливостей розподільних систем, є актуальним завданням на шляху поліпшення робочих параметрів планетарних гідромоторів.

Аналіз моделювання процесів (рис. 1), що відбуваються в планетарному гідромоторі, підтверджує теоретичні дослідження і показує, що в процесі експлуатації планетарного гідромотора мають місце робочі процеси, викликані нераціональністю конструкції розподільної системи, що відбуваються з періодичністю, що дорівнює періоду зміни площі прохідного перетину.

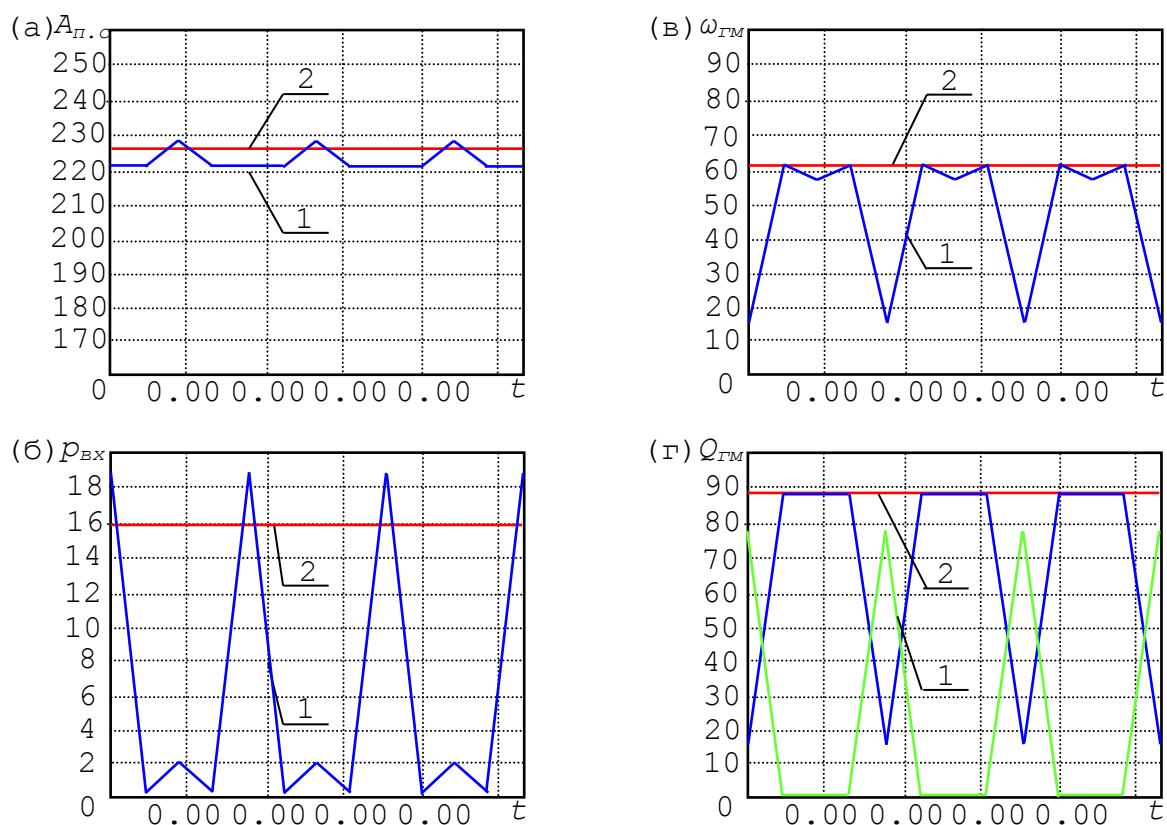


Рис. 1 Зміна робочих параметрів планетарного гідромотора серії PRG з серійною 1 і модернізованою 2 розподільними системами: а – площі прохідного перетину розподільної системи; б – тиску робочої рідини; в – кутової швидкості обертання валу гідромотора; г – витрати робочої рідини через гідромотор і запобіжний клапан

Моделюванням процесів, що відбуваються в серійній розподільній системі встановлено (рис. 1), що навіть при незначних коливаннях площі прохідного перетину (до 4%) спостерігаються значні коливання тиску і в момент, коли тиск перевищує номінальний, в магістралі спрацьовує запобіжний клапан та відбувається відтік робочої рідини на злив, що викликає коливання кутової швидкості (до 80%), що призводить до функціональних відмов та викликає кавітаційні явища (розрідження тиску в нагнітальній магістралі) в розподільній системі серійного гідромотора. Моделювання процесів, що відбуваються в модернізованому гідромоторі, показує відсутність періодичної зміни площі прохідного перетину і, як наслідок, відсутність пульсацій тиску і кутової швидкості валу гідромотора.

- [1] Панченко А. І. Гідромашини для приводу активних робочих органів та ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки. Техніка АПК, 2006. С.11-13.
 [2] Панченко А.И., Волошина А.А., Панченко И.А. Конструктивные особенности планетарных гидромоторов серии PRG Вісник НТУ «ХП», 2018. № 17 (1293). С.88-95.
 [3] Panchenko A, Voloshina A, Boltvansky O and others Designing the flow-through parts of distribution systems for the PRG series planetary hydraulic motors. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018. 3 1(93). 67–77.
 [4] Panchenko A, Voloshina A, Kiurchev S and others. Development of the universal model of mechatronic system with a hydraulic drive. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018. 4 7(94). 51–60.
 [5] Voloshina A, Panchenko A, Boltvansky O, Panchenko I and Titova O Justification of the Kinematic Diagrams for the Distribution System of a Planetary Hydraulic Motor International Journal of Engineering and Technology, 2018. 7 (4.3). 6–11.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЛОГІСТИЦІ ТРАНСПОРТНИХ КОМПАНІЙ**

**RESEARCH OF EFFICIENCY AND RESOURCE SAVING METHODS IN
LOGISTICS OF TRANSPORT COMPANIES**

*докт. техн. наук Д.В. Ломотько, канд. техн. наук Г.О. Примаченко,
канд. техн. наук О.В. Ковальова, Є.І. Григорова
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*D.V. Lomotko, D.Sc (Tech.), H.O. Prymachenko, PhD (Tech.),
O.V. Kovalova, PhD (Tech.), Ye.I. Hryhorova
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

На сьогоднішній день процес доставки вантажів ускладнюється: низькою швидкістю логістичного циклу; довгим документообігом і наявністю в ньому помилок; збереженням вантажу. Організувати все переміщення, звівши витрати до мінімуму – в цьому і полягає основне завдання транспортної логістики.

До основних завдань логістики відносять – максимальне скорочення термінів доставки, спрощення документообігу та забезпечення безпеки, і збереження вантажу. В даний час не можна уявити будь-яке торгове або виробниче підприємство, яке не займається вирішенням завдань логістики. Таким чином, логістика в діяльності підприємства дозволяє оптимізувати товарні, фінансові та інформаційні потоки на підприємстві, а також значно скоротити часовий інтервал між закупівлею сировини і напівфабрикатів і доставкою товару. Готова продукція для споживача, сприяє різкому скорочення товарно-матеріальних запасів [1]. Для системи логістики є справедливим закон Парето. Так, відповідно до цього закону, в процесі логістичних послуг 80% затримок є результатом менше 20% дій. При цьому, рішенням проблем затримок в логістиці є: знаходження 20% дій; скорочення часу виробничого циклу на 80%; забезпечення своєчасності поставок на рівні 99% [2].

Введення в процес логістики управління підприємством принципу «точно в строк», який активно застосовується в ощадливому виробництві, дозволить досягти, по-перше, виключення втрат на етапі виробництва, надлишок запасів продукції і часу очікування, по-друге дозволить значно знизити витрати і собівартість товарів, і, нарешті, по-третє, підвищити якість сервісу логістики підприємства.

У даний час, підприємства, що перейшли на організацію системи виробничого циклу відповідно до логістичними принципами, можуть раціональним чином організувати цикл виробництва підприємства, проводити закупівлю матеріалів і сировини, відбирати постачальників, а також самостійно організовувати виробничі процеси [3].

У всіх функціональних областях логістики важливим завданням є

моніторинг поточних процесів. Моніторинг логістичного процесу – це впорядкована і, наскільки це можливо, безперервна обробка логістичних даних для виявлення відхилень або розбіжностей між плановими і фактичними значеннями логістичних показників, а також аналіз цих відхилень для виявлення причин розбіжностей. Щоб підтримувати високу конкурентоспроможність, логістична система повинна постійно розвиватися і вдосконалюватися. Для цього необхідно проаналізувати продуктивність логістичної системи, що показує ефективність її роботи з експлуатаційної, економічної і технічної точок зору.

Показники логістичної діяльності можуть бути прямими або непрямими, абсолютними або відносними. Прямі показники логістичної діяльності більше підходять для аналізу причин ситуації, що склалася і пошуку управлінських рішень. Непрямі показники логістичної діяльності, такі як рентабельність або термін окупності, часто пов'язані з фінансами. Фінансові показники логістичної діяльності легко визначаються, дозволяють порівнювати отримані результати, дають загальну картину сучасного стану логістичної системи. Однак у них є ряд істотних недоліків: вони відображають минулі результати, вони повільно реагують на зміни, залежать від ряду методів обліку, не враховують важливі аспекти логістики, які не показують конкретних проблем і шляхів їх усунення [3]. Використання показників зазвичай має сенс тільки в тому випадку, якщо їх порівнювати з показниками інших підприємств або з тими ж показниками, отриманими за інший період часу.

Для ефективної підготовки планів перевезень використовуються електронні карти і спеціальні бази даних (трафік, адреси доставки, умови руху) на основі транспортно-технологічної схеми. Процес її розробки включає в себе наступні етапи: етап перший – підготовка продукції для передачі на транспорт, вона починається з моменту виробництва і триває до завантаження в контейнери або рухомий склад, основними видами витрат на цьому етапі є експлуатаційні витрати і капітальні вкладення на упаковку вантажів, формування упаковок, придбання (оренда) піддонів або інших засобів упаковки, контейнерів і т. д. [3]; етап другий – доставка товару до терміналу основного виду транспорту; етап третій – транспортно-складські операції на етапі навантаження вантажу, щоб визначити вартість навантажувальних робіт, необхідно визначити спосіб виконання цих робіт і вид вантажно-розвантажувального обладнання; етап четвертий – перевезення вантажів основними видами транспорту, вартість доставки визначається в залежності від варіанту транспортної схеми; етап п'ятий – транспортно-складські операції на етапі вивантаження вантажу, процедура розрахунку витрат цієї групи аналогічна розрахунку на етапі два; етап шостий – вивезення вантажу з терміналу основного виду транспорту та його доставка на бази постачання і розподілу (складські розподільчі центри); етап сьомий – доставка товару з бази до споживача.

[1] Allegri Th. H. Materials Handling. Principles and Practice. USA: CBS Publishers&Distributors Pvt. Ltd., 2017. 518 p.

[2] Gwynne R. Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse, 3rd Edition. UK: CPI Group Ltd., 2018. 505 p.

УДК 621.833: 629.4.02

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЇ ЗАЧЕПЛЕННЯ ТЯГОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ З РІЗНИМИ СТУПЕНЯМИ ЗНОСУ ЗУБЦІВ

FEATURES OF DETERMINING THE LINE GEARING TRACTION GEARS WITH DIFFERENT DEGREES OF WEAR OF THE TEETH

*докт. техн. наук В.І. Мороз, канд. техн. наук В.І. Громов,
канд. техн. наук О.В. Братченко, канд. техн. наук О.А. Логвіненко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.I. Moroz, D.Sc. (Tech.), V.I. Hromov, PhD (Tech.),
O.V.Bratchenko, PhD (Tech.), O.A. Logvinenko, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Проведення розрахунків на міцність, прогнозування залишкового ресурсу ремонтних тягових зубчастих передач (ТЗП) здійснюється за результатами моделювання їх кінематичних характеристик, основою якого є визначені координати точок контакту профілів зубців шестірні та колеса за період зачеплення (лінія зачеплення) [1,2]. Метою дослідження було розроблення математичних залежностей для рішення задачі визначення лінії зачеплення ТЗП з різними ступенями зносу зубців шестірні та колеса. Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

1. Розроблення математичних описань, що забезпечують визначення граничних точок контакту зубців (положення осей зубців шестірні та колеса в моменти початку та закінчення зачеплення).
2. Отримання математичних залежностей для визначення координат поточних точок контакту в зачепленні зубців.

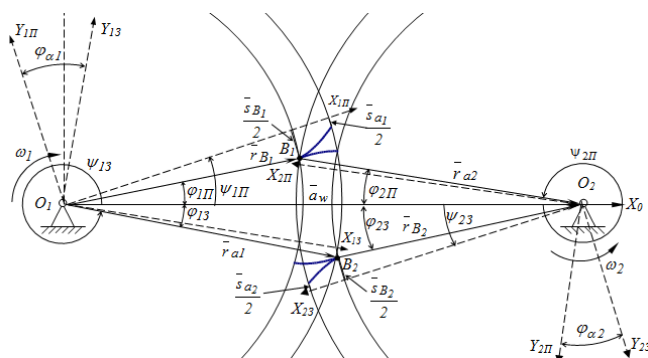


Рис.1 До визначення граничних положень осей зношених зубців шестерні та колеса ТЗП

Для визначення положень осей зношених зубців шестерні та колеса ТЗП (рис.1) в моменти початку (точка контакту B_1 , шукані кути $\psi_{1П}$, $\psi_{2П}$) та закінчення зачеплення (точка контакту B_2 , шукані кути ψ_{13} , ψ_{23}) використовувався метод проєкцій замкнених

векторних контурів на осі координат (метод В.А. Зінов'єва) [3]. Для моментів початку та закінчення зачеплення зубців шестірні і колеса розглядалися

векторні контури $O_1B_1O_2O_1$ і $O_1B_2O_2O_1$, для яких умовами замкненості відповідно є

$$\vec{r}_{B_1} + \vec{r}_{a2} = \vec{a}_w; \vec{r}_{B_2} + \vec{r}_{a1} = \vec{a}_w. \quad (1)$$

Аналітичні залежності для визначення координат в системі $X_0O_1Y_0$ (рис.2)

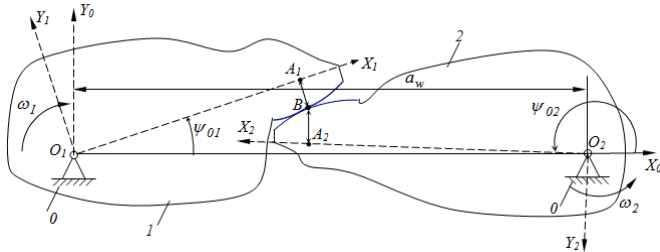


Рис.2 До визначення координат точок контакту профілів зубців шестерні та колеса ТЗП

поточних точок контакту профілів зубців з визначеними товщинами за хордами кіл відповідних радіусів шестерні і колеса (друге завдання дослідження) отримувались на основі методу матричного перетворення координат (методу Г.Ф. Морошкіна) [4].

Матричний запис системи рівнянь перетворення координат точки має вид $r_i = T_{ji} \cdot r_j$ (r_i - матриця-стовпець координат точки в основній системі координат; r_j - матриця-стовпець координат точки в новій системі координат; T_{ji} - матриця коефіцієнтів рівнянь).

Перевірка адекватності запропонованих математичних описань здійснювалась за результатами дослідження нової ТЗП електропоїзду серії

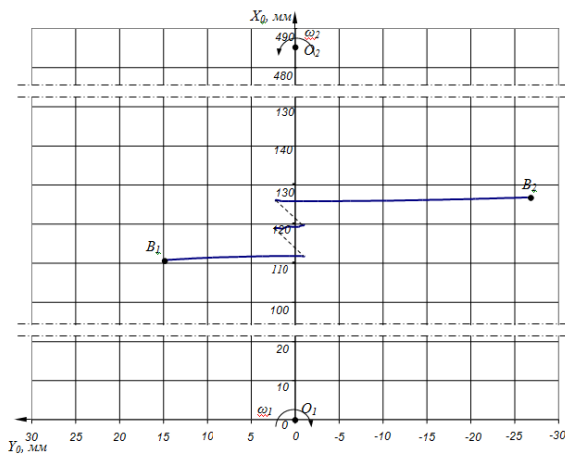


Рис.3 Лінія зачеплення досліджуваної ТЗП

ЕР-2. Їх співставлення з координатами лінії зачеплення, розрахованими за традиційним методом, показали, що похибка моделювання не перевищує 0,06%. В якості прикладу практичного використання отриманих математичних описань наведені результати дослідження кінематики ТЗП електропоїзду ЕР-2 з встановленими ступенями зносу зубців шестерні та колеса. Співставлення отриманих результатів з експериментальними даними [5] показало, що похибка математичного моделювання не перевищує 1%. Зроблено висновок про доцільність використання отриманих

математичних залежностей в дослідженнях, спрямованих на прогнозування залишкового ресурсу ремонтних тягових зубчастих передач рухомого складу.

[1] Бабанін О.Б., Громов В.І. Прогнозування збільшення ресурсу тягових зубчастих передач електропоїздів за рахунок удосконалення технології ремонту. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Харків. 2014. №147. С. 104–109.

[2] Бирюков И.В., Беляев А.И., Рыбников Е.К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. Москва: Транспорт, 1986. 256 с.

[3] Зинovieв В.А. Курс теории механизмов и машин. Москва: Наука, 1975. 384 с.

[4] Мороз В.І., Братченко О.В., Громов В.І. Розрахункове визначення кінематичних характеристик елементів конструкції технічних засобів транспорту методом перетворення координат. *Збірник наукових праць Українського*

УДК 631.3.06

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВОГО ККД МОДУЛЬНОГО ТЯГОВОГО ЗАСОБУ

WAYS TO INCREASE THE TRACTION EFFICIENCY OF MODULAR DRAFT DEVICE

*докт. техн. наук В.Т.Надикто, докт. техн. наук В.М. Кюрчев,
А.П. Чаплінський, канд. техн. наук А.М.Аюбов
Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного (м. Мелітополь)*

*V.T. Nadykto, D.Sc (Tech.), V.M. Kyurchev, D.Sc (Tech.),
A.P. Chaplinskyi, A.M. Ayubov, PhD (Tech.)
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University (Melitopol)*

Підвищити універсальність тракторів можна використовуючи їх в складі модульних тягових засобів (МТЗ). Їх висока виробнича універсальність і технологічна адаптивність забезпечуються перемінним номінальним тяговим зусиллям [1]. Ця нова властивість тягових засобів обумовлена не застосуванням їх механічного баластування, а поділом функцій трактора на енергетичну і технологічну. Цей принципово новий напрям розвитку тракторів є актуальним практично для всіх країн світу [2].

МТЗ складається з енергетичного (ЕМ) і технологічного (ТМ) модулів. ЕМ – це енергонасичений трактор з колісною формулою 4К2 або 4К4 і номінальним тяговим зусиллям 14-16 кН. ТМ – це додатковий міст з активним приводом його коліс. Приєднавши ТМ до заднього навісного механізму (ЗНМ) ЕМ тягове зусилля всього МТЗ, що має колісну формулу 6К4 або 6К6, зростає до 32-36 кН.

Ефективність використання МТЗ змінного тягового класу підтверджена результатами багаторічних досліджень і виробничих випробувань [3].

Аналіз технологічних властивостей МТЗ показує, що після нескладного переобладнання, їх можливо буде використовувати в залізничному транспорті. В першу чергу в якості рельсомобілей категорії N3 [4] або категорії Т [5]. Сімейство останніх представляють мотовози серії ММТ-3 [6], які повністю подібні МТЗ. Прогноз даних досліджень показує, що МТЗ можуть знайти успішне застосування в сучасних біомодальних перевезеннях залізницею [7].

В результаті проведених досліджень [8] встановлено, що максимальне значення тягового ККД у повноприводного МТЗ (6К6) приблизно на 10% більше, ніж у неповноприводного МТЗ (6К4) (рисунок 1). При цьому, чим

більше тягове зусилля модульного тягового засобу, тим більша різниця між значеннями ККД на користь його варіанту за формулою БК6 [9].

Також встановлено, що кут установки центральної тяги ЗНМ ЕМ МТЗ краще застосовувати з більшим значенням, оскільки в цьому випадку має місце збільшення його ККД (рисунок 2). У той же час, установка нижніх тяг ЗНМ під кутом до горизонту $0-10^\circ$ істотного впливу на цей показник не робить.

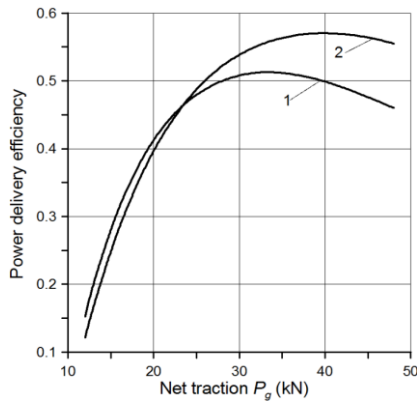


Рис. 1 Залежність тягового ККД МТЗ від тягового зусилля: 1 – 4WD MDD; 2 – 6WD MDD

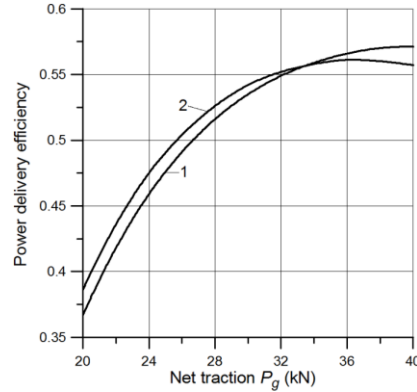


Рис. 2 Залежність тягового ККД МТЗ від тягового зусилля при: 1 – $\alpha = 1^\circ$; 2 – $\alpha = 20^\circ$

При тягових зусиллях МТЗ до 29-32 кН збільшення коефіцієнта кінематичного невідповідності в приводі коліс його ЕМ (K_{ve}) і ТМ (K_{vt}) з 1.00 до 1.05 сприяє збільшенню ККД. При великих значеннях тягового зусилля МТЗ динаміка зміни цього параметра практично інваріантна стосовно збільшення коефіцієнтів K_{ve} і K_{vt} (рисунок 3, 4).

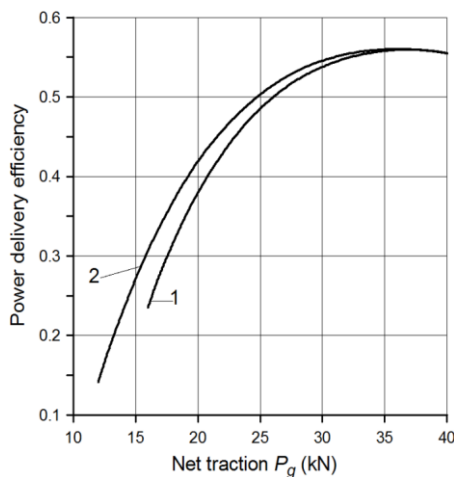


Рис. 3 Залежність тягового ККД МТЗ від тягового зусилля при: 1 – $K_{ve} = 1.00$; 2 – $K_{ve} = 1.05$

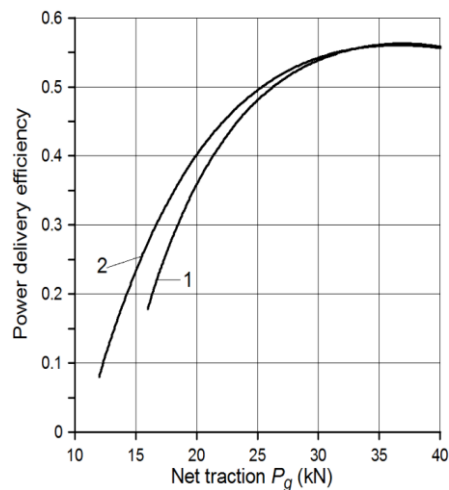


Рис. 4 Залежність тягового ККД МТЗ від тягового зусилля при: 1 – $K_{vt} = 1.00$; 2 – $K_{vt} = 1.05$

[1] Nadykto V T 2003 *Fundamentals of modular draft devices application* (Melitopol: KP "MMD")
 [2] Bulgakov V, Kyurchev V, Nadykto V and Olt J 2015 Structure Development and Results of Testing a Novel Modular Power Unit *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7 40-44
 [3] Adamchuk V, Bulgakov V, Nadykto V, Ihnatiev Y and Olt J 2016 Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors *Agronomy Research* 14(5) 1511-18
 [4] Platonov A A 2014 Classification Features Constructive-Technical Parameters of Road Rail Vehicles *Modern Problems of Science and Education* 2 161-168
 [5] Popov A T and Diakonova N S 2012 Locomobile as an Alternative to Diesel Switchers *World of Transport and*

УДК 614.841.123.24

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРОВОГО ВПЛИВУ НА ПОВЕРХНЕВУ ГУСТИНУ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

INVESTIGATION OF WIND INFLUENCE ON THE SURFACE DENSITY OF HEAT FLUX

канд. техн. наук **В.В. Ніжник, А.С. Борисова**

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

V.V. Nizhnyk, PhD (Tech.), A.S. Borysova

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection

Методично - експериментальна база [1-2] дослідження критичної поверхневої густини теплового потоку яка нині існує в світі має ряд недоліків. Основним з них є відсутність досліджень впливу умов навколишнього середовища, а саме вітру на значення поверхневої густини теплового потоку. Для вирішення зазначеної проблеми було сформовано такі задачі:

- провести експериментальні дослідження визначення залежності значення критичної поверхневої густини теплового потоку від вітрового впливу;
- оцінити та проаналізувати результати експериментальних досліджень.

Авторами була розроблена методика [3] та проведені відповідні експериментальні дослідження. Результати експериментальних досліджень показали, що зі зміною швидкості потоку повітря відбувається зменшення критичної поверхневої густини теплового потоку внаслідок чого займання відбувається пізніше. На рисунку 1 зображено залежність між швидкістю вітру, критичною поверхневою густиною теплового потоку та часу впродовж якого відбувається займання матеріалу.

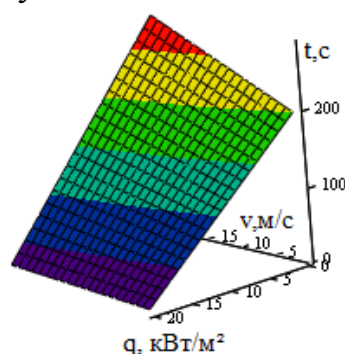


Рис. 1 Залежність між швидкістю вітру, критичної поверхневої густини теплового потоку та часу впродовж якого відбувається займання матеріалу

Для оцінювання збіжності експерименту визначені абсолютні, відносні, середньоквадратичні відхилення та критерії Граббса та Фішера [4], результати яких свідчать про задовільну збіжність отриманих експериментальних даних.

Завдяки табличним значенням побудовано залежність зміни значення критичної поверхневої густини теплового потоку при якому відбувається займання матеріалу, від швидкості вітру рисунок 2, яка може бути описана рівнянням числової регресії (1)

$$f(t) := a_0 + a_1 t \quad (1)$$

із коефіцієнтами 9,88; 3,36t, а також розпочато проведення повного факторного експерименту з метою обґрунтування табличних даних залежності критичної поверхневої густини теплового потоку від швидкості вітру.

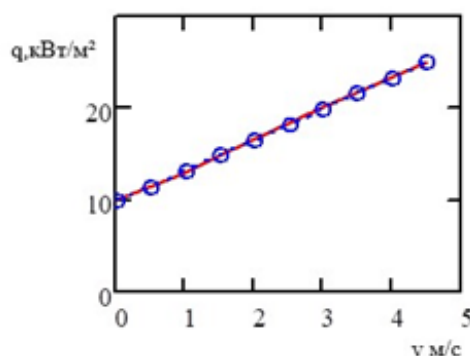


Рис. 2 Залежність зміни значення критичної поверхневої густини теплового потоку при якому відбувається займання матеріалу, від швидкості вітру

За результатами дослідження встановлено, що залежність густини теплового потоку від потоку повітря є прямо пропорційною.

[1] ДСТУ Б В.1.1.2-97, Матеріали будівельні, Методи випробувань на займистість.

[2] ДСТУ Б В.1.1-10:2004. Захист від пожежі. Матеріали будівельні. Метод випробування на поширення полум'я по вертикальних поверхнях у горизонтальному напрямку.

[3] Борисова А.С. Методика експериментальних досліджень залежності критичної поверхневої густини теплового потоку від вітрового впливу./ В.В. Ніжник // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – 2020. – №2. – С. 200–203.

[4] Інструкція з проведення міжлабораторних порівняльних випробувань у сфері пожежної безпеки, УкрНДПБ, 2007.

УДК 332.36:504

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В ПРОЦЕСІ РОЗВИТКУ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

PECULIARITIES OF ALTERNATIVE FUEL AND POWER POTENTIAL WITHIN AIR TRANSPORT LAND MANAGEMENT DEVELOPMENT

докт. екон. наук. *І.О. Новаковська*¹, канд. техн. наук *І.В. Славін*¹,
канд. техн. наук *Л.Р. Скрипник*¹, канд. ф.-м. наук *В.Ю. Беленок*¹,
*І.В. Шатохіна*²

¹ Національний авіаційний університет (м.Київ)

² Комунальне підприємство: «Київський інститут земельних відносин» (м.Київ)

*I.O. Novakovska¹, D.Sc (Econ.), I.V. Slavin¹, PhD(Tech.), L.R. Skrypnyk¹, PhD,
V.Yu. Belenok¹, PhD (Phys. and Math.) I.V. Shatokhina²*
¹ National Aviation University (Kyiv)

²Office for the Implementation of the City Target Program, Kyiv Institute of Land Relations

В сучасних умовах розвитку авіаційної індустрії серйозну нішу зайняли процеси вдосконалення застосування альтернативного паливно-енергетичного потенціалу задля прийняття ефективних рішень екологізації середовища на території аеропорту та за його межами. Система продукування енергоефективних ресурсів включає в себе наступні елементи: виробництво, експлуатацію технологій та обладнання для контролю й зменшення викидів шкідливих речовин та парникових газів; збереження та примноження зелених насаджень на території аеропорту та за його межами; моніторинг та прогнозування природно-кліматичних змін; запровадження технологічних процесів щодо енерго- та ресурсозбереження та відновлюваної енергетики.



Рис. 1 Основні елементи концепції проектування та експлуатації сучасної, енергоефективної аеропортової інфраструктури

В сучасних умовах розвитку масштабні аеропорти часто зазнають швидких змін, саме тому деякі аеропорти, які проектуються зараз конструюють будівлі з потенційними мультимодальними можливостями бути конвертованими для іншого функціонального призначення.

Продукування енергії часто призводить до викидів шкідливих сполук і значних затрат енергії. Таким чином енергоефективність завжди повинна бути пріоритетною метою проектування або реконструкції терміналів з точки зору економічних та екологічних факторів [2].

Енергоефективність включає такі фактори як: 1) ізоляція та низькоенергетичні прилади, а також спеціальний дизайн приміщень з урахуванням потреб у вентиляції; 2) проектування «зеленого даху», у якому може істотно знизити теплопоглинання і тим самим зменшити затрати енергії, стік дощових вод служить шумовідводом; 3) використання відновлюваних джерел енергії за допомогою вітрових, сонячних, водних електростанцій та

інших технологій, які згодом можуть бути інтегровані в конструкцію іншого призначення [3].

Важливим елементом при проектуванні аеропорту є застосування економічних методів замкнутого циклу або ж циклічна економіка, яка заснована на концепції відновлення ресурсів, є альтернативою лінійної економіки та забезпечує цілісний підхід до розробки нових економічних моделей бізнесу

Згідно досліджень фахівців в сфері авіаційної індустрії та членів Ради ІКАО концепція проектування та експлуатації сучасної, енергоефективної аеропортової інфраструктури має на меті забезпечити:

- відсутність викидів шкідливих речовин в результаті експлуатації аеропорт до 2030 року;
- покращення якості повітря, збереження біорізноманіття;
- застосування методів циклічної економіки;
- зменшення шуму в аеропортах;
- енергоефективні операції щодо споруд аеропортів;
- розвиток екологістики;
- інтеграція з іншими видами транспорту з низьким рівнем викидів небезпечних продуктів згорання палива;
- зменшення викидів для міст та міської мобільності, а також покращена інтеграція міст для аеропортів;
- чіткі зобов'язання та внески до загальноєвропейського впровадження інноваційних рішень протягом і за межами проекту очікуються, які можуть бути у формі подальших дій, наприклад, за підтримки Європейського фонду зв'язку Європи або інших програм фінансування [4].

[1] Green thinking, Greener Airports (ICAO) (2018). Available at: <https://unitingaviation.com/news/environment/green-thinking-greener-airports/>

[2] Novakovska, N. Belousova, N. Ishchenko, L. Skrypnyk, V. Frolov. Aviation Industry of XXI Century: Development and Necessity or Serious Threats for Natural Ecosystems / Selected Aspects of Providing the Chemmotological Reliability of the Engineering/ Ed. by S. Boichenko, O. Aksionov, P. Topilnytskyi, A. Pushak, K. Lejda. Center for Educational Literature. Kyiv. Paris. 2019. Chapter 3. P. 226-238 DOI: doi.org/10.18372/38229

[3] Skrypnyk L.R. Ekologobezpechne vykorystannia zemel aviatsijnogo transportu [The Naturally-safe Land Management in Aviation Transport] in Ukrainian. A PhD thesis, speciality 051 – Economics. - 2020. - 287 pages.

[4] The Eco-Design of Airport Buildings. ICAO. Environment (2019). Available at: https://www.icao.int/environmental_protection/Documents/ecoairports/Final%20Airport%20Eco%20Design%20Overview

УДК 65:656

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ «ЕКОЛОГІЗАЦІЇ» АВТОТРАНСПОРТУ ТА ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В УКРАЇНІ

ANALYSIS OF PRINCIPLES OF MOTOR TRANSPORT AND TRANSPORT SYSTEM ECOLOGIZATION IN UKRAINE

*докт. екон. наук І.О. Новаковська, канд. екон. наук П.Ф. Жолкевський,
доктор філософії з економіки Н.Ф. Іщенко, канд. екон. наук М.П. Стецюк
Національний авіаційний університет (м. Київ)*

*I. O. Novakovska, D.Sc (Econ.), P.F. Zholkevskiy, PhD (Econ.),
M.P. Stetsiuk, PhD (Econ.), N.F. Ishchenko PhD (Econ.)
National Aviation University (Kyiv)*

Система автомобільних доріг як невід’ємна частина єдиної транспортної системи країни протягом останніх років постійно розвивається, збільшуються автомобільні потоки, які рухаються дорогами України. Серед значної кількості джерел забруднення навколишнього природного середовища саме автотранспортні системи (автотранспортні засоби, автомобільні дороги, споруди дорожнього господарства тощо) становлять суттєву небезпеку і є однією з найбільш вразливих екологічних проблем.

Основний внесок у забруднення атмосфери вносять автомобілі, які працюють на бензині (на їх частку припадає 75 %), на автомобілі з дизельними двигунами - біля 4%. За даними Державної служби статистики України забруднення атмосфери від автомобільного транспорту спричиняє понад 25000 передчасних смертей на рік, а економіка щорічно втрачає 8 млрд. доларів через затори [1].

Європейська спільнота вже давно усвідомила негативний ефект від застарілої та неефективної транспортної системи та стала на шлях боротьби з її наслідками. Країни європейського союзу активно впроваджують досить масштабні програми інвестування з метою модернізації транспорту та інфраструктури загалом, шляхом їх «екологізації» та «зеленого транспорту» для мінімізації негативного впливу на довкілля та збереження конкурентних можливостей [2].

Нині в країнах ЄС широко застосовуються два види біопалива: біоетанол – для бензинових та біодизель – для дизельних двигунів.

Щодо України, то майже всі перелічені види культур наявні, а є ріпак, соняшник, гірчицю вирощують на її території. Потреба в нафтопродуктах становить 24–28 млн т, а у природному газі – 85 млрд м³ на рік. 80–90 % потреб у нафтопродуктах Україна забезпечує за рахунок імпорту, а з 1 т ріпака можна отримати близько 270 л біодизеля [1].

Відповідно до Національної транспортної стратегії на період до 2030 року [3] необхідно зменшити обсяги викидів парникових газів в атмосферне повітря від пересувних джерел на 60 % порівняно з 1990 р., зокрема завдяки збільшенню частки громадського транспорту та електротранспорту, електробусів, мускульних (велосипедного) видів транспорту. Сумарні обсяги викидів в атмосферне повітря забруднювальних речовин від пересувних джерел, умовно приведені до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів зменшили до 70 % (від рівня 2015 р.). Збільшити використання електротранспорту та електромобілів, зокрема частку першого у внутрішньому сполученні до 75 % (2030 р.); рівень застосування альтернативних видів пального збільшити з 10 до 50 % (до 2030 р.).

Обґрунтованість необхідності переходу на електромобілі та екологічний ефект від їх використання подано в таблиці 1.

Таблиця 1 - Екологічний ефект від електромобілів України

Показник	Розрахунок
Викиди CO ₂ транспортним засобом за день	0,00023*100*9,2=211600т
Викиди CO ₂ транспортним засобом за рік	2611600*365=77,234т
Поглинання CO ₂ одним деревом за рік	120 кг
Кількість дерев необхідна для переробки викидів CO ₂ всіх автомобілів України	77,234/0,12=643,62 млн
Площа поглинання викидів: 50 м ² – площа одного дерева(0,005 га)	643,62*0,005=3218083 га

Отже, при переході українських споживачів на електромобілі можемо досягти значних екологічних природоохоронних результатів.

Покращити екологічну ситуацію в автомобільно-дорожньому господарстві можливо шляхом упровадження комплексу заходів, зокрема: розробка та створення екологічно безпечних конструкцій будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві; удосконалення конструкції автомобілів зі скороченням обсягів шкідливих викидів; розробка алгоритму моніторингу навколишнього природного середовища та придорожніх зон (резервно-технологічних і захисних смуг, зон впливу); удосконалення методів управління природоохоронною діяльністю і транспортними потоками для забезпечення зменшення викидів автотранспортом.

[1] Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

[2] Новаковська І., Іщенко Н. Дослідження екологічної складової в структурі економічної ефективності використання земель автомобільного транспорту. *International journal of innovative technologies in economy*. Польща, Вип. № 4(24), 2019. С. 22–28.

[3] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. // Законодавство України / ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua>

УДК 621.01: 539.4

ОЦІНКА СТАНУ ДВИГУНА МОБІЛЬНИХ МАШИН В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

ASSESSMENT OF MOTOR VEHICLE ENGINE CONDITION IN CONDITIONS OF OPERATION

*докт. техн. наук С.В. Панченко¹, докт. техн. наук М.П. Ремарчук¹,
О.В. Кебко¹, О.І. Рошчупкін²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський державний автомобільно-дорожній коледж (м. Харків)

*S.V. Panchenko¹, D.Sc (Tech.), M.P. Remarchuk¹, D.Sc (Tech.),
O.V. Kebko¹, O.I. Roshchupkin²*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kharkiv State Automobile and Road College (Kharkiv)

Будівництво залізничних споруд забезпечується застосуванням мобільних

машин, до яких відносяться колійні, землерийні і вантажно-розвантажувальні машини (КЗВРМ). Джерелом енергії таких машин являються карбюраторні та дизельні двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), які для визначення їх стану в умовах експлуатації потребують проведення додаткових досліджень. Так, зміна стану ДВЗ в процесі роботи КЗВРМ призводить до зниження продуктивності їх роботи і одночасно до підвищення витрат палива. Параметром стану ДВЗ прийнятий коефіцієнт корисної дії (ККД). Згідно [1, стор. 52, 1961р.] величина ККД двигуна, як джерела енергії, визначається за формулою

$$\eta_e = (632 \cdot N_e) / (G_{\text{п}} \cdot Q_p),$$

де 632 – тепловий еквівалент, ккал/(к.с.·год.); N_e – ефективна потужність, к.с.; $G_{\text{п}}$ – витрата палива, кг/год.; Q_p – теплотворна здатність палива, ккал/кг.

За рекомендаціями державних стандартів [2, стор. 24, 1988р.] величина ККД двигуна визначається на підставі наступної формули

$$\eta_e = 3600 / (H_u \cdot g_e),$$

де H_u – нижній діапазон теплотворної здатності палива, яка складає величину 42,7 МДж/кг; g_e – питомі витрати палива, кг/(кВт·год.).

Згідно досліджень [3, стор. 11, 2014р.] величина ККД двигуна складає

$$\eta_e = 84,3 / g_e.$$

Із аналізу джерел [1, 2 і 3] витікає, що питанню з визначення ККД двигунів КЗВРМ приділяється значна увага. Так, для визначення ККД двигунів в умовах серійного виробництва застосовують різноманітне обладнання, установки і прилади для вимірювання різних змінних. Зокрема, таких як: – крутний момент із застосуванням гальмівної установки, (рис.1); – частоти обертів колінчастого вала; – витрати палива, повітря; – вимірювання часу; – значення величини кута випередження запалювання або впорскування палива; – температури води, мастила, оцінка якості відпрацьованих продуктів горіння та інші.

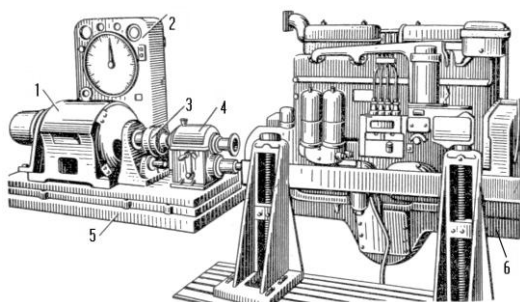


Рис. 1 Установка для випробування дизельних двигунів:

- 1 – електродвигун;
- 2 – пульт контрольних приладів;
- 3 – пружна муфта;
- 4 – редуктор;
- 5 – фундаментна плита;
- 6 – пристрій для монтажу двигуна

Як правило, всі КЗВРМ обладнані гідравлічною системою, яка забезпечує необхідний рівень навантаження двигуна, тоді ККД двигуна в умовах експлуатації, у загальному вигляді, визначається на підставі такої залежності

$$\eta_e = (p_{\text{н}} \cdot V_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}}) / (G_{\text{п}} \cdot H_u),$$

де $p_{\text{н}}$ тиск рідини, що створюється гідравлічним насосом; $V_{\text{н}}$ – об'єм

робочої камери насоса; n_H – частота обертання вала насоса.

Оскільки, параметри p_H , V_H і n_H можна забезпечити з високою точністю незмінними, а параметр H_u являється сталим, то контрольованим параметром являється величина витрати палива G_{Π} . Процес вимірювання витрат палива G_{Π} в лабораторних умовах показано на (рис. 2).

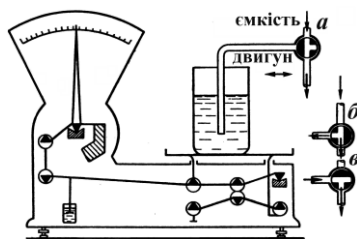


Рис. 2 Вимірювання в лабораторних умовах величини витрат палива за вагою:

- a* – робота двигуна на паливі з ємкості;
- б* – робота двигуна на паливі з ємкості і наповнення посудини;
- в* – робота двигуна на паливі з мірної посудини

Величину ККД двигуна на стадії його проектування можна визначити на підставі використання системного підходу. Для цього двигун конструктивно представляється у вигляді системи з багатьох рівнів, який складається з паралельно-послідовного, тобто зі змішаним з'єднання активних і пасивних елементів. Основними системо утворюючими структурними складовими являються: – паливна система з газорозподільним, циліндро-поршневими і кривошипно-шатунними механізмами; – система мащення; – система охолодження та інші, які перетворюють енергію палива в механічну енергію.

- [1] Майський М.І. Трактори і автомобілі [Текст] / М.І. Майський, Д.К. Богуславський; за ред. Г.І. Трубнікова. – К.: Держ. видавництво сільськогосп. літератури, 1961. – 484 с.
- [2] Дизели тракторные и комбайновые Методы стендовых испытаний ГОСТ 18509–88 (СТ СЭВ 2560–80) – М.: Издательство стандартов, 1988. – 70 с.
- [3] Селиванов Н.И. Испытания автотракторных двигателей [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Селиванов;– Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2014. – 220 с.

УДК 621.225.001.1

КІНЕМАТИКА РУХУ РОТОРІВ ОРБІТАЛЬНОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ МАШИНИ

KINEMATICS OF MOTION OF ROTORS OF AN ORBITAL HYDRAULIC MACHINE

*докт. техн. наук А.І. Панченко¹, докт. техн. наук А.А. Волошина¹,
докт. пед. наук П.Г. Лузан², І.А. Панченко¹, С.В. Волков¹*

¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного (м. Мелітополь)

²Інститут професійно-технічної освіти Національної академії педагогічних наук
України (м. Київ)

*A.I. Panchenko¹, D.Sc (Tech.), A.A. Voloshina¹, D.Sc (Tech.),
P.G. Luzan², D.Sc (Ped.), I.A. Panchenko¹, S.V. Volkov¹*

¹Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Melitopol)

²Institute of Vocational Education National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine (Kyiv)

Для приводу активних робочих органів самохідної техніки використовуються різні типи гідравлічних машин [1-3], але особлива увага приділяється орбітальним [2, 4] гідромоторам. Орбітальні гідромотори відносяться до нових маловивчених гідромашин з високим крутним моментом та низькою частотою обертання вихідного валу. Ці гідромашини знайшли широке застосування в мехатронних системах з гідравлічним приводом активних робочих органів та ходових систем будівельної, залізничної, сільськогосподарської, бурової, комунальної та іншої самохідної техніки.

Відмінною особливістю цих гідромоторів є наявність зовнішнього та внутрішнього роторів зі спеціальним гіпоціклоїдальним профілем зубів [4]. Між центрами роторів орбітального гідромотора відсутній «жорсткий» кінематичний зв'язок, що призводить до змін його вихідних характеристик [5]. Стабільність вихідних характеристик гідравлічних приводів самохідної техніки визначається параметрами гідромоторів, що застосовуються в цих приводах.

Проведений аналіз виконаних досліджень показує, що питання вивчення кінематики переміщення роторів орбітального гідромотора залишаються відкритими, а це певною мірою обмежує роботи, пов'язані з проектуванням нових видів орбітальних гідромашин, їх виготовленням і експлуатацією. Тому, дослідження кінематики переміщення роторів орбітального гідромотора, з метою прогнозування зміни його вихідних характеристик на етапах проектування, виготовлення і експлуатації є актуальним завданням.

При дослідженні процесів зміни вихідних характеристик орбітального гідромотора в залежності від зміни діаметрального зазору G (рис. 1) використовувався математичний апарат, наведений в роботах [4, 5]. При визначенні загального ККД гідромотора використовували загальновідомі математичні залежності.

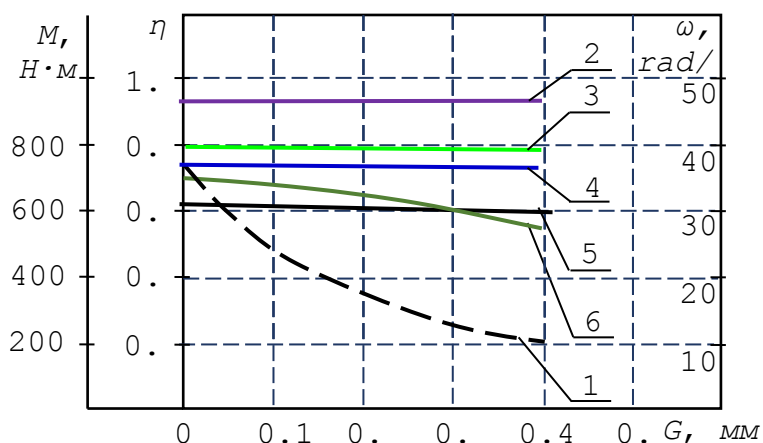


Рис. 1 Залежності зміни функціональних характеристик орбітального гідромотора від діаметрального зазору: 1 – загального ККД стандартної гідромашини об'ємного дії; 2 - об'ємного ККД; 3 – гідромеханічного ККД; 4 – загального ККД; 5 – крутного моменту; 6 - кутової швидкості

Аналіз (рис. 1) залежностей зміни функціональних характеристик орбітального гідромотора від діаметрального зазору з урахуванням кінематики переміщення його роторів показує, що вони відрізняються від характеристик звичайних гідромашин об'ємного дії. Звертає на себе увагу характер кривої 1

(рис. 1), що характеризує залежність зміни загального ККД стандартної гідромашини об'ємного дії від зміни зазору між роторами. При зміні цього зазору в діапазоні 0...0,4 мм загальний ККД гідромашини об'ємного дії зменшується в 3,6 рази (0,75...0,21), що пояснюється зростаючим перетіканням між її роторами. Загальний ККД орбітального гідромотора (крива 4) при аналогічних змінах діаметрального зазору залишається практично незмінним, так як гідравлічний і об'ємний ККД цієї гідромашини не змінюють своїх значень. Високе значення (0,92) і сталість об'ємного ККД (крива 2) орбітального гідромотора пояснюється властивістю його роторів «самогерметизуватися» в процесі переміщення, усуваючи перетікання в діаметральному напрямку. Постійне значення гідромеханічного ККД (крива 3) і крутного моменту (крива 5) при зміні зазору між роторами гідромашин об'ємного дії це нормальне явище для всіх гідромашин такого типу.

Особливу увагу заслуговує зміни кутової швидкості обертання валу орбітального гідромотора (крива 6) значення якої зменшуються від 35 до 27 рад/с при збільшенні зазору від 0 до 0,4 мм. Така зміна кутової швидкості валу орбітального гідромотора пояснюється додатковими переміщеннями його внутрішнього ротора, що виникли при наявності діаметрального зазору і відсутності «жорсткого» кінематичного зв'язку між центрами його роторів.

[1] Панченко А. І. Гідромашини для приводу активних робочих органів та ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки. Техніка АПК, 2006. С.11-13.

[2] Панченко А.І., Волошина А.А., Панченко І.А. Конструктивные особенности планетарных гидромоторов серии PRG Вісник НТУ «ХПІ», 2018. № 17 (1293). С.88-95.

[3] Panchenko A, Voloshina A, Milaeva I and Luzan P Operating Conditions' Influence on the Change of Functional Characteristics for Mechatronic Systems with Orbital Hydraulic Motors Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer, 2019. 169-176.

[4] Panchenko A, Voloshina A, Milaeva I, Panchenko I and Titova O The Influence of the form Error after Rotor Manufacturing on the Output Characteristics of an Orbital Hydraulic Motor International Journal of Engineering and Technology, 2018. 7 (4.3). 1–5.

[5] Panchenko A, Voloshina A, Panchenko I, Titova O and Pastushenko A Reliability design of rotors for orbital hydraulic motors IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. 708 (1). 012017.

УДК 656.073.235

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО РОЗРІВНЮВАННЯ ПОВЕРХНЬ НАСИПНИХ ВАНТАЖІВ В КУЗОВАХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ ВІДКРИТОГО ТИПУ

TECHNICAL MEANS FOR MECHANIZED LEVELING OF BULK CARGO SURFACES IN BODIES OF OPEN TYPE RAILWAY CARS

*канд. техн. наук Є.В. Романович¹, канд. техн. наук А.В. Євтушенко¹,
канд. техн. наук А.М. Кравець¹, канд. техн. наук Г.М. Афанасов¹,
канд. техн. наук Є.В. Повороженко²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Регіональна філія «Південна залізниця» Акціонерного товариства «Українська залізниця»

Ye. V. Romanovych¹, PhD(Tech.), A. V. Yevtushenko¹, PhD(Tech.),

*A.M. Kravets¹, PhD(Tech.), G.M. Afanasov¹, PhD(Tech.),
Ye.V. Povorozhenko², PhD(Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Regionalny branch "Southern Railway" of Ukrzaliznytsya Joint-Stock Company (Kharkiv)

Забезпечення безпеки перевезень є головною задачею підприємств транспортної галузі. Порушення вимог чинних нормативних документів можуть призвести до виникнення таких надзвичайних подій, як перекидання рухомого складу під час руху. Саме тому поверхня насипного вантажу, що перевозиться залізницею, в усіх випадках повинна розрівнюватися.

Найчастіше ця операція виконується вручну, що впливає на збільшення простоїв напіввагонів під вантажними операціями, а також на зростання загальної собівартості перевезення.

Відомі технічні засоби для розрівнювання насипних вантажів у вагонах (розрівнювачі), але вони обладнані робочими органами пасивного типу, тобто передбачають повільне пересування напіввагонів під розрівнювачем за допомогою маневрового засобу. Нажаль, більшість пунктів завантаження насипних вантажів не мають власних маневрових засобів, через що використання механізованого способу розрівнювання є неможливим.

В галузевій науково-дослідній лабораторії механізації вантажно-розвантажувальних робіт Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) розроблені нова конструкції пристроїв для розрівнювання насипних вантажів у напіввагонах, особливістю яких є застосування робочих органів активного типу.

Запропоновані конструкції розрівнювачів виконані у вигляді змінних робочих органів до вантажопідійомних машин та усувають можливість пошкодження рухомого складу. Також, відсутня необхідність у знаходженні робітників всередині вагону, що забезпечує безпечні умови праці персоналу.

Техніко-економічні розрахунки показали, що при використанні запропонованого розрівнювача собівартість обробки одного напіввагона зменшиться на 30-40 % у порівнянні з ручним способом виконання цієї роботи.

УДК 78.21.49.03

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА НАЗЕМНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

APPLICATION OF ENERGY METHODS FOR DETERMINATION OF DYNAMIC LOADS ON THE GROUND ROBOTIC COMPLEX OF SPECIAL PURPOSE

*докт. техн. наук В.Б. Струтинський¹, докт. техн. наук А.М. Гуржій²,
канд. техн. наук О.Я. Юрчишин¹*

¹Національний технічний університет України

**V.B. Strutinsky¹, D.Sc (Tech.), A.M. Gurzhi², D.Sc (Tech.),
O.Y. Yurchyshyn¹, PhD (Tech.)**

¹*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv)*

²*National Academy of Educational Sciences of Ukraine (Kyiv)*

Наземні роботизовані комплекси є ефективним засобом для виконання спеціальних операцій. Вони застосовуються при розмінуванні територій, роботі з екологічно небезпечними об'єктами, виконанні бойових завдань та ін. Розроблення наземних роботизованих комплексів проводиться в технічно розвинених країнах на протязі останніх 30-ти років [1]. Розроблено і використовується значна кількість роботизованих комплексів різного призначення. На озброєнні різних армій знаходиться від 500 тис. до 1 млн. наземних роботизованих комплексів з надзвичайно широкою номенклатурою, а їхні функціональні можливості охоплюють більшість сфер військової справи та завдань роботи з небезпечними об'єктами із тенденцією до їх подальшого розширення.

Згідно директивних документів Уряду (Постанова Кабінету Міністрів України №284-6 від 30.03.2016 р. та інших) в Україні проводяться роботи по створенню наземних роботизованих комплексів. В даний час наявні лише окремі розробки в даному напрямку, які здійснюються в рамках Державної програми розвитку робототехніки. Тому роботи, направлені на дослідження і розроблення наземних роботизованих комплексів є актуальними.

В Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» сформульовані основні положення теорії проектування наземних роботизованих комплексів [2]. Наукові положення перевірені на розроблених експериментальних зразках наземних роботизованих комплексів [3]. Одержаний науковий доробок дає можливість в Україні розробити роботизовані комплекси на рівні кращих світових зразків.

Роботизовані комплекси для виконання спеціальних операцій мають незначну масу (до 100 кг) та габарити порядку 1 м. Вони переміщуються в складних дорожніх умовах і мають автономне або дистанційне керування. Гусеничний рушій комплексу допускає його переміщення по дорогах з різним видом покриття або по відкритому ґрунту. При цьому, умови опирання гусениць та вид покриття є невизначеними і змінюються в широких межах. Невизначені умови опирання комплексу роблять його чутливим до виду і характеру динамічних навантажень.

Динамічні навантаження на комплекс мають різко змінний характер і значну інтенсивність. Для їх визначення застосовані енергетичні методи, які враховують специфіку задач, які виконуються наземним роботизованим комплексом. Для комплексів, оснащених стрілецьким озброєнням, динамічні навантаження, визначені на основі вирішення задачі внутрішньої балістики. На

основі енергетичних співвідношень визначені динамічні силові фактори, що діють на роботизований комплекс при пострілі. Вони узагальнені у вигляді динамічного гвинта, що об'єднує силу віддачі та крутний момент. Визначені параметри динамічного гвинта та фактори, які на них впливають.

Шляхом математичного моделювання визначено характер просторового руху комплексу при дії навантаження у вигляді динамічного гвинта. Математична модель враховує невизначені умови опирання гусениць на дорожнє покриття різного виду. Опис просторового руху комплексу здійснено шляхом знаходження траєкторій переміщення характерних точок комплексу та фазових діаграм, які пов'язують швидкості поступальних та поперечно-кутових переміщень комплексу із зміною положення його центра мас та просторового поперечно-кутового положення комплексу.

Встановлено характер просторового переміщення комплексу в цілому при дії імпульсних навантажень, обумовлених одиничними пострілами та чергами пострілів. Запропоновані заходи по забезпеченню стабільного положення комплексу та методи компенсації неконтрольованих змін положення комплексу при дії динамічних навантажень. Для цього використані спеціальні демпфуючі пристрої орієнтовані на зниження динамічних навантажень та стабілізацію положення наземного роботизованого комплексу.

Проведені дослідження дають можливість створити вискоєфективні зразки спеціальної техніки, зокрема бойові наземні роботизовані комплекси та роботизовано комплекси для виконання спеціальних операцій.

[1] Kot Tomas, Novak Petr Application of virtual reality in teleoperation of the military mobile robotic system TAROS / *International journal of advanced robotic systems*, January-February 2018.pp. 1-6.

[2] Strutynskyi S.V., Hurzhii A.A. Definition of vibro displacements of drive systems with laser triangulation meters and setting their integral characteristics via hyper-spectral analysis methods / *Науковий вісник Національного гірничого університету*. – Дніпро, 2017. - №1. - с.43-51.

[3] Strutynskyi S. Defining the dynamic accuracy of positioning of spatial drive systems through consistent analysis of processes of different range of performance / *Науковий вісник Національного гірничого університету*. – Дніпро, 2018 -№3. – pp.. 64 – 73.

УДК 621.09.04

ВПЛИВ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ГУСЕНИЦІ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ

INFLUENCE OF CENTRIFUGAL FORCES ON GEOMETRIC PARAMETERS OF THE TRACK OF THE TERRESTRIAL ROBOTIC COMPLEX

докт. техн. наук С.В. Струтинський, Р.В. Семенчук
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ)

S.V. Strutynskyi, D.Sc (Tech.), R.V. Semenchuk
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, (Kyiv)

В сучасних конструкціях наземних роботизованих комплексів широко застосовуються гусеничні рушії, що включають гусениці виконані із еластичних полімерних матеріалів. При взаємодії рухомої гусениці із дорожньою поверхнею відбувається її деформація. Зміни форми гусениці особливо суттєві при переміщенні роботизованого комплексу на нерівних поверхнях. У публікації [1] розглянуто конструкції наземних роботизованих комплексів та особливості їх роботи.

При русі наземного роботизованого комплексу на гусеницю діють значні динамічні навантаження. У роботі [2] досліджувалася форма гусениці та динамічні характеристики роботизованих систем. На основі отриманих результатів була обґрунтована схема навантажень гусениці, обумовлених дією сил, зокрема відцентрових сил.

При дії моменту M приводний каток обертається з кутовою швидкістю ω , переміщуючи комплекс із швидкістю V (рис. 1).

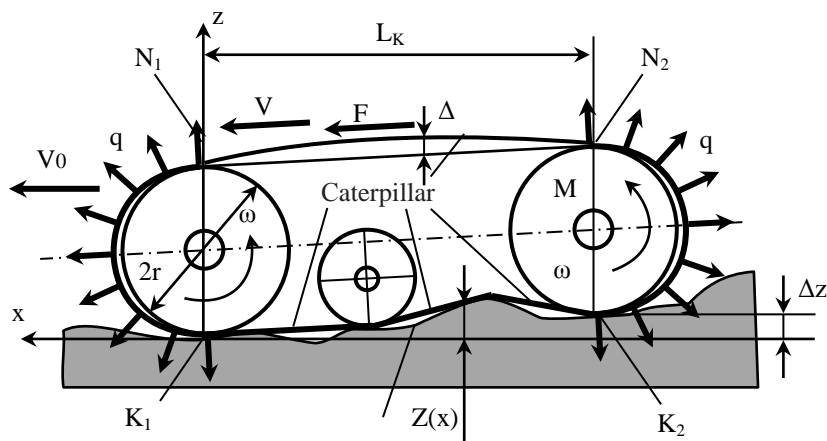


Рис. 1 Схема взаємодії нижньої частини гусениці із нерівним дорожнім покриттям та сили, які діють на гусеницю

Розглянемо рух комплексу по нерівній поверхні. В гусениці, яка огинає правий та лівий опорні катки будуть виникати відцентрові сили. Для їх визначення використаємо рухому систему координат $X_v Z$, яка переміщується із швидкістю V_0 . У вибраній системі координат маємо рівномірний рух гусениці із проходженням її перетинів по циліндричних поверхнях опорних катків.

При проходженні ділянки гусениці по поверхні опорного катка на цю ділянку діє розподілена відцентрова сила з інтенсивністю:

$$q = \frac{mV^2}{r},$$

де m – маса одиниці довжини гусениці; $V=2V_0$ – окружна швидкість гусениці; r – радіус циліндричної поверхні катка.

Зусилля, яке виникає в перетині гусениці, складає:

$$F_v = q \cdot r = mV^2.$$

Дія відцентрових сил обумовлює виникнення поздовжнього навантаження гусениці та приводить до її розтягу. В першому наближенні прийемо лінійний зв'язок зусилля і деформації гусениці. Зміна довжини гусениці складе:

$$\Delta L_v = (2L_k + 2\pi r) \frac{mV^2}{ES}.$$

де E – модуль пружності матеріалу гусениці; S – площа її поперечного перетину. При дії відцентрових сил загальна довжина гусениці буде більшою номінальної довжини на $\Delta L_0 + \Delta L_v$, відповідно гусениця буде контактувати із опорними катками лише в окремих областях. Такими областями є зони контакту гусениці з катками при її взаємодії з поверхнею. (області K_1 та K_2). Між цими точками гусениця опирається на поверхню, а її форма та зусилля натягу визначається закономірностями взаємодії нижньої частини гусениці із поверхнею, як це показано нижче.

Проекції відцентрових сил на вісь x мають різні напрямки в областях гусениці, що знаходяться біля поверхонь переднього і заднього опорних катків, а гусениця контактує з катками в областях N_1 та N_2 , причому між даними точками квазістатичне положення гусениці відповідає прямій лінії з деяким прогином гусениці на величину Δ в середині її верхньої частини.

На ділянках K_1N_1 та K_2N_2 відцентрові сили врівноважуються силами розтягу, що діють по осьовій лінії гусениці і гусениця прилягає до поверхонь катків. На верхній ділянці гусениці між точками N_1N_2 гусениця навантажена по краях відцентровими силами на ділянках N_1N_1' та N_2N_2' . Гусениця по краях набуває форми опуклої кривої із стрілою прогину Δ . Форма нижньої частини гусениці залежить від профіля дорожнього полотна.

В результаті проведених досліджень встановлено, що під дією відцентрових сил гусениця видовжується. На поверхні опорних катків гусениця повторює їх форму, верхня частина гусениці набуває опуклої форми, а нижня частина гусениці повторює форму огиначної кривої, що визначає нерівності поверхні.

[1] Jun Qian, Bin Zi, Daoming Wang, Yangang Ma, Dan Zhang the design and development of an omni-directional mobile robot orientated to an intelligent manufacturing system / Sensors 2017, 17, 2073.

[2] *Strutynskiy S., Kravchuk V., Semenchuk R., Mathematical modelling of a specialized vehicle caterpillar mover dynamic processes under condition of the distributing the parameters of the caterpillar // International Journal of Engineering & Technology, 7 (4/3) (2018), pp. 40-46.*



www.mapei.com.ua
MAPEI
КЛЕЇ · ГЕРМЕТИКИ · ПРОДУКЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ХІМІЇ

- Суперпластифікатори для підводного і надводного бетонування
- Матеріали для ремонту, відновлення та структурного посилення бетонних конструкцій
- Гідроізоляція та захист конструкцій
- Система для підземного будівництва та відновлення

ТОВ «МАПЕІ УКРАЇНА»
м. Київ, вул. Є. Сверстюка, 13, 5 поверх
044 221-15-01/02/03

**Спеціаліст по реконструкції
та відновленню будівель**
050 479 26 88
www.mapei.com.ua



ТОВ НВП «Корпорація КРТ»

Ваша безпека в русі

СФЕРА ДІЯЛЬНОСТІ:

ЗАЛІЗНИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА

ЕЛЕМЕНТИ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ
(СКРІПЛЕННЯ ПРОМІЖНЕ ПРУЖНЕ)

ГУМОВО-ТЕХНІЧНІ ВИРОБИ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТА ІНШИХ ПОТРЕБ

ПІДРЕЙКОВІ ТА НАШПАЛЬНІ ПРОКЛАДКИ
ГУМОВІ ВИРОБИ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГО
ТА ЗОВНІШНЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ

ПОЛІМЕРНІ ВИРОБИ

ЛИТТЯ ІЗ ВИСОКОМІЩНОГО ЧАВУНУ ТА ІНШИХ МАРОК ЧАВУНУ

вул. Академіка Лазаренка 1
м. Львів, Україна, 79026
+38 032 295 02 08
expo@krf.co.ua
krf.co.ua



ЛІРА-САПР

програмний комплекс для розрахунку і проектування будівельних конструкцій
РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

АРМ-САПР

Система, що конструює армування

Реалізує підбір площ перерізу арматури колон, балок, плит і оболонок за першим та другим граничними станами відповідно до різних нормативів. За результатами розрахунку формуються креслення балок і колон, а також створюються dxf-файли креслень. Реалізовані ДБН В.2.6-98:2009, СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84, Єврокод, ТСН 102-00, ДСТУ 3760-98.

ЛАРМ-САПР

Локальний режим армування

Дозволяє конструювати окремі залізобетонні стержень або окремі елементи пластини. Проводиться підбір і перевірка заданого армування. Реалізовані ДБН В.2.6-98:2009, СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84, Єврокод, ТСН 102-00, ДСТУ 3760-98

Універсальний конструктор перерізів

Обчислення жорсткісних характеристик для масивних, тонкостінних і комбінованих перерізів, включаючи зсувні, крутильні і секторіальні. Переріз може складатися з багатоматеріальних включень. Експорт обчислених характеристик в ВІЗОР.

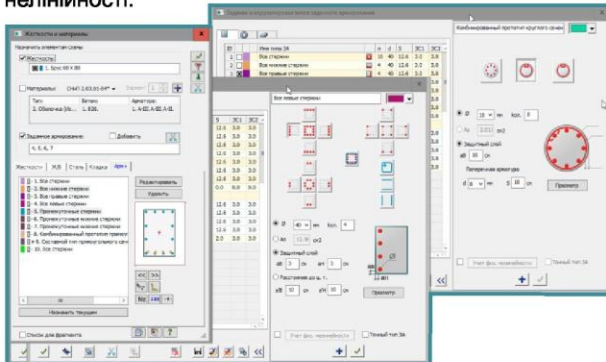
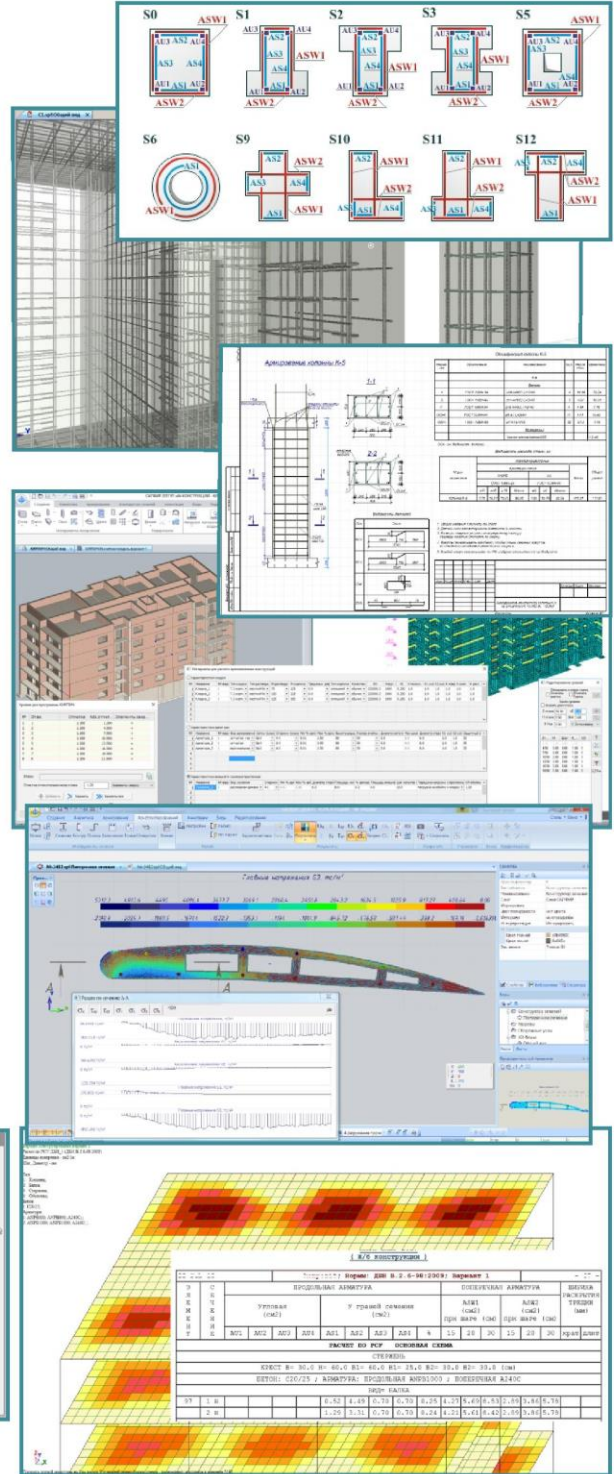
Визначення НДС перерізу при заданих або імпортованих з Візру зусиллях, в тому числі і у випадках нелінійного деформування матеріалів перерізу. Для багато матеріальних перерізів для кожного матеріалу видається шкала.

Розрахунок бетонних конструкцій з композитною арматурою

Реалізовано розрахунок і перевірка перерізів стержневих і пластинчастих елементів з композитною арматурою по СП 63.13330.2012 і ДБН В.2.6-98:2009.

Задане армування

Реалізована технологія задання реальної арматури, яка використовується для перевірки законструйованого об'єкту (по кожному перерізу видаються 4 коефіцієнта використання), а також для проведення розрахунку з урахуванням фізичної, геометричної та інженерної нелінійності.



info@liraland.com.ua

+38 044 5905886

www.liraland.ua

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

- Наша освіта визнана світом.
- Широкий вибір програм підготовки.
- Попит на ринку праці.
- Отримання двох дипломів одночасно:

українського та французького або українського та польського університету-партнера.



ФАКУЛЬТЕТИ

✓ БУДІВЕЛЬНИЙ

✓ ЕКОНОМІЧНИЙ

✓ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕ
РУЮЧІ
СИСТЕМИ ТА
ТЕХНОЛОГІЇ

✓ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ЦЕНТР
ГУМАНІТАРНОЇ ОСВІТИ

✓ МЕХАНІКО-
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ

✓ УПРАВЛІННЯ
ПРОЦЕСАМИ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ

ОБИРАЙ НАС
за першим пріоритетом



АДРЕСА: ПЛОЩА ФЕЙЄРБАХА 7, 61050, ХАРКІВ
ПРИЙМАЛЬНА КОМІСІЯ: +38 (057) 732-28-25
E-MAIL: INFO@KART.EDU.UA



<http://kart.edu.ua/>



@ukrduzt.University



@ukrduzt_university



**ШАНОВНІ УЧНІ ШКІЛ,
ЛІЦЕЇВ, ГІМНАЗІЙ
ТА УЧИЛИЩ!**



БЕЗКОШТОВНІ ПІДГОТОВЧІ КУРСИ

ДЛЯ СКЛАДАННЯ ЗНО У 2021 РОЦІ

- ✓ УКРАЇНСЬКА МОВА ТА ЛІТЕРАТУРА;**
- ✓ МАТЕМАТИКА;**
- ✓ ІСТОРІЯ УКРАЇНИ.**

Набір в групи триває впродовж жовтня;
Терміни навчання: жовтень 2020 – квітень 2021.

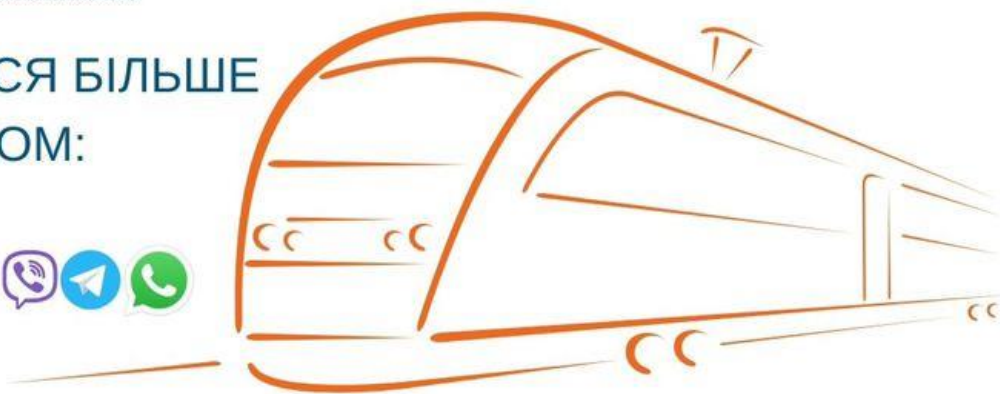
**РЕЄСТРАЦІЯ НА КУРСИ: [HTTP://BIT.DO/FJKVQ](http://bit.do/fjkvq)
ДОЛУЧИТЬСЯ ДО КУРСІВ МОЖНА ЗА
ПОСИЛАННЯМ [HTTP://BIT.DO/FHQAS](http://bit.do/fhqas)**

Нагадуємо, що для вступу до ЗВО необхідно складання саме ЗНО! ДПА приймається тільки при наявності більше 100 балів за шкалою 100-200. Перевірити сертифікат ЗНО можна за посиланням: <https://zno.testportal.com.ua/info>

**ДІЗНАВАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ
ЗА ТЕЛЕФОНОМ:**

066 187 89 61

ТА ПИШІТЬ У



МИ ДОПОМОЖЕМО ВАМ УСПІШНО СКЛАСТИ ЗНО!

ЗАПРОШУЄМО НА НАВЧАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОБОЧИХ ПРОФЕСІЙ:



- ✓ Провідник пасажирського вагона;
- ✓ Касир квитковий;
- ✓ Касир товарний (вантажний);
- ✓ Приймоздавальник вантажу та багажу;
- ✓ Приймальник поїздів.
- ✓ Помічник машиніста тепловоза;
- ✓ Помічник машиніста електровоза;
- ✓ Електромонтер контактної мережі;
- ✓ Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування;
- ✓ Електромонтер з ремонту та обслуговування апаратури і пристроїв зв'язку;
- ✓ Слюсар з ремонту рухомого складу;
- ✓ Оглядач вагонів;
- ✓ Оглядач-ремонтник вагонів;
- ✓ Сигналіст;
- ✓ Монтер колії.

Приєм до документів на навчання робочим професіям здійснюється в ЦНПП (аудиторія 3.315, тел. (057)-730-21-89, e-mail: cnpp@kart.edu.ua).

Вартість навчання залежить від обраної професії та становить від 1500 до 3500 грн, тривалість навчання також залежить від професії і складає від 4-х до 10-ти місяців.

**РОБОЧА ПРОФЕСІЯ СЬОГОДНІ – ЗАПОРУКА
УСПІШНОГО КАР'ЄРНОГО РОСТУ ЗАВТРА!**