

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

## **ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2024**

### **Транспортний факультет**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців,  
молодих учених і аспірантів  
15–19 квітня 2024 року

Електронне видання на DVD-ROM

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2024

УДК 656  
Т39

*Рекомендовано до видання Вченою радою  
Національного університету «Запорізька політехніка»  
(Протокол № 10 від 04.06.2024 р.)*

**Упорядник:** *Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ*, канд. техн. наук, доцент

**Редакційна колегія:**

*Вадим ШАЛОМЄЄВ*, д-р техн. наук, професор, (відпов. ред.)  
*Олексій КУЗЬКІН*, д-р техн. наук, професор;  
*Василь ГЛУШКО*, канд. техн. наук, доцент;  
*Олександр КЛИМОВ*, канд. техн. наук, доцент;  
*Микола АНТОНОВ*, канд. техн. наук;  
*Віра САВЧЕНКО*, канд. техн. наук, доцент;  
*Наталія ФУРМАНОВА*, канд. техн. наук, доцент;  
*Микола КАСЬЯН*, канд. техн. наук, доцент;  
*Владислав КОРОЛЬКОВ*, канд. екон. наук, професор;  
*Микола ДЄДКОВ*, канд. іст. наук, доцент;  
*Олена ВАСИЛЬЄВА*, д-р екон. наук, професор;  
*Ірина ПУЩІНА*, канд. пед. наук, доцент;  
*Юрій ФЛЕЙ*, канд. юр. наук, професор;  
*Тайсія ГАЙВОРОНСЬКА*, канд. філос. наук, доцент;  
*Михайло БРИКОВ*, д-р техн. наук, професор;  
*Наталія ВИСОЦЬКА*, начальник патентно-інформаційного відділу;  
*Наталія САВЧУК*, начальник редакційно-видавничого відділу;  
*Сніжана ВИЧУЖАНІНА*, керівник відділу наукової роботи студентів;  
*Юлія ЧУШКІНА*, провідний фахівець відділу наукової роботи студентів

Т39

**Тиждень науки-2024. Транспортний факультет.** Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 15–19 квітня 2024 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 127 с. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.

ISBN 978-617-529-451-2

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, що проводяться на транспортному факультеті Національного університету «Запорізька політехніка». Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців

УДК 656

ISBN 978-617-529-451-2

© Національний університет  
«Запорізька політехніка»  
(НУ «Запорізька політехніка»), 2024

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ»

<i>Артюх О.М.</i> НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКУ ТА НАСЛІДКІВ ДОРОЖНЬО- ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КУЗОВІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ .....	9
<i>Кубіч В.І.</i> ЗМІНИ У В'ЯЗКОСТІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ KENNOL ENERGY PLUS 5W30 ПРИ ДОДАВАННІ КОМПОЗИЦІЇ LIQUI MOLY HIDRO-STOSSEL- ADDITIV .....	10
<i>Щербина А.В.</i> ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТРАЄКТОРІЮ РУХУ АВТОМОБІЛЯ .....	12
<i>Сосик А.Ю., Дударенко О.В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ГАЛЬМІВНОГО ПРИСТРОЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО БУФЕРА .....	13
<i>Слюсаров О.С., Маковський Д.В.</i> ВПЛИВ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНА З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВПОРСКУВАННЯМ БЕНЗИНУ В ЦИЛІНДРИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1 .....	14
<i>Кудін О.П., Дударенко О.В.</i> ПЕРЕВІРКА ГІПОТЕЗИ ЩОДО ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ГБО НА КАТАЛІЗАТОР АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1 ІЗ РОЗПОДІЛЕНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАЛИВА .....	16
<i>Дударенко О.В. Кудін О.П.</i> ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДРОНІВ ПРИ АНАЛІЗІ МІСЦЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ .....	17
<i>Безналько М.В., Артюх О.М.</i> ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ АЕРОДИНАМІКИ АВТОМОБІЛЯ .....	19
<i>Канський А.В., Кубіч В.І.</i> ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИНИ ПЕРЕДАЧІ ВІБРАЦІЇ ДВИГУНА Z14ХЕР НА КУЗОВ АВТОМОБІЛЯ OPEL ASTRA G (F69).....	20

<i>Кудін О.П., Дударенко О.В., Демянков О.В.</i> АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ ГАЗОВИХ ФОРСУНОК ТА ЇХ ВПЛИВ НА РОБОТУ ДВИГУНА З РОЗПОДІЛЬНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАЛИВА ІЗ СИСТЕМАМИ ГБО 4-ГО ПОКОЛІННЯ .....	23
<i>Штанько Є.К., Кубіч В.І.</i> РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВІБРАЦІЇ КАРДАННОГО ВАЛУ «MERCEDES SPRINTER» В РЕАЛІЯХ УКРАЇНСЬКИХ ДОРИГ .....	25
<i>Безпалько М.В., Щербина А.В.</i> АЕРОДИНАМІЧНИЙ ТЮНІНГ .....	27
<i>Второв Р.Ю., Щербина А.В.</i> КУЗОВНИЙ РЕМОНТ. ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ.....	28
<i>Ліньков Н.А., Щербина А.В.</i> МАЙСТЕР-ПРИЙМАЛЬНИК СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	30
<i>Сіланов М.В., Щербина А.В.</i> ТИПИ БАТАРЕЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	31
<i>Тишлек В.В., Щербина А.В.</i> СИСТЕМА «СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОР» .....	33
<i>Шевченко Д.О., Щербина А.В.</i> ТИПИ СТАРТЕРНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ НА СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ.....	34
<i>Штим Д.В., Щербина А.В.</i> ЕТАПИ ПІДГОТОВКИ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ ДО ФАРБУВАННЯ .....	35
<i>Шевченко Є.О., Щербина А.В.</i> МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ .....	37
<i>Степанченков В.О., Магницький М.С., Репін М.Л.</i> НЕДОЛІКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ .....	38
<i>Демянков О.В.</i> ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ГБО ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1 .....	39
<b>СЕКЦІЯ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<i>Тарасенко О. В., Качанська Д. А.</i> Потяг або літак: що краще? .....	41

<i>Кузькін О.Ф., Райда І.М., Харитонов О.В.</i> РОЗРАХУНОК ІМОВІРНОСТІ КОНТАКТІВ ПАСАЖИРІВ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ .....	42
<i>Кузькін О.Ф., Табуницик С.С.</i> ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ .....	45
<i>Кузькін О.Ф., Кудієвський А.А.</i> КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ МЗ У ЧАСТИНІ ДОСТУПНОСТІ ДЛЯ ОСІБ З ОБМЕЖЕНОЮ МОБІЛЬНІСТЮ .....	46
<i>Бойко С.М., Ланіна О.С., Реута А.В.</i> СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАХОДІВ НА СКЛАДАХ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ АВІАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ .....	47
<i>Бойко С.М., Реута А.В., Ланіна О.С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДІВ З ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛІВ.....	48
<i>Котов О.Б., Лівєртовський М.І.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИЛОВИХ УСТАНОВОК БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	49
<i>Котов О.Б., Семенов Є.В.</i> ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА СТВОРЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	50
<i>Бойко С.М., Гайдайчук О.В., Реута Є.П.</i> ДО ПИТАННЯ РОЗБУДОВИ ІНФРАСТРУКТУРИ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ .....	51
<i>Котов О.Б., Іщенко С.О., Реута Є.П.</i> АСПЕКТИ РОЗВИТКУ АВІАЦІЇ НА ТЕРЕНАХ УКРАЇНИ.....	53
<i>Капдуновська А.М., Лєскова Т.О.</i> ОСНОВНІ ЕТАПИ ЛОГІСТИЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ.....	54
<i>Капдуновська А. М., Матвієнко А. А.</i> РІВНІ ЛОГІСТИЧНОГО АУТСОРСИНГУ: ПЕРЕВАГИ ОСТАННІХ ПОКОЛІНЬ.....	56

<i>Турпак С.М., Грицай С.В., Карнаух В.В.</i> АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ КАОЛІНУ ПРИ ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ .....	58
<i>Турпак С.М., Веремеєнко Л.А., Лукьянчиков О.М.</i> АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАЧЬ ДО ЗАПОРІЗЬКОГО АВТОМОБІЛЕБУДІВНОГО ЗАВОДУ ПРИ ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ .....	59
<i>Васильєва Л.О., Острогляд О.О., Кубіч Я.С.</i> РОЗВИТОК КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПІД ЧАС ВІЙНИ .....	61
<i>Васильєва Л.О., Острогляд О.О., Григоренко К.К.</i> РЕФОРМУВАННЯ МИТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ – ШЛЯХ ДО ЄС .....	64
<i>Райда І.М., Михайленко Н.А.</i> ШВИДКОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У СУЧАСНОМУ ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ .....	68
<i>Трушевський В.Е., Мартинов Д.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПІД'ЇЗДУ РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ .....	70
<b>СЕКЦІЯ «ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ»</b>	
<i>Слинько Г.І., Коробчук Н.С., Сухонос Р.Ф.</i> АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ РОСІЙСЬКОГО БПЛА «ОРЛАН-10» .....	73
<i>Слинько Г.І., Швидкий А.А.</i> ВПЛИВ АТМОСФЕРНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НА РОБОТУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА .....	76
<i>Слинько Г.І., Зайцев М.П., Сухонос Р.Ф.</i> ВОДНЕВИЙ ГІБРИДНИЙ ДВИГУН FERRARI .....	78
<i>Slyuko G., Sukhonos R.</i> METHODS FOR IMPROVING 2-STROKE INTERNAL COMBUSTION ENGINES .....	81
<i>Євсєєва Н.О.</i> КОРОЗИЙНА ТА ЖАРОСТІЙКІСТЬ СТАЛЕЙ В УМОВАХ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР .....	83
<i>Євсєєва Н.О., Рясненко Б.Д.</i> ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТЕПЛОТЕХНІКИ .....	85

<i>Євсєєва Н.О., Герич С.М.</i> ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ГІДРАВЛІКИ .....	88
<i>Беженев С.О., Пахолка С.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АКУСТОЕМІСІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИРОБІВ З ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ .....	90
<i>Чорний Д.В., Беженев С.О.</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ З ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ РІЗНИХ ГРУП.....	91
<i>Рябошапка Н.С.</i> ОЦІНКА ПОХИБОК РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОБПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ЗАГОТОВОК ЗА ПОСЕРЕДНІМИ ДАНИМИ.....	93
<i>Рябошапка Н.С., Пащенко С.А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ МОМЕНТУ ЗАПАЛЮВАННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИПУ ПАЛИВА .....	94
<i>Цокотун П.В., Швидкий А.А.</i> РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПОТОКУ ГАЗУ АБО ПОВІТРЯ ДО ТА ПІСЛЯ СТРИБКУ УЩІЛЬНЕННЯ .....	96
<i>Слинько В.В., Пащенко С.А.</i> СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ЯКОСТІ В УКРАЇНІ .....	97
<i>Слинько В.В., Пачколіна В. А.</i> МОЖЛИВОСТІ ТА РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	98
<i>Сухонос Р.Ф.</i> АТРИБУЦІЯ ЗНАКІВ ОРДЕНА ПОЧЕСНОГО ЛЕГІОНУ.....	101
<i>Несмаиний М.Ю., Сухонос Р.Ф.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВИПУСКНИЙ КЛАПАН МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ 4-ТАКТНОГО БЕНЗИНОВОГО ДВЗ .....	105

## СЕКЦІЯ ТЕОРЕТИЧНА ТА ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

<i>Омельченко О.С., Шалева Н.В., Черних Н.А.</i> ТЕОРЕТИЧНО-МЕХАНІЧНИЙ АСПЕКТ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ ТА ЇЇ ВІДДАЧА.....	110
<i>Омельченко О.С., Шалева Н.В., Дука В.Ю.</i> ЯВИЩЕ ВІДДАЧІ ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З НЕЮ В СТРІЛЕЦЬКОЇ ТА ТАНКОВОЇ ЗБРОЇ.....	112
<i>Кононенко А.В., Скребцов А.А.</i> ЗАЛІКОВУВАННЯ ПОРИСТОСТІ ПРИ СПІКАННІ НЕСФЕРИЧНИХ ЧАСТИНОК ПОРОШКОВОГО ТИТАНУ .....	113
<i>Кононенко А.В., Кононенко Ю.І., Скребцов А.А., Ольшанецький В.Ю.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТВОРЕННЯ МЕТАЛЕВОГО КОНТАКТУ ПРИ СПЕЧЕННІ ТИТАНУ. ЧАСТИНА 1 .....	115
<i>Кружнова С.Ю., Фурсіна А.Д.</i> ОЦІНКА СТАНУ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО ОБЛАДНАННЯ ЧЕРЕЗ МОЖЛИВИЙ РИЗИК ВИНИКНЕННЯ АВАРІЇ.....	117
<i>Фурсіна А.Д., Кружнова С.Ю.</i> ОСЕСИМЕТРИЧНІ КОЛИВАННЯ НАПІВСФЕРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ.....	119
<i>Шевченко В.Г., Попович О.Г.</i> РОЗРАХУНКОВЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗНОШЕНОГО ШАРУ НА АКТИВНИХ ПОВЕРХНЯХ ЗУБІВ ПАРИ КОСОЗУБИХ КОЛІС.....	121
<i>Фурсіна А.Д., Вищенко Є.А.</i> ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА ТИПУ ВИРОБНИЦТВА НА ПЛАНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	123
<i>Ryagin S., Onyshchenko R. I</i> IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF THE SPECIAL TECHNOLOGICAL CONTAINERS FOR CHEMICAL HEAT TREATMENT .....	125
<i>Shevchenko V., Onyshchenko R.</i> CHOICE OF THE OPTIMAL MATERIAL FOR THE SPECIAL TECHNOLOGICAL CONTAINERS FOR CHEMICAL HEAT TREATMENT .....	126



## СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ»

УДК 629.113

Артюх О.М.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКУ ТА НАСЛІДКІВ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КУЗОВІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Дослідження причин дорожньо-транспортних пригод і рішення, спрямовані на зменшення тяжкості наслідків, відіграють важливу роль під час розробки нового типу автомобіля. У всьому світі над цими проблемами працюють безліч фахівців у промисловості, інститутах та університетах, в інших державних і приватних установах. Саме дослідження великої кількості дорожньо-транспортних пригод за єдиною методикою та статистична оцінка результатів є передумовами для встановлення зв'язку між швидкістю та тяжкістю аварій і травм, впливу конструкції та спеціальних заходів на безпеку, а також для оцінки ефективності витрат.

У загальному випадку безпека нових автомобілів (особливо легкових) істотно залежить від двох основних технічних факторів.

По-перше, залежить від динамічних властивостей автомобіля, тобто від його конструкції та принципів рішень, що відображаються на ходових якостях – це стійкість та керованість автомобіля в екстремальних умовах, або під час помилок в керуванні. Комплекс параметрів, який впливає на загальну придатність автомобіля до руху дорогами: оглядовість, світлова сигналізація, вентиляція, комфорт та зручність обслуговування. Якщо ці питання будуть вирішені достатньою мірою, то ймовірність того, що автомобіль потрапить в аварію зменшиться або виключиться. Перерахований комплекс критеріїв характеризує активну безпеку автомобіля.

По-друге, безпека автомобіля залежить від правильно сконструйованого кузова автомобіля. Тобто від його здатності пом'якшувати наслідки аварії для людей, які перебувають в автомобілі, та інших учасників руху (пішоходів). Це досягається продуманою формою кузова (усуненням гострих кромek і деталей, що виступають, з урахуванням імовірності наїзду на пішохода). Вводяться засоби захисту для людей в автомобілі створенням необхідних деформаційних властивостей у зовнішніх панелях кузова. Намагаються досягти зменшення ударних навантажень, що діють на пасажирів, шляхом

передбачення необхідної деформації певних зон кузова. Всі перераховані заходи зменшують травматизм і належать до елементів пасивної безпеки автомобіля.

Під час проектування форми кузова розглядаються переважно проблеми та конструктивні розробки, які стосуються пасивної безпеки. За їхньою допомогою фірми-виробники автомобілів можуть безпосередньо сприяти зменшенню аварій, якщо вважати, що вимоги активної безпеки вже враховані.

УДК 621.89.012

Кубіч В.І.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **ЗМІНИ У В'ЯЗКОСТІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ KENNOL ENERGY PLUS 5W30 ПРИ ДОДАВАННІ КОМПОЗИЦІЇ LIQUI MOLY HIDRO-STOSSEL-ADDITIV**

Будь яка моторна олива містить у своєму складі базову оливу та відповідний склад присадок, які мають цілеспрямовану дію (в'язкісні, депресорні, протіокисні та антикорозійні, антифрикційні, протизадирні і протизношувальні, миючі, тобто детергентно-диспергуючі), та відповідним чином поліпшують її експлуатаційні властивості. При цьому вміст детергентно-диспергуючої складової може досягати до 20% від загального вмісту комплексу присадок. При спрацюванні моторних олив неминуче на поверхнях деталей збільшується утворення лакових відкладень та шлаків, що може затрудняти надходження оливи до вузлів тертя для зменшення тертя та зношування, а також для виконання інших функцій, наприклад, надійного заповнення порожнини гідрокомпенсаторів темпових зазорів приводу клапанів. Останнє зумовлене зменшенням або зовсім перекриттям прохідних отворів корпусів гідрокомпенсаторів, що викликає порушення нормальної роботи приводу клапана із усіма витікаючими з цього наслідками. Для експлуатаційної профілактики стану цих отворів рекомендовано до застосування додатково введеної у робочий об'єм моторної оливи хімічної композиції Liqui Moly Hidro-Stossel-Additiv.

Під час експлуатації двигуна Z14XEP автомобіля OPEL ASTRA G F69 з моторною оливою KENNOL ENERGY PLUS 5W30 спостерігалось підстукування кількох гідрокомпенсаторів, що викликало необхідність у відновленні їх нормальної роботи. При черговій заміні оливи була використана зазначена композиція у кількості 180 мл (у відповідності з

рекомендаціями до застосування заводу-виробника), що склало за вмістом 4,8–5,0% від об'єму залитої моторної оливи.

Отже, на фоні прогнозованого впливу на очищення прохідних отворів гідрокомпенсаторів виникле питання у характері зміни в'язкості моторної оливи бренду KENNOL при додаванні зазначеної миючої композиції.

Для проведення дослідів була використана методика визначення в'язкості, яка наведена в роботі [1]. При цьому для дослідів були використані зразки нової моторної оливи – оливи із зазначеною композицією після пробігу автомобіля 500 км. При обробці даних та побудованні в'язкістно-температурної характеристики моторних олиव використано метод прямої екстраполяції та програма Microsoft Excel. Результати наведено на рисунку 1.

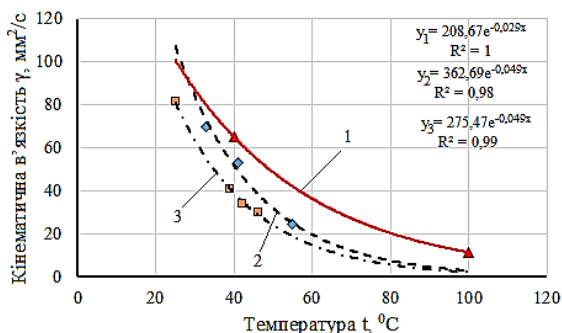


Рисунок 1 – В'язкістно-температурна характеристика моторної оливи KENNOL ENERGY PLUS 5W30

- 1 – за технічними даними; 2 – нова, без нагрівання;
- 3 – з додаванням Liqui Moly Hydro-Stossel-Additiv і 500 км пробігу автомобіля

Із отриманих результатів видно, що незливні залишки попередньої моторної оливи ELF 5W30 та додавання композиції Liqui Moly Hydro-Stossel-Additiv впливають на зміну в'язкісного стану оливи KENNOL ENERGY PLUS. За отриманими експоненціальними залежностями зменшення в'язкості складає 24%. Це, з одного боку, значно підвищує у всьому температурному діапазоні прокачуваність оливи та її надходження до кромок отворів гідрокомпенсаторів, доставляючи компоненти поверхнево-активної речовини зазначеної композиції. Але з іншого боку таке зниження межує із граничним значенням в'язкості, яке складає у середньому 20% та обумовлює інтенсифікацію процесів

зношування. Наявність розходжень між лініями 1 та 2 пояснюються похибками проведення дослідів за вимірювальним обладнанням, що впливає на точність, і не впливає на відносну порівняльну оцінку.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Експлуатаційні матеріали автомобілів та тракторів», «Палива, мастила і охолоджуючі рідини» для здобувачів вищої освіти спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітні програми «Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів та тракторів», «Двигуни внутрішнього згорання» усіх форм навчання / Укл. : В. І. Кубіч, Р. Ф. Сухонос – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 48 с.

УДК 629.113

Щербина А.В.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТРАЕКТОРІЮ РУХУ АВТОМОБІЛЯ**

Динаміка руху автомобіля, в сенсі зміни траєкторії руху при повороті рульового колеса, залежить від багатьох факторів. Як і у будь-якому процесі управління зі зворотними зв'язками, стійкість системи багато у чому визначається характером зворотних зв'язків, тобто у даному випадку – водієм. Не менш важливими є властивості об'єкта управління, що дозволяє отримати різні вихідні характеристики при тих самих керуючих впливах. Властивості такого складного об'єкта, як автомобіль, залежать від властивостей окремих вузлів та агрегатів, пов'язаних між собою, та які впливають один на одного. Одним із таких факторів, що має великий вплив на траєкторію руху автомобіля, є передаточне число кермового механізму, яке має суттєвий вплив на чутливість автомобіля до повороту рульового колеса.

Постійне передаточне число рульового механізму не забезпечує оптимальних експлуатаційних характеристик рульового керування. Існує два напрями вибору характеру зміни передавального числа. Перший ґрунтується на силових впливах на рульове колесо, які мають бути мінімальними. При цьому передатне число збільшується при повороті керма від нейтрального положення. У другому напрямку характер зміни передавального числа вибирається з умов маневреності та повороткості автомобіля. У цьому випадку передатне число максимально в

нейтральному положенні рульового колеса і зменшується при повороті. При цьому забезпечується висока чутливість автомобіля до рульового керування при прямолінійному русі на високих швидкостях та зменшується кут повороту рульового колеса при поворотах автомобіля. Таким чином, вибір того чи іншого закону зміни передавального числа ґрунтується на експлуатаційних вимогах, що висуваються до даного автомобіля, конструктивних особливостях рульового керування та ряду інших факторів.

Забезпечення високих експлуатаційних вимог, що висуваються до кермового керування автомобіля, у ряді випадків найбільш ефективно може бути отримано при використанні рульового керування зі змінним передатним числом. У цьому випадку досягаються найкращі параметри керуваності автомобіля, забезпечується легкість та зручність керування. Це має важливе значення для маневрених і швидкісних легкових автомобілів і особливо для легкових автомобілів малого класу, в яких не передбачено встановлення підсилювача. Конструктивно змінне передатне число рульового керування найпростіше забезпечується за рахунок кінематики рульового механізму.

УДК 656.02

Сосик А.Ю.<sup>1</sup>, Дударенко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, конструктор-технолог ТОВ «Kensus»\*

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ГАЛЬМІВНОГО ПРИБОРУ ЗАЛІЗНИЧНОГО БУФЕРА**

Концепція розвитку залізничних доріг Європейського Союзу передбачає розвиток колійного комплексу з безпосереднім збільшенням можливостей шляхів за величиною вантажопотоку. Ця концепція змушує виробників використовувати нові технічні рішення для розв'язки маневрових шляхів.

Одним із елементів такої системи у сучасному залізничному комплексі є використання гальмівних буферів. У сучасному залізничному шляхобудуванні використовується кілька типів гальмівних буферів: насипні, фрикційні та з гідравлічним упором. Завдання щодо гасіння кінетичної енергії рухомого складу кожен з них вирішує за своїм методом, проте головною та найважливішою властивістю буфера має бути можливість зберегти працездатність рухомого складу після відпрацювання буфера.

Найбільш важливими критеріями для фрикційних буферів є такі параметри:

- максимальний гальмівний шлях трохи більше 12 м;
- максимальна величина уповільнення рухомого складу не більше 2,5 м/с<sup>2</sup>;
- максимальне навантаження на зчіпний пристрій рухомого складу не більше 100 т.

У рамках розробки проекту щодо удосконалення гальмівних елементів буферів, успішно впроваджено рішення, запропоноване в дисертаційній роботі А.Ю. Сосика «Підвищення ефективності приводу дискових гальмівних механізмів автомобілів категорії М1».

Гальмівний механізм конструктивно оснащений системою самопідсилення, яка дає можливість виключити зниження гальмівної сили в плямі контакту колодки та рейки під час робочого ходу буфера. Конструкцію підтверджено циклом випробувань, які дають можливість оцінити експлуатаційну ефективність гальмівного елемента. На наступному етапі випробувань необхідно було безпосередньо визначити вплив конструктивних параметрів на ефективність гальмування. Глибокому вивченню у цьому аспекті піддаються наступні критерії:

- кут клину гальмівного механізму;
- жорсткість скоби.

Проведений комплекс випробувань надав можливість на останньому етапі досягти параметрів гальмування, які перевершують аналогічні конструкції. Дослідження, що проведені в цьому напрямку, підтверджують свою перспективність.

УДК 629.013.001

Слюсаров О.С.<sup>1</sup>, Маковський Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> маг. НУ «Запорізька політехніка»

### **ВПЛИВ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНА З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВПОРСКУВАННЯМ БЕНЗИНУ В ЦИЛІНДРИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1**

В ході виконання кафедральної НДР проводилося дослідження впливу конструктивних особливостей легкових автомобілів категорії М1 на реалізацію їх властивостей в експлуатаційних умовах.

Актуальність роботи викликана тим, що закладені при розробці легкових автомобілів окремі експлуатаційні властивості не в повній мірі

можуть реалізовуватися при експлуатації в реальних експлуатаційних умовах. Це виникає внаслідок намагання створити автомобілі універсальні за призначенням по прохідності, тягово-динамічним і швидкісним властивостям, екологічності та економічності. В конкретних умовах експлуатації потенціал окремих властивостей таких автомобілів не проявляється, і, з точки зору користувачів, є невиправданим ускладненням конструкцій, які ведуть до їх удорожчання. Необхідно також враховувати вплив на експлуатаційні властивості автомобілів зміни їх технічного стану, що потребують збільшення експлуатаційних витрат не технічне обслуговування і поточні ремонти складних систем.

Мета роботи полягає в узагальненні проведених досліджень робочих процесів та змін технічного стану при експлуатації бензинових двигунів з впорскуванням в циліндри з прогнозуванням впливу їх показників на реалізацію експлуатаційних властивостей легкових автомобілів в експлуатаційних умовах.

Аналіз опублікованих результатів теоретичних і експериментальних досліджень робочих процесів сучасних типових систем живлення бензинових двигунів виявив недостатнє висвітлення впливу на експлуатаційні характеристики транспортних засобів систем із впорскуванням бензину безпосередньо в циліндри двигуна. Такі системи живлення пропонуються рядом виробників для легкових автомобілів, але рекламна інформація не надає можливості оцінити їх ефективність в експлуатаційних умовах. Вірогідністю реальних експлуатаційних навантажень автомобіля, при яких проявляються переваги системи паливподачі, визначають її доцільність застосування на конкретних типах автомобілів, особливо зважаючи на складність таких систем і зростання експлуатаційних витрат на підтримку стабільності характеристик роботи.

В роботі застосовано оцінку впливу конструктивних особливостей, експлуатаційних умов і технічного стану системи на тягово-динамічні властивості, паливно-економічні та екологічні характеристики за критерієм працездатності у робочому діапазоні частот двигуна.

Сучасні системи бортової діагностики та керування системами двигунів забезпечують стабільність їх показників роботи в усьому діапазоні експлуатаційних навантажень.

На рисунку 1 приведено залежності відносної потужності від складу сумішей бензину та повітря, які можуть забезпечуватися системами живлення двигунів різного типу в діапазонах: 0,60...1,15 – для карбюраторних; 0,45...1,50 – для впорскування суміші у впускний тракт; 0,45...3,00 – для систем впорскування змішаних із можливістю впорскування безпосередньо в циліндри.

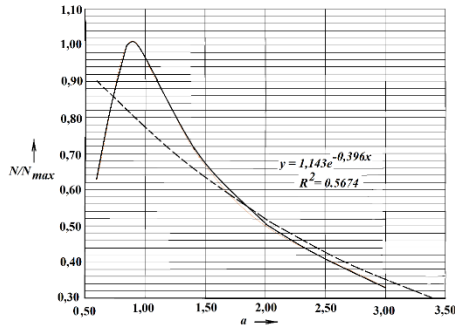


Рисунок 1 – Залежність відносної потужності двигуна від коефіцієнта надлишку повітря бензоповітряної суміші  
 \_\_\_\_\_ – залежність відносної потужності; - - - лінія тренду

Робочий діапазон за складом робочої суміші двигунів із впорскуванням у циліндри вдвічі ширше діапазону двигунів із впорскуванням у впускний тракт, при цьому діапазони зміни відносної потужності цих двигунів при повному навантаженні становлять 0,33...1,00 та 0,67...1,00 відповідно. Тобто, переваги перших типів двигунів реалізуються тільки при менших навантаженнях і вони проявляються в поліпшенні екологічних властивостей і паливної економічності при низькій відносній потужності в діапазоні 0,33...0,67.

Враховуючи складність систем впорскування в циліндри, жорсткі умови роботи форсунок і підвищення в наслідок цього трудовитрат на обслуговування, застосування таких системи живлення доцільне на автомобілях вищого цінового сегменту. Крім того, такі системи живлення двигунів ефективні при роботі двигунів на високих оборотах, коли час сумішоутворення скорочується.

УДК 629.3.01

Кудін О.П.<sup>1</sup>, Дударенко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## ПЕРЕВІРКА ГІПОТЕЗИ ЩОДО ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ГБО НА КАТАЛІЗАТОР АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1 ІЗ РОЗПОДІЛЕНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАЛИВА

З огляду на посилення вимог щодо обмеження кількості шкідливих викидів в атмосферу автомобільним транспортом і впровадженням нових



екологічних стандартів для нових моделей автомобілів, виникає тенденція до розробки і покращення систем нейтралізації відпрацьованих газів. З іншого боку, важливим показником сучасного автомобіля є його економічність. Одним із аспектів такого показника є встановлення додаткового обладнання для використання альтернативних видів палива, такого як пропан-бутанова газова суміш, оскільки вона є більш дешевою та екологічно чистішою, порівняно із бензином і дизелем.

Елементи системи каталітичної нейтралізації відпрацьованих газів є досить дорогими складовими і вихід їх з ладу може призвести до значних витрат для власника автомобіля. Водночас, поширеною є думка про шкідливий вплив ГБО на каталізатор через більш високу температуру згорання пропан-бутанової суміші порівняно із бензином. А саме, ведеться мова про термічні пошкодження, сплавлення кристалічної решітки каталізатора внаслідок нерозрахункових режимів роботи, викликаних використанням газового палива.

Критичні температури роботи каталізатора досліджувалися співробітниками Корейського інституту машинобудування та матеріалів і Hyundai Motor Company. Вплив використання зрідженого нафтового газу на температуру каталітичного нейтралізатора розглядав Мутлу Текір. В роботі був проведений аналіз середніх значень температур на різних швидкісних режимах їзди в реальних дорожніх умовах, проте, при цьому не аналізувався склад паливно-повітряної суміші.

Для перевірки гіпотези про шкідливий вплив ГБО на каталізатор було проведено серію експериментів на автомобілі Volkswagen Jetta 2.5 із системою ГБО 4-го покоління STAG QMAX6 Plus. За результатами експерименту не було досягнуто температур термічного руйнування каталізатору, тому гіпотеза щодо шкідливого впливу ГБО на його роботу не знайшла свого підтвердження.

УДК 629.3.01

Дударенко О.В.<sup>1</sup>, Кудін О.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДРОНІВ ПРИ АНАЛІЗІ МІСЦЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ**

Як відомо, огляд є основним способом перевірки повідомлення про дорожньо-транспортну подію (ДТП), незалежно від того, в рамках чого вона проводиться – в рамках справи про адміністративне правопорушення або у рамках перспективи кримінальної справи.

Щоб розставити правильну послідовність дій під час розслідування дорожньо-транспортної події, патрульному поліцейському (або згодом слідчому) необхідно виявити максимум уважності та терпіння під час проведення огляду. У цей час дорога часто залишається заблокованою, утруднюється рух та підвищується ризик для всіх учасників дорожнього руху. Крім того, можуть бути складні погодні умови.

Реконструкція аварії за допомогою дрона займає у рази менше часу, ніж традиційне документування місця події (наприклад, за допомогою тахеометрів). Місця події зберігаються у 3D форматі з детальною інформацією та сантиметровою точністю.

Дані, зібрані з дрону, у поєднанні зі спеціалізованим програмним забезпеченням, дозволяють створювати дуже точні 3D-моделі та вимірні карти з місця подій. У порівнянні з ручними вимірюваннями та фотографіями, зробленими із землі, дані, отримані з повітря, відрізняються високою точністю та, що важливіше, швидкістю їх отримання. Для таких вимірювань використовується кілька версій програмного забезпечення. Деякі з них є дуже складними програмами, що вимагають додаткового навчання, щоб вивчити деталі операції, але є і набагато простіші рішення, в яких оператор поліцейського безпілотної може завантажити дані, необхідні для створення 3D-моделі аварії за допомогою всього декількох кліків, і сама модель створюється самостійно у хмарі.

Після завершення обробки даних вони можуть використовуватись для різних сценаріїв. Отримані дані дозволяють слідчим, прокурорам, страховим агентам повторно подивитися на місце події у будь-який час та з будь-якого місця.

Для зручного обміну даними скріншоти 2D-карти або 3D-моделі можуть бути збережені у форматі PDF.

Найголовніше, що виключається вплив негативного людського фактору при складанні протоколу огляду місця ДТП (наприклад, при огляді транспорту відсутня прив'язка до об'єктів, предметів, дорожніх знаків тощо, що знаходяться на місці ДТП або в його безпосередній близькості, або немає даних за наявними слідами, залишеними транспортом, якщо такі були тощо).

УДК 629.113

Безпалько М.В.<sup>1</sup>, Артюх О.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-113м НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ АЕРОДИНАМІКИ АВТОМОБІЛЯ**

Аеродинаміка автомобіля впливає майже на всі аспекти автомобіля, включаючи ефективність, продуктивність, шум, безпеку, зовнішній вигляд та інше.

Досі є два основні методи визначення аеродинаміки автомобіля – випробування в реальній аеродинамічній трубі та комп'ютерне моделювання, де останній має потенціал у розвитку із збільшенням розрахункової потужності комп'ютерів.

До інновацій з конструктивного аспекту віднесемо активну аеродинаміку та систему введення вібрацій.

Активна аеродинаміка має перевагу у зміні форми кузова відносно повітряного потоку, що впливає на аеродинамічний опір. Прикладом є висувне антикрило з регулюванням куту нахилу та висоти, що покращує як швидкість, так і ефективність гальмування та маневреність. Сюди можна віднести регульований спойлер, задній дифузор чи вентиляційні отвори, що регулюють потік повітря на радіатори та гальмівні диски. Планують використовувати особливі блоки пам'яті для своєчасної зміни геометрії відповідно до температури або прикладеної напруги.

Метод систематичного введення вібрацій впливає на значення аеродинамічного опору в певних точках кузова автомобіля завдяки динамікам. Вони розміщуються на кузові та генерують чітко визначені вібрації (пульсації) для впливу на потік повітря. В автомобілях є проблемні зони, де потік повітря відривається від кузова та створює лобовий опір, але цей метод вирішує проблему, змушуючи його приєднатися до загального потоку, що обтікає кузов. Невідомо як саме це відбувається, тому метод потребує тестів. Потрібно переконатися, що технологія є надійною, доступною та практичною для масового виробництва в автомобілях.

До інновацій комп'ютерного моделювання віднесу загальне використання штучного інтелекту (ШІ) та у CFD моделюванні.

ШІ може використовуватися для аналізу даних, генерування варіантів компонування аеродинамічних конструкцій, оптимізації використання активних аеродинамічних елементів та інше.

У аеродинаміці відіграють численні параметри, такі як висота задньої кришки, кут дифузора, спойлера чи інше. Це призводить до такої

кількості можливих комбінацій, що людина вже не може відслідковувати їх. Тож, інтелектуальні алгоритми мають велику кількість вимірювань з вітрового тунелю та результати моделювання з попередніх етапів розробки для створення варіантів з тими комбінаціями, які обіцяють низьке значення  $C_d$ .

Алгоритми ШІ можуть генерувати нові дані із запасу існуючих даних за допомогою інтерполяції та екстраполяції. Це дозволило би планувати конкретні експерименти та зменшити їх необхідну кількість.

Розробники автомобілів орієнтуються на використання ШІ у CFD моделюванні для впливу змін геометрії автомобіля у реальному часі.

Після створення твердотільної моделі, наприклад, у SolidWorks, її можна експортувати в програму CFD, що спеціалізується на більш точному моделюванні потоку повітря. Далі розумні алгоритми будуть проводити розрахунки одразу після редагування, даючи необхідні результати аеродинамічного опору. Опираючись на дані можна перебирати конструктивні варіанти.

Незважаючи на постійне вдосконалення моделювання, тестування у вітровому тунелі залишається орієнтиром для кожного інженера з аеродинаміки. Але комп'ютери постійно наздоганяють.

З переходом на електронні «реагування» аеродинаміка автомобіля в даний час робить великий крок уперед. У майбутньому активні заходи, такі як змінювання форми ззаду або вібрації, які вводяться систематично, будуть все більше вступати в гру. Великий прогрес також досягається в моделюванні та оптимізації випробувань з використанням штучного інтелекту.

УДК 621.43.05

Канський А.В.<sup>1</sup>, Кубіч В.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

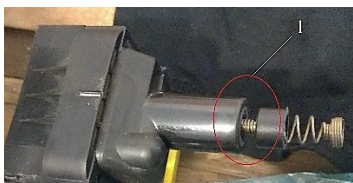
## **ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИНИ ПЕРЕДАЧІ ВІБРАЦІЇ ДВИГУНА Z14XEP НА КУЗОВ АВТОМОБІЛЯ OPEL ASTRA G (F69)**

Комфортність керування автомобілем є однією з головних складових прояву його якості під час використання за призначенням. Прояви підвищених вібрацій, як механічних коливань, стуків, скрипів, є ознаками виникнення тих чи інших несправностей (параметричних відмов) у складових конструкціях автомобіля. Так, під час експлуатації легкового автомобіля OPEL ASTRA G (F69) було відмічене спочатку незначний гул, нібито в роботі двигуна, на частоті обертання холостого

ходу, який потім із часом переріс у високочастотні вібрації, що неприємно передавались на кузов автомобіля. При цьому двигун працював рівно, досить стійко, але мала місце слабо виражена візуалізована тряска його корпусних деталей.

Основними ймовірними причинами вібрацій двигуна на частоті холостого ходу, що передаються на кузов автомобіля, розглядаються наступні: пошкодження ізоляції модуля запалення та високовольтних ланцюгів; стан свічок запалення та їх зазор між електродами; втрата пружності опор силового агрегату; негерметичність форсунок або їх забруднення; нерівномірність компресії по циліндрах із дисперсією більше 2 bar; порушено зазори у приводі клапанів або пошкодження тарілок клапанів.

Огляд модуля запалення виявив руйнування частини корпусу електроду свічки першого циліндра (рис. 1) та тонку риску (тріщинку) на його корпусі. Але ремонт склеюванням та заміна на новий, значно, на наявність вібрацій не вплинуло.



а



б

Рисунок 1 – Стан високовольтного модуля запалення

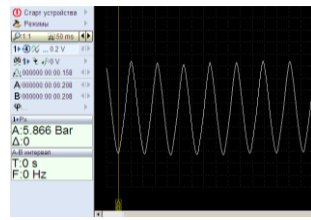
а – до ремонту: 1 – місце пошкодження;

б – після ремонту: 1 – риска можливого пробую розряду

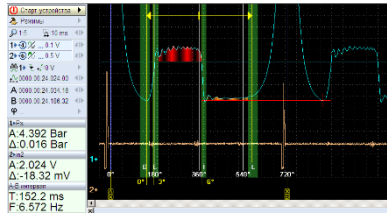
Комплексна перевірка двигуна за допомогою діагностичного обладнання (USB осцилоскоп, ноутбук Eee PS з датчиком тиску та розрідження) теж не виявила відхилень від меж параметрів оцінки технічного стану [1, 2]. Параметри осцилограми високовольтної напруги вторинного ланцюга системи запалювання (рис. 2 а), синусоїди розрідження у впускному колекторі (рис. 2 б), осцилограми фаз газорозподілу (рис. 2 в) вказали на абсолютний справний стан двигуна. При цьому фази газорозподілу склали: кут відкриття випускного клапана –  $140^{\circ}$  ( $120^{\circ}\dots 150^{\circ}$ ), кут закриття випускного клапана –  $365^{\circ}$  ( $350^{\circ}\dots 385^{\circ}$ ), кут відкриття впускного клапана –  $356^{\circ}$  ( $335^{\circ}\dots 370^{\circ}$ ), кут закриття впускного клапана –  $574^{\circ}$  ( $570^{\circ}\dots 600^{\circ}$ ).



а



б



в

Рисунок 2 – Елементи комп'ютерного діагностування двигуна  
 а – осцилограма напруги проскакування іскри; б – синусоїда розрідження у впускному колекторі по відкриттям впускних клапанів;  
 в – осцилограма фаз газорозподілу

Оцінка пружності гумових елементів опор силового агрегату виявила просідання опори коробки передач. Сам гумовий елемент був не пошкоджений, без розривів. При цьому чітко спостерігалось місце зайвої деформації у вигляді полос змінання чорного кольору (рис. 3).



а



б

Рисунок 3 – Стан гумового елемента опори коробки передач  
 а – вид зліва; б – вид справа; 1 – місце зайвої деформації

Слід зазначити, що автомобіль експлуатувався з цією опорою фірми SWAG на протязі трьох років з пробігом 4500 км і вимагав її заміни. Встановлення опори фірми GM зняло питання передачі високочастотних вібрацій від двигуна на кузов автомобіля та повернуло комфортність керування автомобілем.

За результатами проведених діагностичних операцій зазначається наступне. Високочастотні вібрації, які мають місце і зникають при збільшенні частоти обертання колінчастого валу до 1020–1050 хв<sup>-1</sup>, є допустимими на частоті холостого ходу, яка для бензинового двигуна, що діагностувався, складає 790 хв<sup>-1</sup> і гасяться гумовими елементами опор.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Канський А. В., Кубіч В. І. Усунення нестійкості роботи двигуна R20A1 на холостому ходу / А. В. Канський, В. І. Кубіч // Тиждень науки-2023. Тези доповідей наук.-практ. конф., 24–28 квіт. 2023 р. : зб. тез доп. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – С. 22–24.

2. Kanskyi A. V., Kubich V. I. Development of an algorithm for the search of the causes of the instability of the engine at idle speed when it is supplied with LPG / A. V. Kanskyi, V. I. Kubich // Інноваційні аспекти розвитку автомобільного транспорту України : зб. тез. доп. міжнар. наук.-практ. конф., 16–18 трав. 2023 р. – Кам'янське : 2023. – С. 59–61.

УДК 629.3.01

Кудін О.П.<sup>1</sup>, Дударенко О.В.<sup>2</sup>, Демянков О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-113м НУ «Запорізька політехніка»

## **АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ ГАЗОВИХ ФОРСУНОК ТА ЇХ ВПЛИВ НА РОБОТУ ДВИГУНА З РОЗПОДІЛЬНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАЛИВА ІЗ СИСТЕМАМИ ГБО 4-ГО ПОКОЛІННЯ**

Використання пропан-бутанової суміші як альтернативного виду палива вже давно не є рідкістю для автомобільного ринку України. З моменту виникнення перших систем газобалонного обладнання (ГБО) до сьогодення галузь пройшла кілька етапів розвитку та впевнено займає важливе місце серед додаткового обладнання для автомобілів. Системи 4-го покоління ГБО на теперішній час являються найпоширенішими, хоча потроху і витісняються системами для безпосереднього

впорскування палива у зв'язку зі зміною автовиробниками акценту на розташування бензинової форсунки безпосередньо у камері згорання, застосуванням технологій багатопаливних впорскування тощо.

Постановка проблеми.

Звичай стандартний принцип роботи систем ГБО 4-го покоління полягає у зчитуванні імпульсу впорскування з бензинової форсунки, його емуляції на бензиновий блок керування та генерування відповідного імпульсу на газову форсунку. Відповідно до цього, системою розраховується час відкриття газового інжектора та доза палива, що подається до камери згорання. Доза газового палива залежить від діаметру дюзи форсунки, висоти ходу штоку, часу на який форсунка залишається відкритою, та тиску парової фракції газу у газовій маг.алі перед форсунками. Аналіз складу паливно-повітряної суміші здійснюється за допомогою  $\lambda$ -зонду, який встановлений на випускному колекторі та який аналізує склад вихлопних газів після відпрацювання всіх циліндрів двигуна.

Доволі часто на форсунках бюджетного сегменту спостерігається ситуація, коли одна з форсунок «переливає» паливо внаслідок збільшеного ходу штоку, а інша навпаки недоливає через механічне забруднення або пошкодження. При цьому загальний баланс у вихлопних газах буде збережено і штатна система бортової діагностики проблему не виявить. Слід зазначити, що зустрічаються випадки, коли  $\lambda$ -зонд може бути відключений внаслідок зовнішнього втручання, або знаходитися в пошкодженому стані.

Вказані несправності призводять до порушення паливно-повітряного балансу у двигуні, що в свою чергу може стати причиною нерозрахункових режимів його роботи, пошкодження його клапанної групи, пошкодженнь свічок запалювання, виникнення пропусків запалювання і, як наслідок, пошкодження каталітичного нейтралізатора та системи випуску.

Усунення таких наслідків може бути досить коштовним, що в свою чергу зумовлює потребу в дослідженні несправностей газових форсунок, що працюють у реальних дорожніх умовах, їх аналізі та розробці рекомендацій щодо періодичності обслуговування і ремонту. Такий аналіз буде проведений в рамках магістерської роботи.

Для виявлення несправностей газових форсунок пропонується використовувати наступні методи.

1. Діагностування за допомогою цифрового осцилографу, аналіз отриманих значень, порівняння з еталоном;

2. Для форсунок, конструкція яких допускає механічне регулювання – перевірка висоти ходу штоку за допомогою мікрометра;



3. Для форсунок, конструкція яких не передбачає регулювання – перевірка параметрів роботи цифровим осцилографом, порівняння з еталонними показниками, і в разі значних відхилень – заміна.

Проведення дослідницької роботи за цим напрямком дозволить проаналізувати характер виникнення несправностей газових форсунок, зробити порівняльний аналіз форсунок різних виробників і надати рекомендації щодо їх налаштування для стабільної роботи двигуна та правильного налаштування систем ГБО 4-го покоління.

УДК 629.08

Штанько Є.К.<sup>1</sup>, Кубіч В.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВІБРАЦІЇ КАРДАННОГО ВАЛУ «MERCEDES SPRINTER» В РЕАЛІЯХ УКРАЇНСЬКИХ ДОРІГ**

Надання сервісних послуг при технічній експлуатації автомобілів є складовою забезпечення їх експлуатаційної надійності. При цьому, змінні дорожні умови – значна кількість нерівностей поверхні доріг обумовлюють зайву циклічність вертикальних переміщень непідресорених мас, у тому числі і на ведучих мостах автомобілів. Зазначене викликає збільшення кількості та частоти ходів переміщення шліцьового валу карданної передачі приводу заднього моста, і, як результат, передчасний за ресурсом локальний знос поверхонь шліц. Так, під час експлуатації автомобіля «Mercedes Sprinter» було виявлено шум та вібрацію у карданному валі на шліцьовому з'єднанні. Після дефектування було встановлено наявність зношування шліцьової поверхні валу вилки карданного шарніра, який встановлений біля поміжної опори карданної передачі (рис. 1). Демонтаж і монтаж карданного шарніру є класичним за технологічними операціями, а ось ціна нової деталі досить велика та потребує суворого дотримання монтажних вимог.

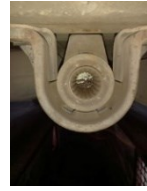
Для зменшення навантаження на місце локального зношування було запропоновано збільшити площу поверхні контакту зубів шліців у напрямні проміжної опори. Прийнято рішення вставити проставку між хвостовиком редуктора та фланцем задньої частини кардану (рис. 2, 3). Це збільшило площину з'єднання задньої та середньої частин шліцьової поверхні валу вилки шарніра (рис. 1 б).



а



б



в

Рисунок 1 – Шліцьове з'єднання проміжної опори з валом вилки шарніра

а – шліцьове з'єднання без проставки; б – знос середньої частини валу вилки; в – знос напрямної проміжної опори



а



б



в

Рисунок 2 – Металева проставка карданного валу

а – проставка карданного валу, вид ззаду; б – проставка карданного валу, вид спереду, з методом кріплення; в – проставка встановлена на задню частину кріплення карданного валу до хвостовика редуктора

За результатами впровадження змін у конструкції карданної передачі була усунута вібрація валів карданної передачі.



а



б

Рисунок 3 – Шліцьове з'єднання середньої частини валу вилки з напрямною проміжної опори карданного валу з проставкою  
а – з'єднання хвостовика редуктора із карданом через проставку;  
б – шліцьове з'єднання з проставкою

Таким чином слід зазначити, що стан дорожнього полотна українських доріг активно впливає на зношення вузлів автомобілів, які працюють на дорогах Європи без пошкоджень. Завдяки нестандартному технічному рішенню було здійснено зменшення зносу шлицьової поверхні валу вилки карданного шарніра та вібрації в карданній передачі автомобіля «Mercedes Sprinter».

УДК 629.113

Безпалько М.В.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-113м НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **АЕРОДИНАМІЧНИЙ ТЮНІНГ**

Надійна експлуатація транспортних засобів на високих швидкостях залежить від багатьох факторів. Одним з ключових є аеродинамічні характеристики автомобіля.

Аеродинаміка – наука про рух повітря або інших газів і їх взаємодію з твердими тілами. Вона вивчає закономірності руху повітря навколо об'єктів, визначає аеродинамічні сили та моменти, що виникають при русі.

Основними причинами, що обмежують максимальну швидкість руху, є аеродинамічний опір, який зростає пропорційно квадрату швидкості. Для дослідження аеродинаміки використовуються різні методи, включаючи наступні.

- Теоретичний – цей метод включає в себе використання математичних моделей та рівнянь для опису поведінки повітряних потоків.

- Експериментальний – метод включає в себе проведення фізичних експериментів для вивчення аеродинамічних явищ. Це може включати в себе використання вітрових тунелів та інших пристроїв.

- Комп'ютерний – цей метод використовує чисельне моделювання для вивчення аеродинаміки. Це може включати в себе використання програмного забезпечення для проведення комп'ютерних симуляцій аеродинамічних явищ.

Аеродинамічний тюнінг спрямований на зменшення опору повітря шляхом модифікації елементів кузова транспортного засобу. Оптимізація цих елементів дає нам поліпшення потоку повітря навколо автомобіля та зменшення турбулентності.

Аеродинамічний тюнінг – це комплексний метод модифікації авто, що значно покращує його характеристики.

Досягається тюнінг за допомогою встановлення аеродинамічних елементів: спойлерів, антикрил, дифузорів, юбок та обтічників. Застосування нових матеріалів та комп'ютерного моделювання дозволяє оптимізувати аеродинаміку.

Це дає нам можливість:

– зменшити опір повітря, збільшуючи максимальну швидкість, покращуючи прискорення та економлячи паливо;

– збільшити притискну силу, роблячи автомобіль більш стійким та керованим на високих швидкостях.

Результатом тюнінгу стає покращення ходових якостей таких як краща стійкість, керованість, динамічне прискорення та збільшення максимальної швидкості.

Аеродинамічне тюнігування – це ефективний метод підвищення рівня автомобільної ефективності, який не лише надає автомобілю естетично привабливий вигляд, але й суттєво покращує його характеристики їзди.

УДК 629.113

Второв Р.Ю.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-110 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **КУЗОВНИЙ РЕМОНТ. ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ**

Більшість автомобілів, які потрапляють в дорожньо-транспортні пригоди, залишаються придатними до подальшої експлуатації за умови проведення якісних ремонтно-відновлювальних робіт. При незначних ушкодженнях кузова можна обійтися заміною постраждалих навісних деталей кузова на нові аналоги. Але, у разі виникнення серйозного ДТП, зазвичай, без поглибленого ремонту не обійтися. Це потребує виконання відновлювальних робіт майстрами високої кваліфікації.

Процедура ремонту в більшості випадків майже однакова. Автомобіль прибуває у спеціально обладнане місце, де в наявності є весь необхідний інструмент для подальшого ремонту його кузова. У першу чергу, майстер проводить огляд постраждалої частини автомобіля, а також виконує при цьому часткову або повну його розборку для більш детального огляду. Ця процедура має назву «дефектація». Вона необхідна для розуміння того, які саме частини кузова постраждали, як сильно, чи будуть вони залишатися і ремонтуватися, або ж вони не підлягають ремонту та їх потрібно буде замінити на аналогічні, які

зазвичай беруться з так званих «автомобілів-донорів», які по тим чи іншим причинам вже не можуть бути допущені до експлуатації як повноцінний автомобіль і продаються по запчастинах.

Наступним кроком є проведення замірів кузова з метою виявлення відхилень від норм значень, які попередньо беруться з технічної документації про автомобіль. Якщо виявляються розбіжності, то автомобіль відправляється на спеціалізоване обладнання для відновлення геометрії кузова автомобіля, яке має назву стапель.

Головною задачею майстра, який працює зі стапелем, є приведення деформованого автомобільного кузова до номінальних значень за рахунок дії багатотонних сил, що давлять і розтягують. Для виконання цієї процедури від майстра потребуються дуже поглиблені професійні знання у сфері автомобілебудування, конструкції автомобільних кузовів, знання з фізики, математики, а також немаловажним є його вміння володіти просторовим мисленням, яке допомагає у виконанні цього ремонту.

Процес витяжки автомобіля супроводжується різними видами ремонтних робіт у залежності від ситуації. Це може бути як відновлення постраждалих частин шляхом рихтування, так і шляхом розпилу пошкоджених частин кузова та їх заміна на нові аналоги за допомогою зварювальних робіт. Коли кузов автомобіля досягає необхідної кондиції, починається наступний етап – етап «чорнової» зборки автомобіля.

Зборка включає в себе встановлення нових навісних деталей кузова та їх підгонка між собою, виставлення правильних зазорів між суміжними деталями, регулювання замків і так далі. Цей етап бажано проводити саме до того, як нові деталі будуть окрашені та приведені до кінцевого стану. Це пов'язано з тим, що у разі виникнення потреби у повторному рихтуванні деталі буде дуже складно або неможливо не пошкодити лакофарбове покриття, що потягне за собою повторне фарбування деталі. Після закінчення робіт по зборці на автомобіль чекають підготовчі малярні роботи, по успішному закінченню яких в подальшому його чекатиме фарбування.

УДК 629.113

Ліньков Н.А.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-110 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **МАЙСТЕР-ПРИЙМАЛЬНИК СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

Будь-якій станції технічного обслуговування потрібна в колективі спеціальна людина, яка візьме на себе спілкування з клієнтами, опрацювання звернень і претензій, а ще оформлюватиме всі документи на автомобілі, що надходять у ремонт. Людина, яка стане зв'язковою ланкою між клієнтом і механіками. Такий робітник – «майстер-приймальник в автосервісі».

Майстер-приймальник – спеціаліст, який працює на перетині двох сфер: з одного боку, це спеціаліст, який продає клієнтам послуги автосервісу, а з іншого – професіонал, здатний швидко знайти причину несправності автомобіля.

Посадові обов'язки майстра-приймальника наступні.

1. Спілкування з клієнтами.
2. Прийом замовлення від клієнтів.
3. Оформлення документів.
4. Прийняття рішення щодо гарантійних випадків.
5. Розподіл ремонту за пріоритетами, планування навантаження ділянки.
6. Розподіл робіт серед механіків (з огляду на кваліфікацію) після приходу заявки.
7. Контроль повноти та своєчасності виконання робіт.
8. Контроль за виконанням вимог щодо організації СТО.
9. Ведення складу запчастин.
10. Повинен мати необхідні знання та навички у галузі діагностики та ремонту автомобілів для якісного виконання своїх обов'язків.
11. Оскільки в ході виконання робіт по автомобілю потрібно спілкуватися з клієнтами, необхідно мати знання у галузі психології спілкування, конфліктології та вміння переконувати та продавати будь-який товар.
12. Майстер-приймальник повинен вільно орієнтуватися у всьому спектрі послуг, що надаються сервісом, обґрунтовано і грамотно відстоювати інтереси сервісу у разі виникнення будь-яких спірних та конфліктних ситуацій.

УДК 629.113

Сіланов М.В.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-111сп НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## ТИПИ БАТАРЕЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Акумулятор для електромобіля (EVB, також відомий як тягова батарея) – це батарея, що перезаряджається, використовується для живлення електродвигунів акумуляторного електромобіля (BEV) або гібридного електромобіля (HEV).

Акумулятори для електромобілів відрізняються від акумуляторів для запуску, освітлення та запалювання (SLI), оскільки зазвичай це літій-іонні акумулятори, які розраховані на високе відношення потужності до ваги та щільність енергії. Бажано використовувати легкі акумулятори меншого розміру, оскільки вони зменшують вагу автомобіля та, отже, покращують його характеристики. У порівнянні з рідким паливом більшість сучасних акумуляторних технологій мають набагато меншу питому енергію і це часто впливає на максимальний запас ходу повністю електричних транспортних засобів.

Акумулятори для електромобілів пройшли довгий шлях з моменту їх появи, що дозволило масовому впровадженню електромобілів та кардинальним змінам у автомобільній промисловості. Завдяки постійним дослідженням і розробкам технології акумуляторів швидко еволюціонували, що призвело до підвищення їх ефективності, збільшення дальності ходу та скорочення часу зарядки.

Еволюцію акумуляторів для електромобілів можна розглянути в наступній послідовності.

Свинцево-кислотні акумулятори. Перші комерційно успішні електромобілі початку 20 століття використовували свинцево-кислотні акумулятори. Ці акумулятори були важкими, мали низьку енергетичну щільність і короткий термін служби. Однак вони стали відправною точкою для розробки сучасних акумуляторів для електромобілів.

Нікель-кадмієві (NiCd) акумулятори. Акумулятори NiCd з'явилися в 1960-х роках, пропонуючи більш високу енергетичну щільність і більшу тривалість дії, ніж у свинцево-кислотних акумуляторів. Однак вони мали високу вартість виробництва та становили екологічну небезпеку через токсичність кадмію.

Нікель-метал-гідридні (NiMH) акумулятори. З'явилися на ринку батарей в 1980-х роках, NiMH акумулятори були значним кроком уперед у порівнянні з NiCd акумуляторами. Вони мали більш високу енергетичну щільність і були більш екологічно безпечними.

Акумулятори NiMH використовувалися у першому поколінні Toyota Prius, випущеному в 1997 році.

Літій-іонні (Li-ion) акумулятори. Первинні хімічні джерела струму з літєвим анодом з'явилися ще у 70-тих роках минулого століття. Однак при створенні акумуляторів, складених із них, виникли серйозні проблеми, які були вирішені лише до середини 90-х років. Ці проблеми були пов'язані з активністю літію: при великих струмах відбувся розігрів та самозаймання батареї. Тому від застосування чистого літію відмовилися, а вирішили використати його іони. Звідси і походить назва акумуляторів. Хоча літій-іонні акумулятори забезпечують меншу енергетичну щільність, ніж літєві акумулятори, проте вони безпечні за умови дотримання правильних режимів заряду та розряду. У них відсутній металевий літій, а процеси розряду та заряду зводяться до перенесення іонів літію з одного електрода на інший.

Літій-іонні акумулятори стали важливим етапом в еволюції акумуляторів для електромобілів. Вперше використані в електромобілях на початку 2000-х років, Li-ion акумулятори пропонують більш високу енергетичну щільність, меншу вагу та більш тривалий термін служби. Вони швидко стали стандартом галузі та використовувалися у більшості електромобілів, включаючи Tesla.

В сучасних електромобілях планується використовувати п'ять основних типів акумуляторів, деякі з них знаходяться лише на стадії розробки.

Літій-іонні (Li-ion) акумулятори. Li-ion акумулятори, як і раніше, залишаються найпопулярнішим вибором для виробників електромобілів. Їхня висока енергетична щільність, мала вага та довгий термін служби роблять їх ідеальними для електромобілів. Поширені хімічні склади сімейства Li-ion включають літій-кобальтовий оксид (LCO), літій-марганцевий оксид (LMO), літій-фосфат заліза (LiFePO<sub>4</sub>) та літій-нікель-марганцевий оксид (NMC).

Твердотільні акумулятори. Твердотільні акумулятори є технологією, що розробляється, яка замінює рідкий електроліт в традиційних Li-ion акумуляторах на твердотільний електроліт. Ця зміна обіцяє більш високу енергетичну щільність, підвищену безпеку та швидкий час заряджання. Компанії, такі як Toyota, QuantumScare та Solid Power активно розробляють цю технологію для майбутніх електромобілів.

Літій-сірчані (Li-S) акумулятори. Li-S акумулятори пропонують більш високу теоретичну енергетичну густину в порівнянні з Li-ion акумуляторами, що робить їх привабливим варіантом для майбутніх електромобілів. Низька вартість та велика кількість сірки також



сприяють їхньому потенціалу. Однак технологія все ще знаходиться на початковій стадії розробки і перед широким впровадженням необхідно вирішити такі проблеми як короткий термін служби та низька потужність.

Літій-повітряні (Li-Air) акумулятори. Li-Air акумулятори мають потенціал досягнення надзвичайно високої енергетичної густини, що робить їх цікавим варіантом для електромобілів. Вони працюють з використанням кисню з повітря як матеріал катода, що знижує вагу та вартість. Однак Li-Air акумулятори стикаються із серйозними технічними проблемами, такими як поганий вплив перезаряду батареї на її технічний стан та розробка відповідного електроліту, які необхідно вирішити перед комерційним використанням.

Натрій-іонні (Na-ion) акумулятори. Na-ion акумулятори вважаються можливою альтернативою Li-ion акумуляторам через наявність великих об'ємів натрію та його низьку вартість. Вони мають схожість з Li-ion акумуляторами за структурою та принципом роботи, проте технологія все ще знаходиться в початковій стадії розробки. Дослідження продовжуються з метою усунення недоліків, таких як нижча енергетична щільність та повільніша швидкість заряджання порівняно з Li-ion акумуляторами.

УДК 629.113

Тишлек В.В.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **СИСТЕМА «СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОР»**

Система «стартер-генератор» – це пристрій, який об'єднує в собі функції генератора та стартера. Ця система на автомобілях дозволяє при їх русі економити паливо та зменшувати шкідливі викиди. Стартер-генератор є основою для побудови системи StartStop сучасних автомобілів. Основні складові частини стартер-генератора: статор, обмотка статора, ротор.

Перші, комерційно успішні системи, які представила фірма Valeo Start. Вони встановлювали ці системи на автомобілях Citroen C2. Така система працювала у двох режимах – як генератор та як стартер. Система встановлювалася з контролером живлення.

На даний час існують два види стартер-генераторів: ремінні та інтегровані. Складова частина ремінного стартер-генератора: шків, корпус, ротор, статор та інтегрований інвертор. Такі стартер-генератори

широко використовуються на сучасних автомобілях з причини легкого розміщення їх конструкції в складових частинах двигуна.

Інтегрований стартер-генератор розміщується між двигуном та коробкою передач. Такий стартер-генератор встановлюється замість маховика та виконує роль: стартера, генератора, електротяги та електрогальм. Але, внаслідок більш складної конструкції, такі системи не так широко використовуються в сучасних двигунах.

Хоч паливна криза далеко позаду, автовиробники продовжують вдосконалювати системи стартер-генераторів задля більшої економії палива та зменшення шкідливих викидів у вихлопних газах, які впливають на стан нашого навколишнього середовища. Також ще одним фактором, який зумовлює використання таких систем є те, що в найближчі роки автомобілі всіх автовиробників повинні будуть вписуватися у екологічні норми Євро-7, які вже давно активно обговорюються у професійних колах.

УДК 629.113

Шевченко Д.О.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-212 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ТИПИ СТАРТЕРНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ НА СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ**

На сучасних автомобілях застосовується кілька типів стартерних акумуляторних батарей, зазвичай різних за технологією виготовлення та хімічним складом. Ось декілька типів, які є поширеними на сучасних автомобілях.

Свинцево-кислотні (SLI) акумулятори. Це найпоширеніший тип акумуляторів у сучасних автомобілях. Вони використовують свинцеві пластини та кислотний електроліт і є досить надійними та відносно недорогими. Однак вони мають обмежений цикл життя і потребують регулярного обслуговування, такого як підтримка рівня електроліту.

AGM (Absorbent Glass Mat) акумулятори. Ці акумулятори використовують технологію AGM, де електроліт поглинається скловолокнами. Вони є більш стійкими до википання та витоків, мають вищу місткість і можуть працювати в більш широкому температурному діапазоні порівняно зі звичайними свинцево-кислотними акумуляторами.

Gel (гелеві) акумулятори. Ці акумулятори використовують гелевидний електроліт замість рідинного. Вони мають менший шанс

витікання електроліту, що робить їх більш безпечними, особливо у випадку пошкодження. Гелеві акумулятори також мають довший термін служби порівняно зі звичайними свинцево-кислотними акумуляторами.

Літій-іонні акумулятори. Вони стають все більш популярними у сучасних автомобілях, особливо в електромобілях і гібридних автомобілях. Вони мають високу місткість, низьку вагу і довгий термін служби, а також здатні забезпечити високий стартовий струм. Однак вони можуть бути значно дорожчими за інші типи акумуляторів.

УДК 629.113

Штим Д.В.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **ЕТАПИ ПІДГОТОВКИ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ ДО ФАРБУВАННЯ**

Підготовка кузова автомобіля перед фарбуванням – це не тільки невід’ємний етап у процесі відновлення зовнішнього вигляду машини, а й мистецтво, що потребує уваги до деталей, досвіду та професіоналізму. Цей процес починається задовго до моменту нанесення першого шару фарби та включає ряд ретельних етапів, кожен з яких відіграє ключову роль у досягненні ідеального результату.

З самого початку, коли автомобіль прибуває до автомайстерні, фахівці зважують кожен крок, починаючи з оцінки стану кузова та визначення необхідного обсягу робіт. Підготовка починається з аналізу пошкоджень: подряпин, вм’ятин, корозії та інших дефектів, які можуть вплинути на результат. Після того, як дефекти визначені, наступним етапом стає ретельне очищення кузова. Очищення поверхні кузова від бруду, пилу та жирів – важливий етап підготовки автомобіля до фарбування. Використання спеціалізованих миючих засобів та води під тиском дозволяє ефективно видалити забруднення, забезпечуючи якісне та довговічне покриття. Недостатньо ретельно очищена поверхня може призвести до нерівного нанесення фарби та інших дефектів у кінцевому результаті.

Другим етапом є шліфування кузова перед фарбуванням. Шліфування необхідне для видалення старої фарби та інших покриттів з поверхні автомобіля, забезпечуючи міцне зчеплення нового покриття та запобігаючи відшаруванню або появі бульбашок. По-друге, цей процес готує поверхню кузова для нанесення ґрунтовки та фарби, створюючи рівну та гладку поверхню, на якій фарба лягатиме рівномірно і без

дефектів. Для виконання шліфування застосовуються різні абразивні матеріали та інструменти, що вибираються в залежності від характеристик поверхні та необхідного результату, і потребують досвіду та навичок, щоб уникнути пошкодження кузова.

Після шліфування поверхні кузова слідує етап заґрунтування. Ґрунтовка створює рівномірну основу для нанесення фарби, вирівнюючи структуру поверхні та запобігаючи нерівностям. Крім того, ґрунтовка захищає металеву поверхню від корозії, утворюючи бар'єр проти впливу вологи та інших агресивних факторів. Вона також забезпечує краще зчеплення з фарбами, що запобігає відшарування покриття в майбутньому. Правильний вибір типу ґрунтовки важливий для досягнення оптимальних результатів відповідно до характеристик поверхні та вимог до покриття.

Наступний етап це маскування. Перед початком фарбування необхідно захистити всі елементи автомобіля, які не повинні бути пофарбовані, включаючи вікна, фари, гумові ущільнювачі та інші деталі. Для цієї мети використовуються спеціальні маскувальні матеріали, такі як малярна стрічка та папір, які забезпечують надійний захист і зберігають початковий вид ділянок, що захищаються. Малярна стрічка використовується для захисту країв та ліній, а папір – для великих поверхонь. Після маскування та перевірки поверхні на дефекти проводиться остаточне очищення кузова від пилу та бруду для забезпечення якісного фарбування. Основним методом є використання стисненого повітря для видалення найдрібніших частинок. Також можуть застосовуватись спеціальні розчинники або розчини для видалення жирів та олій з поверхні кузова. Цей крок необхідний для створення ідеальних умов перед нанесенням фарби та забезпечення бездоганного покриття.

Всі ці етапи підготовки кузова автомобіля перед фарбуванням – це не просто послідовність дій, це ретельна робота, яка визначає якість та довговічність остаточного результату.

УДК 629.113

Шевченко Є.О.<sup>1</sup>, Щербина А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ**

Методи дослідження параметрів роботи автомобільних генераторів – це способи та процедури, які використовуються для аналізу та вимірювання ключових характеристик генераторів, що встановлені на автомобілях. Ці методи дозволяють оцінити ефективність, надійність і відповідність генераторів специфікаціям виробника та вимогам електросистеми автомобіля.

Дослідження параметрів роботи автомобільних генераторів вимагає використання різних методів, щоб оцінити їх ефективність, надійність і відповідність специфікаціям. Проте, є декілька найрозповсюджених досліджень параметрів роботи автомобільних генераторів.

1. Вимірювання вихідної напруги та струму. Цей метод включає в себе вимірювання напруги та струму, що генерується генератором при різних умовах роботи, таких як різні швидкості обертання двигуна автомобіля і різні режими навантаження. Це допомагає визначити, наскільки ефективно генератор виробляє електроенергію.

2. Аналіз вихідних характеристик. Дослідження струму зарядки, напруги та потужності при різних умовах роботи. Це допомагає встановити, наскільки генератор здатен виробляти електроенергію відповідно до потреб автомобільної електросистеми.

3. Тестування стійкості. Під час тестування стійкості досліджують, як генератор працює при тривалих періодах великого навантаження або під час зміни навантаження. Це допомагає визначити, наскільки надійно працює генератор під час реальних умов експлуатації.

4. Випробування під високою температурою. Під час цього тесту генератор піддають впливу підвищеної температури, щоб перевірити його роботу в умовах екстремального тепла. Це дозволяє оцінити термічну стійкість генератора.

5. Тестування під навантаженням. Під час цього тесту генератор піддають дії великого електричного навантаження, щоб перевірити, як він реагує на високі навантаження і як швидко відновлює свою роботу після переходу в режим навантаження.

Ці методи дослідження дозволяють здійснити повний аналіз параметрів роботи автомобільних генераторів і забезпечити їх надійну роботу в умовах реальної експлуатації.

## НЕДОЛІКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Як відомо з літературних джерел до недоліків електромобілів відносять:

- забезпечення балансу маси електромобіля при відносно дуже великій масі джерела енергії в якості тягової акумуляторної батареї;
- просторовим розміщенням тягової акумуляторної батареї значного об'єму, яке забезпечує достатні показники конструкції електромобіля при достатньому комфорті в експлуатації;
- опалення салону або кабіни водія.

Крім цих проблем потрібно виділити конструкторські, експлуатаційні, економічні та інші.

В електромобілях акумуляторні батареї функціонують у дуже складних електричних і теплових умовах. Високий струм розряду та імпульсний підзаряд приводять до підвищеного тепловиділення, зменшують ресурс батареї та захист окремих акумуляторів від переплюсування і перезаряду. Це потребує ефективних електричних засобів керування батареями. Потрібен якісний захист тягового електропривода від води та потрапляння сторонніх предметів, захист електричних ланцюгів від перевантажень і короткого замикання.

До експлуатаційних проблем потрібно віднести:

- багатотипність електромобілів;
- необхідність проектування спеціалізованих дільниць ремонту і технічного обслуговування електромобілів;
- низька надійність тягових батарей і висока трудомісткість їх обслуговування;
- виготовлення якісних систем діагностики – бортової та стендової;
- витік електроліту;
- час на зарядку акумуляторних батарей (6–8 годин);
- виділення водню при перезаряді акумулятора.

Економічні проблеми:

- велика питома вартість джерела струму (срібло-цинкові, нікель-кадмієві акумуляторні батареї);
- збереження електроенергії в акумуляторній батареї зв'язано з відносно великими її втратами;
- низький строк служби акумуляторних батарей і величезні затрати на їх утилізацію.

Також потрібно відмітити, що виготовлення панцерних акумуляторних батарей зв'язано з великою запиленістю і потребує комплексу сурових екологічних заходів. Необхідно визначити вплив електромагнітного поля на здоров'я користувачів.

До числа загальних проблем автомобілів і електромобілів потрібно віднести:

- максимальне зниження маси, в тому числі за рахунок використання нових матеріалів (алюмінієво магнієвих сплавів, пластмаси, композитних матеріалів та інших);

- максимальне зниження коефіцієнтів супротиву руху за рахунок покращення аеродинамічної форми, використання нових типів шин.

Всі недоліки можна компенсувати, але їх вирішення потребує часу та коштів.

УДК 629.113

Демянков О.В.

студ. гр. Т-113м НУ «Запорізька політехніка»

## **ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ГБО ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М1**

Що таке газо-балонне обладнання (ГБО)? Це комплект приладів, що монтується на автомобіль, який дозволяє бензиновому двигуну працювати і на зрідженому газі пропан-бутані. Набір досить простий: балон для газу, редуктор, де рідкий пропан-бутан перетворюється на газоподібний, та форсунки для впорскування газу у двигун. Все це з'єднується трубками з фільтрами та парою клапанів і окремо встановлюється електронний блок керування форсунками.

Водії часто запитують, чи шкідливий газ для двигуна автомобіля? Газ мотор не пошкоджує та не впливає на нього, проте на практиці все набагато складніше. Якщо автовласнику невідомо, як ГБО впливає на двигун, він залується у величезній кількості забобонів та міфів, якими оточене це питання. Газ практично не агресивний до деталей двигуна, якщо ГБО відповідає двигуну, правильно встановлено та відрегульовано.

Деякі власники авто із ГБО незадоволені суттєвим зниженням потужності мотора, відмовами системи, великою витратою газу. За кожною негативною оцінкою стоїть історія неякісного та безграмотного монтажу газобалонної установки.

*Мотор працює «в суху».* Твердження, що при застосуванні газу спостерігається «сушіння» двигуна. Воно засноване лише на тому, що газ – сухе паливо, а бензин – рідина.

Для рухомих деталей двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) застосовується моторна олива з відповідним класом в'язкості. Бензин, який упорскується в циліндр, змиває масляну плівку. Газ надходить в двигун у газоподібній формі, тому не шкодить оливі. Через це знос ДВЗ зменшується. У газі немає шкідливих домішок, твердих вогнетривких субстанцій, тому на клапанах і свічках нагар не залишається.

*Вигоряння клапанів.* При застосуванні газу вигорають клапани – ще одне слабо обґрунтоване припущення. Ідентична проблема зустрічається і в автомобілях, що діють на бензині та не оснащені ГБО. Їзда на налагодженому ГБО на клапан не впливає ніяк.

*Свічки запалювання для ГБО.* Вважається, що для коректної дії ГБО потрібні свічки, що відрізняються від простих. Окремі підприємства навіть виготовляють спеціальні свічки із позначкою LPG (для газу). Але експерименти показали, що для руху авто із ГБО підходять звичайні свічки.

Але є також і мінуси ГБО.

Встановити комплект обладнання на сучасний інжекторний автомобіль коштує близько 600–700 \$, а це гроші дуже суттєві для більшості українських автомобілістів – хоча вони й відбиваються протягом 1,5–2 роки.

Установка ГБО на ряд сучасних високотехнологічних двигунів ускладнена настільки, що власники вважають за краще не зв'язуватися з нею.

Необхідність частіше контролювати регулювання клапанів. Це стосується двигунів, які не мають гідрокомпенсаторів у ГРМ. Через більш високу температуру в циліндрі при роботі на газі випускні клапани отримують більш жорсткий температурний режим, що позначається на регулюванні.

Газовий балон відбирає місце у багажнику. Навіть якщо використовувати плоский балон і розмістити його в ніші запаски, саме колесо (або докатку) доведеться возити в багажнику.

Як і інші системи автомобіля, ГБО потребує обслуговування, звичай з періодичністю в ті ж 10–15 тис. км.

На завершення хочеться відзначити, що установка ГБО – перевірений спосіб суттєво знизити витрати на автомобіль не тільки для тих, хто інтенсивно використовує його, але й для звичайного сімейного автопарку. Україна – один із лідерів у Європі за кількістю газифікованих машин. Їх було б ще більше, але багатьох власників зупиняє відносно висока вартість комплекту та стійкі стереотипи, які насправді не мають під собою підстав.



## СЕКЦІЯ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 656.025

Тарасенко О. В.<sup>1</sup>, Качанська Д. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-311 НУ «Запорізька політехніка»

### ПОТЯГ АБО ЛІТАК: ЩО КРАЩЕ?

Останні десятиріччя відбувся різкий скачок зростання кількості компаній лоукостерів, які пропонують дешеві, бюджетні авіаквитки, які дозволяють зручно та швидко добратися майже в любое крупне місто на планеті за невеликі гроші.

Це все призвело до того, що за останні 5 років значна кількість нічних потягів в Європі була скасована, особливо на міжнародних маршрутах. Їх замінили зручні ранкові авіарейси.

Однак, різка зміна клімату, частішали смертоносні повені, масштабні лісові пожежі та хвилі тепла довели, що кліматична криза справді вже біля порога Європи. Середньорічна температура на поверхні океанів зростає. Льодовики Гренландії швидко тануть. Відомі європейські міста, такі як Венеція, острівні країни опинилися під загрозою затоплення.

Постало питання зменшення впливу людського фактору на зміни клімату. Треба враховувати, що на авіаційні перельоти приходиться 2,5 % викидів вуглекислого газу. Як відомо, вуглекислий газ, потрапляючи в атмосферу, діє як теплозахисний шар, утримуючи тепло, що випромінюється з Землі. Це дає парниковий ефект.

Для зменшення впливу людини на зовнішнє середовище пропонується переглянути концепцію внутрішньо європейських подорожей. Так, наприклад, планується розпочати рекламну кампанію серед населення щодо повернення уваги до міжнародного залізничного сполучення. Планується залучення у вагони-ресторани потягів дальнього сполучення шеф-поварів відомих готелів, щоб заохотити пасажирів, які віддають перевагу комфорту та гарній їжі.

Також дозвіл на подорож потягом у бізнес-класі з трьома валізами замість обмежень по масі на літаках повинен зробити залізничні перевезення більш привабливими.

Наприклад, проводиться експеримент представником Euronews Travel з поїздкою за маршрутом Лондон – Ліон літаком, в зворотньому напрямку, Ліон – Лондон потягом [1].

Згідно дослідженню, подорож між Ліоном та Лондоном займає приблизно однаковий час, незалежно від того, подорожуєте ви літаком або потягом. Враховуючи переміщення на таксі, автобусі, час очікування, різниця у часі на подорож склала всього 15 хвилин.

Крім того, поїздка на поїзді набагато корисніша для навколишнього середовища. Одна поїздка на Eurostar з Лондона до Парижа здійснює в 14 разів менше викидів, ніж рейс за ту саму поїздку.

До того ж час не завжди є головним фактором при виборі способу подорожі. Вартість також відіграє величезну роль для більшості мандрівників.

Подорож за маршрутом Лондон – Ліон літаком коштувала 133,58 євро. У зворотньому напрямку поїздка на потязі - 79,03 євро. Причому бронювання квитків на Eurostar доступне за 11 місяців, що значно впливає на вартість квитка. Особливо, якщо ви оберете для відрядження вівторок-середу, кращі дні для дешевих тарифів.

Таким чином, враховуючи значний рівень негативного впливу на екологію, людство повинно прикладати значні зусилля для боротьби зі шкідливими викидами. Зміна транспорту на внутрішньо європейських подорожах є одним із засобів, що дозволить знизити рівень викидів вуглекислого газу в атмосферу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дійсно літак швидше за потяг? - URL: <https://www.euronews.com/travel/2022/11/13/is-a-flight-really-quicker-than-a-train-i-put-it-to-the-test-from-london-to-lyon>

УДК 656:519.8

Кузькін О.Ф.<sup>1</sup>, Райда І.М.<sup>2</sup>, Харитонов О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-312\_2 НУ «Запорізька політехніка»

## РОЗРАХУНОК ІМОВІРНОСТІ КОНТАКТІВ ПАСАЖИРІВ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Міський громадський транспорт (МГТ) є основою забезпечення сталого розвитку сучасних міст і мобільності їх мешканців. Завдяки широкому діапазону пасажиромісткостей транспортних засобів (ТЗ), що можуть бути використані на маршрутах, можливостям організації

комбінованих режимів руху та руху виділеними смугами на вулично-дорожніх мережах міст, розташування зупиночних пунктів у осередках зародження та погашення пасажиропотоків, МГТ здатний забезпечити задоволення змінного у часі попиту на масові пасажирські перевезення з мінімальними витратами часу пасажирів на пересування в умовах достатньої щільності населення обслуговуваних територій (3750 чол./км<sup>2</sup> та більше). Втім, зважаючи на масовість користування МГТ мешканцями, він є і одним з основних чинників, що сприяють поширенню інфекційних захворювань [1].

Внаслідок здійснення поїздок пасажирами у замкненому просторі ТЗ, МГТ створюються умови швидкого поширення інфекції внаслідок контактів пасажирів між собою та спільного використання ними контактних поверхонь (поручнів, сидінь, перил, полиць, ручок тощо). При цьому ризик захворювання окремого здорового пасажира, серед іншого, потенційно збільшується зі збільшенням кількості його контактів з іншими пасажирами під час поїздки. Таким чином, при прийнятті рішення про режими роботи МГТ під час поширення інфекційних захворювань (пандемій) необхідно оцінювати ступінь впливу можливих організаційно-технічних заходів на потенційний ризик захворювання пасажирів під час поїздки. Цей ризик, у свою чергу, залежить від потенційної кількості контактів пасажирів між собою у салоні ТЗ.

Зрозуміло, що будь-який пасажир, що зайшов у складі групи пасажирів у транспортний засіб на зупинці, контактує під час поїздки з кожним пасажиром цієї групи. Крім того, такий пасажир контактує і з усіма іншими пасажирами, що протягом його поїздки входять до ТЗ виключно до зупинки, на якій цей пасажир залишає ТЗ. Визначимо імовірність  $P_{ij}$  того, що випадковий пасажир, який увійшов до ТЗ на зупинці  $i$ , контактуватиме під час поїздки з випадковим пасажиром, що увійшов до ТЗ на зупинці  $j$ . Для цього використаємо міжзупинкову матрицю пасажирських кореспонденцій (ММПК), яка може бути отримана на маршрутах табличним або талонним методом обстеження пасажирських потоків [2].

ММПК представляє собою квадратну матрицю розміром  $n \times n$  ( $i, j = 0, n$ ), елементами якої є невід'ємні значення  $x_{ij}$  ( $i \leq j$ ), що відповідають кількості пасажирів, що проїхали на маршруті від зупинки  $i$  до зупинки  $j$  з усіх пасажирів, що увійшли до ТЗ на зупинці  $i$ . Підсумки значень елементів ММПК по рядках  $a_i$  дорівнюють сумарній кількості пасажирів, що увійшли до ТЗ на зупинці  $i$ , а підсумки значень елементів ММПК по стовпчиках  $b_j$  – сумарній кількості пасажирів, що вийшли з ТЗ

на зупинці  $j$ , тобто  $\sum_{i=0}^n a_{ij} = \sum_{j=1}^n b_j$  ( $i, j = \overline{0, n}$ );  $\sum_{j=i}^n x_{ij} = a_i$  ( $i = \overline{0, n}$ ,  $i \leq j$ );  $\sum_{i=0}^j x_{ij} = b_j$  ( $j = \overline{0, n}$ ,  $i \leq j$ ).

Позначимо як  $p_{ij}$  імовірність того, що пасажир, який увійшов до ТЗ на зупинці  $i$ , залишить ТЗ на зупинці  $j$ . Тоді ця імовірність може бути розрахована як  $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{a_i}$  ( $i = \overline{0, n}$ ,  $i \leq j$ ). Очевидно, імовірність того, що випадковий пасажир А, який увійшов до ТЗ на зупинці  $i$  буде мати контакт з випадковим пасажиром Б, який увійшов до ТЗ на зупинці  $j$  (що означає, що вони проїдуть у салоні ТЗ спільно бодай один перегін маршруту)  $P_{ij}$  дорівнює імовірності події, за якої пасажир А вийде на будь-якій зупинці, що розташована на маршруті після зупинки  $j$ . Оскільки події виходу одного й того ж пасажирів на декількох зупинках одночасно є несумісними, відповідна імовірність такої події дорівнює

$$P_{ij} = \sum_{j=i+1}^n p_{ij} = \sum_{j=i+1}^n \frac{x_{ij}}{a_i} = \sum_{j=i+1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{\substack{j=i \\ i \leq j}}^n x_{ij}}, \quad i, j = \overline{0, n}. \quad (1)$$

Таким чином, якщо відомі елементи ММПК та статистичні характеристики розподілу кількості пасажирів, що входять до ТЗ на кожній зупинці маршруту, з використанням формули (1) можна виконувати статистичне моделювання кількості контактів під час поїздки як окремих пасажирів, що входять до ТЗ на кожній зупинці маршруту, так і кількість контактів пасажирів протягом рейсу для маршруту в цілому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kumar, P., Khani, A., Lind, E., & Levin, J. (2021). Estimation and mitigation of epidemic risk on a public transit route using automatic passenger count data. *Transportation Research Record*, 2675(5), 94-106.
2. Cui, A. (2006). *Bus passenger origin-destination matrix estimation using automated data collection systems* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

УДК 004.9 : 656.072

Кузькін О.Ф.<sup>1</sup>, Табунщик С.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

Нові цифрові технології і технічні засоби Індустрії 4.0, створюють передумови докорінних змін у підходах до технічного обслуговування транспортних засобів (ТЗ), зокрема пасажирських, що використовуються для транспортного обслуговування пасажирів у містах. Підтримання парку ТЗ у технічно справному стані є основною задачею будь-якого транспортного оператора та спрямоване на зниження імовірності раптового виходу з ладу ТЗ безпосередньо на маршрутах, що веде до економічних втрат та погіршення надійності обслуговування пасажирів. Еволюція підходів до технічного обслуговування ТЗ на автомобільному транспорті включає такі етапи: 1) напрацювання на відмову (реактивне); 2) превентивне (періодичне, через регламентовані проміжки часу або пробіг); 3) ризик-орієнтоване (базоване на аналізі статистичних даних попередніх відмов); 4) обслуговування за умовами фактичного стану (за результатами оцінки ТЗ на підставі обробки даних, отриманих за результатами контролю); 5) предиктивне (базоване на результатах обробки даних про поточний стан ТЗ з використанням технологій Індустрії 4.0) [1].

Тож, цифрові технології Індустрії 4.0 дають можливості для застосування предиктивного технічного обслуговування, перевагами якого є зниження експлуатаційних витрат на підтримання парку ТЗ у належному стані, збільшення коефіцієнту готовності та зменшення кількості випадків непередбачуваних виходів ТЗ з ладу, підвищення надійності сервісу. У той же час, при реалізації предиктивного технічного обслуговування існує низка ризиків та проблем, до яких можна віднести суттєві капітальні витрати та підвищені вимоги до інфраструктури, необхідність дотримання вимог законодавства у сфері транспорту та проблеми підготовки кваліфікованого персоналу. Саме на подолання останнього чинника спрямована діяльність міжнародного освітнього проекту Erasmus+ KA2 Work4CE «Міждоменні компетенції для забезпечення здорової та безпечної роботи у 21-му столітті» (<https://work4ce.eu/>).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Digital Transformation and Social Dialogue in Urban Public Transport in Europe. Final report. URL: <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/10/Final-report-Digital-transformation-and-social-dialogue-in-urban-public-transport-EN.pdf> (дата звернення: 03.04.2024)

УДК 629.113

Кузькін О.Ф.<sup>1</sup>, Кудієвський А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

### **КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ М3 У ЧАСТИНІ ДОСТУПНОСТІ ДЛЯ ОСІБ З ОБМЕЖЕНОЮ МОБІЛЬНІСТЮ**

Згідно з положеннями Женевської Угоди від 1958 року та Правил ЄЕК ООН R 36 до категорії М3 відносяться автобуси, які призначені для перевезення пасажирів і мають більше ніж 8 місць, не враховуючи місце водія, і максимальну масу, що перевищує 5 тонн. Автобуси, що мають місткість понад 22 пасажирів та призначені для перевезення сидячих та стоячих пасажирів, конструкція яких дає змогу пасажирам безперешкодно переміщуватись по салону, належать до класу І.

У частині доступності автобусів для осіб, що мають обмежені фізичні можливості, в Україні діють два нормативних документи: 1) Правила ЄЕК ООН № 107 «Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів категорії М2 чи М3 стосовно їх загальної конструкції» (додаток 8 «Місця та доступ пасажирів з обмеженою мобільністю»); 2) ДСТУ 30478:2006 «Автобуси для перевезення інвалідів. Загальні технічні вимоги». Обидва нормативні документи встановлюють, що автобуси категорії М3 класу І повинні бути доступними для пасажирів з обмеженою мобільністю – щонайменше для однієї особи на інвалідному візку та однієї нескладної колиски для дитини.

Основні технічні вимоги щодо конструкції автобусів категорії М3 класу І у частині доступності маломобільних пасажирів включають такі елементи:

а) конструкція сходинок (висота першої сходинки від поверхні дороги не повинна перевищувати 250 мм;

б) конструкція сидінь (щонайменше одне сидіння з розташуванням по руху або проти руху автобуса зі збільшеною до 440 мм шириною

подушки, додатковим складним поручнем (підлокітником) між місцем для сидіння та основним проходом);

в) конструкція дверей (усі двері автобуса повинні мати ширину не менше 900 мм для забезпечення доступу до салону особи на інвалідному візку);

г) планування салону (наявність зони шириною не менше 750 мм та довжиною не менше 1300 мм для кожної особи на інвалідному візку);

д) наявність висувної апарелі (з нахилом не більше 12% при опорі на тротуар або 36% при опорі на дорогу) або підіймача (довжиною не менше 1200 мм) шириною не менше 800 мм з розрахунковим навантаженням не менше ніж 300 кг.

УДК 656.13

Бойко С.М.<sup>1</sup>, Лапіна О.С.<sup>2</sup>, Реута А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> викл. Кременчуцький льотний коледж ХНУВС

<sup>3</sup> викл. Кременчуцький льотний коледж ХНУВС

## **СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАХОДІВ НА СКЛАДАХ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ АВІАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Авіаційні підприємства являються складовою ланкою та невід'ємним елементом авіаційної галузі. В загально державних масштабах вони відіграють вагомую роль у формуванні технічного потенціалу для розвитку авіаційної галузі та забезпечення експлуатації повітряних суден на належному безпечному рівні. Невід'ємною складовою авіаційних підприємств є склади паливно-мастильних матеріалів, котрі мають надзвичайну пожежну небезпеку.

Тож, важливим завданням на сьогодні залишається забезпечення пожежної безпеки на складах пально-мастильних матеріалів авіаційних підприємств.

Традиційні заходи з пожежної безпеки допоможуть зменшити ризик пожежі на складах пально-мастильних матеріалів авіаційних підприємств та забезпечити безпеку персоналу та майна.

Одним із критично важливих елементів забезпечення пожежної безпеки є маркування схем евакуації на складах пально-мастильних матеріалів.

З поміж іншого, слід звернути увагу і на те, що на складах пально-мастильних матеріалів, де існує підвищений ризик пожежі, важливо мати ефективні системи пожежогасіння. Окрім традиційних систем, таких як

системи пожежних гідрантів та водяних струменів, існують альтернативні системи пожежогасіння, які можуть бути ефективними в умовах авіаційних підприємств.

Таким чином, зважаючи на перераховану проблематику підтримання рівня авіаційної та пожежної безпеки, актуальним залишається питання впровадження альтернативних систем пожежогасіння, шляхом проведення ретельного аналізу ризиків та переваг кожної системи, а також врахувати конкретні особливості складу та пожежної безпеки. Вибір ефективної системи пожежогасіння для складів пально-мастильних матеріалів авіаційних підприємств вимагає ретельного аналізу ризиків, умов приміщення та специфічних потреб цехів та складських приміщень.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Охорона праці та пожежна безпека. Основні напрями забезпечення пожежної безпеки на складах. URL : <https://oppb.com.ua>

УДК 656.13

Бойко С.М.<sup>1</sup>, Реута А.В.<sup>2</sup>, Лапіна О.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> викл. Кременчуцький льотний коледж ХНУВС

<sup>3</sup> викл. Кременчуцький льотний коледж ХНУВС

## **ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДІВ З ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛІВ**

Контроль за станом резервуарів з паливом, на складах аеродромів та аеропортів є ключовою складовою безпекою та ефективним управлінням паливо-мастильними матеріалами. Деякі проблеми та рекомендації для їх контролю включають можливість витоку палива чи деградацію матеріалів резервуару.

У зв'язку із зазначеним актуальності набуває питання контролю технічного стану резервуарного парку складів пально-мастильних матеріалів з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1].

Для контролю за станом вертикальних резервуарів з паливом на складах аеродромів існує кілька альтернативних рекомендацій, які можуть допомогти підвищити ефективність і безпеку моніторингу. З урахуванням сучасних технологій та підходів можна запропонувати застосування безпілотних установок [1] для моніторингу резервуарного



парку, що дозволило б забезпечити безпеку, своєчасне виявлення проблеми, зменшити витрати на інспекцію та обслуговування безпілотних установок. Також такі установки можна успішно використовувати для щоденного технічного огляду стану резервуарного парку на сховищах паливо-мастильних матеріалів. Вони можуть надавати широкий обсяг інформації та ефективно моніторити стан об'єктів на значних територіях. Однак для використання цих технічних засобів слід урахувати деякі аспекти, зокрема, перед упровадженням безпілотних установок слід організувати роботу на законодавчому рівні, що регулюють використання БПЛА. У цьому випадку забезпечення дотримання всіх вимог та отримання більшості дозволів є обов'язковим.

Слід зазначити, що висвітлена проблематика щодо контролю технічного стану складів з паливно-мастильними матеріалами на сьогоднішній день є актуальною, у тому числі у контексті авіаційної та протипожежної безпеки та потребує подальшого вивчення та вдосконалення запропонованого підходу.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2022. Т2. – 216 с.

УДК 658.788

Котов О.Б.<sup>1</sup>, Лівертовський М.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИЛОВИХ УСТАНОВОК БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Інтеграція передових технологій відіграє вирішальну роль у проектуванні та розробці силових установок для безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Впроваджуючи передові технології в процес створення, інженери можуть підвищити продуктивність, ефективність і надійність силових установок БПЛА. Передові технології, такі як: матеріали з вуглецевого волокна для легких і міцних компонентів, 3D-друк для швидкого створення прототипів і налаштування. Ці технології дозволяють інженерам оптимізувати конструкцію силових установок БПЛА, що призведе до покращення загальної продуктивності та експлуатаційних можливостей. Використання передових технологій не

тільки підвищує функціональність силових установок БПЛА, але й сприяє розвитку авіаційної галузі в цілому [1].

Використання засобів обчислювального моделювання та симуляції має важливе значення для ефективного проектування та оптимізації силових установок для БПЛА. Використовуючи складне програмне забезпечення та методи моделювання, інженери можуть аналізувати та оцінювати різні конфігурації конструкції, оцінювати параметри продуктивності та визначати потенційні області для вдосконалення. Обчислювальне моделювання дозволяє проводити віртуальне тестування компонентів електростанції в різних умовах експлуатації, дозволяючи інженерам удосконалювати конструкції та підвищувати ефективність перед фізичним прототипом [1]. Цей підхід не тільки прискорює процес проектування, але також знижує витрати та мінімізує ризики, пов'язані з тестуванням фізичних прототипів, що в кінцевому підсумку призводить до більш міцних і надійних силових установок БПЛА.

Таким чином, застосування сучасних передових технологій прискорює процеси конструювання та проектування силових установок безпілотних літальних апаратів.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Горбулін В.П. Збройна боротьба в контексті четвертої індустріальної революції. Вісник НАН України, 2022, № 4. – С.3–11.

УДК 658.788

Котов О.Б.<sup>1</sup>, Семенов Є.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА СТВОРЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Удосконалення науково-методичного апарату створення першокласних безпілотних авіаційних комплексів передбачає інтеграцію передових технологій і матеріалів[1]. Використовуючи передові матеріали, такі як композити з вуглецевого волокна, легкі сплави та високоміцні полімери, інженери можуть покращити продуктивність, довговічність та ефективність безпілотних літальних апаратів. Ці матеріали пропонують відмінне співвідношення міцності та ваги, термічну стабільність і стійкість до корозії, що дозволяє створювати

більш маневрені, економічні та надійні безпілотні літальні апарати. Крім того, інтеграція таких технологій, як штучний інтелект, сенсорні системи та аналітика даних, може ще більше оптимізувати експлуатаційні можливості та автономність безпілотних літальних комплексів, прокладаючи шлях для підвищення успіху місії та адаптації в динамічних середовищах.

Крім матеріалів і технологій, удосконалення науково-методичного апарату створення першокласних безпілотних авіаційних комплексів передбачає вдосконалення проектно-конструкторської техніки [2]. Використовуючи сучасне програмне забезпечення, інструменти моделювання та технології адитивного виробництва, інженери можуть оптимізувати процес проектування, зменшити витрати на виробництво та прискорити етапи створення прототипів і тестування. Ці інноваційні інструменти дозволяють дизайнерам створювати складні аеродинамічні форми, оптимізувати цілісність конструкції та мінімізувати вагу без шкоди для продуктивності та безпеки.

Тож, проводячи ретельні процедури тестування в різних умовах навколишнього середовища та сценаріях місії, розробники можуть виявити потенційні недоліки конструкції, оптимізувати робочі параметри та забезпечити відповідність нормативним стандартам і вимогам до продуктивності безпілотних авіаційних комплексів.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Горбулін В.П. Збройна боротьба в контексті четвертої індустріальної революції. Вісник НАН України, 2022, № 4. – С.3–11.

2. Радецький В. Г., Руснак І. С., Даник Ю. Г. Безпілотна авіація в сучасній збройній боротьбі : монографія. Київ : НАОУ, 2008. – 224 с.

УДК 658.788

Бойко С.М.<sup>1</sup>, Гайдайчук О.В.<sup>2</sup>, Реута Є.П. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-311 НУ «Запорізька політехніка»

## **ДО ПИТАННЯ РОЗБУДОВИ ІНФРАСТРУКТУРИ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ**

Україна є країною-транзитером, що дає їй можливості розвитку та зобов'язує постійно розвивати транспортні галузь на загальнодержавному рівні. На сьогоднішній день, в Україні, на частині її

територій ведуться бойові дії, а на решті території транспортна інфраструктура у зношеному стані та потребує модернізації, а місцями і повної заміни. Між тим, транспортні засоби, у тому числі і авіаційні, поступово переходять на нові альтернативні види палива, що в свою чергу потребує розвитку відповідної інфраструктури [1].

Слід зазначити, що якщо розглядати авіаційний транспорт, то крім традиційних видів палива, які споживаються на даний час певна частка повітряних суден, поступово впроваджуються альтернативні види палива. Серед них слід виокремити водневі та електроенергетичні технології.

Тож, актуальним є питання дослідження розвитку енергетичної складової інфраструктури авіаційного транспорту у тому числі в аспекті післявоєнному відновленні України.

Також суттєвим чинником подальшого розвитку авіаційної галузі України є активне впровадження в структури перевезень та доставки вантажів безпілотних авіаційних комплексів та систем, окремі типи яких потребують аеро- і вертодромів, злітно-посадкових майданчиків та відповідної інфраструктури для їх обслуговування, зберігання та заправлення.

Слід зазначити, враховуючи різноманітність паливно-мастильних матеріалів та поступове впровадження водневих технологій та електроенергетичних технологій для забезпечення енергією силових установок повітряних суден, що постає питання розбудови сучасних інфраструктурних об'єктів аеродромів та аеропортів.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112.

УДК 658.788

Котов О.Б.<sup>1</sup>, Іщенко С.О.<sup>2</sup>, Реута Є.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-311 НУ «Запорізька політехніка»

## **РЕУТА Є.П.АСПЕКТИ РОЗВИТКУ АВІАЦІЇ НА ТЕРЕНАХ УКРАЇНИ**

Сучасні бачення розвитку суспільства розглядають мир як нормальний та ефективний стан, а військові конфлікти розглядаються як негативне явище на рівні з природними та техногенними катаклізмами, епідеміями тощо. Між тим, історія нашої цивілізації свідчить про те, що розвиток суспільства постійно супроводжувався війнами, а аналітичний аналіз подій третього тисячоліття вказує на постійне зростання військових конфліктів у світі. Нажаль, військові дії спіткали і Україну [1].

У той же час видатні митці та філософи на протязі існування нашого цивілізаційного розвитку вказували на неминучість військових конфліктів, як рушійну силу розвитку та прогресу. У цьому аспекті слід зазначити, що дипломатія має опиратися на ефективні інститути обороноздатності та стримування. З поміж іншого, слід зазначити, що збройні конфлікти, попри всі їх наслідки для суспільства та екосистеми, не тільки не припиняються, а й знаходяться у постійному розвитку слідуючи за науково-технічним прогресом.

Слід зауважити, що військові засоби є одночасно свого роду рушієм розвитку цивільних аналогів. Як приклад, маємо безпілотні літальні апарати (БпЛА) та безпілотні літальні комплекси (БпЛК). Тож, особливості їх експлуатації та обслуговування є вагомими серед інших причин постійного розгортання їх інфраструктури. Зважаючи на технічні можливості сучасних БпЛК, постійно розширюється їх застосування як в різних галузях економіки, так і для виконання спеціальних завдань. З поміж, іншого слід відмітити також трансформаційні якісні зміни серед зразків малої авіації. Слід зазначити, що вагомий вклад у розвиток сучасних пілотованих повітряних суден спрямований на інтелектуалізацію процесів їх експлуатації.

Тож, незважаючи на те, що в Україні триває війна та «небо закрите» для польотів цивільної авіації, цивільна авіація переживає трансформаційні зміни у тому числі в питаннях післявоєнної реорганізації та відновлення авіаційного інфраструктурного сектору та напрацювання альтернатив існуючим засобам та принципам організації пасажирських та транспортних перевезень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбулін В.П. Збройна боротьба в контексті четвертої індустриальної революції. Вісник НАН України, 2022, № 4. – С.3–11.

УДК 656.01

Каплуновська А.М.<sup>1</sup>, Лескова Т.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-310 НУ «Запорізька політехніка»

### ОСНОВНІ ЕТАПИ ЛОГІСТИЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ

Логістичне обслуговування – важлива складова обслуговування клієнтів, яка дає можливість забезпечити необхідний рівень задоволення потреб клієнтів за як найнижчих сукупних витрат і гарантованого отримання клієнтом відповідного товару потрібної якості та асортименту в певному місці, в певний час та за певну ціну [1].

Головним питанням, яке вирішує логістика у процесі надання послуг споживачам, є визначення оптимального співвідношення між витратами на обслуговування і досягненням ефекту від нього.

До показників, які мають вплив на вибір споживачами компанії з надання логістичних, послуг можна віднести такі, як: ціна на послугу, надійність, якість обслуговування, рівень обслуговування, культура обслуговування, термін обслуговування, умови обслуговування, можливість консультування, рівень інформування клієнтів, спектр послуг, зручне місце розташування, знижки, бонуси й програми лояльності тощо.

Основним завданням служб логістики є оптимізація рівня послуг із позиції загальних витрат та оптимізація з позиції користі для потенційних споживачів. Необхідним є визначення переліку послуг, які обов'язково надаються різним групам клієнтів, і витрат на різні види послуг. Також необхідним є ранжування послуг за вартістю та попитом на них.

За традиційним підходом обслуговування спочатку розпочинають з замовлення клієнта й завершують поставкою.

Основні етапи логістичного обслуговування:

Обслуговування замовлень споживачів (приймання та організація);

Складське обслуговування;

Транспортно-логістичне обслуговування;

Логістичне обслуговування замовлень споживачів (супровід, коригування та документація) [2].

Етапи логістичного обслуговування клієнтів на прикладі компанії Amazon:

1. Підбір замовлень відбувається онлайн на сайті, де клієнт, увійшовши у власний акаунт обирає у наявних категоріях те, що потрібно. Надають товари окремі незалежні продавці, котрі виставляють на сайт свої товари, а також товари, які безпосередньо виробляє сама компанія.

2. Відправка відбувається після того, як всі бажані товари були відправлені у кошик, потрібно підтвердити покупку, ввести платіжну інформацію та інформацію про доставку.

3. Транспортування відбувається спочатку наземним видом транспорту, коли вантаж прибуває на сортувальні склади за певною адресою, там відбувається пакування, а вже звідти товар можна перенаправити літаком до України.

4. Доставка продукції може відбуватися як літаком, так і морським видом транспорту, якщо вантаж великогабаритний. В цілому доставка може відбуватися до 10 днів, якщо по США, то за 2-3 години або 1 день. Посилку можна відстежувати онлайн, також є онлайн підтримка на сайті, куди можна звернутися, якщо сталися якісь проблеми з доставкою товару [3].

Висновок: розвиток сфери логістичних послуг в Україні зростає, проте послуги здебільшого не відповідають міжнародним стандартам обслуговування споживачів. Більшість підприємств усвідомлює, що завдяки оптимізації та покращення логістичного обслуговування споживачів можливо збільшити прибутки, залучити нових клієнтів, підвищити імідж підприємства та в кінцевому підсумку збільшити свої конкурентні переваги.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теоретичні принципи логістичного обслуговування споживачів. URL : [https://economyandsociety.in.ua/journals/8\\_ukr/55.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/8_ukr/55.pdf)
2. Конспект лекцій з курсу «Логістичне обслуговування» (для студентів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.030601 «Менеджмент» спеціальності «Логістика») / Д. М. Рославцев; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 117 с. URL : <http://surl.li/simcn>
3. USAinUA про Amazon. URL : [https://usain.ua/blog/about\\_amazon/](https://usain.ua/blog/about_amazon/)
4. Про важливість обслуговування клієнтів у логістиці. URL : <https://blog.tatanexarc.com/logistics/importance-of-customer-service-in-logistics/>

УДК 656.01

Каплуновська А. М.<sup>1</sup>, Матвієнко А. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-310 НУ «Запорізька політехніка»

## РІВНІ ЛОГІСТИЧНОГО АУТСОРСИНГУ: ПЕРЕВАГИ ОСТАННІХ ПОКОЛІНЬ

Донедавна менеджери з закупівель та управлінням ланцюгами поставок були знайомі з чотирма поколіннями логістики – 1PL, 2PL, 3PL і 4PL. Що означає аббревіатура PL і що собою представляє?

Термін PL розшифровується як Party Logistics і означає рівень аутсорсингу логістики: чим більше число перед літерами PL, тим вищий рівень аутсорсингу [1]. На рисунку 1 приведений спектр послуг логістичного аутсорсингу [2].

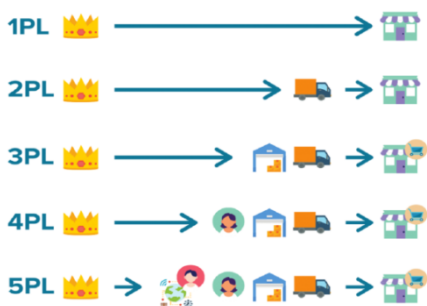


Рисунок 1 – Рівні логістичних поколінь

На самому верху схеми знаходимо 1PL, де виробник не передає логістику аутсорсингу і доставляє свій продукт безпосередньо кінцевому споживачу. Нанизу схеми ми знаходимо 5PL, де логістичний оператор керує мережею ланцюгів поставок для клієнта [1].

Різні типи PL та їхні переваги можна описати таким чином [3]:

1) 1PL – одностороння логістика, під час роботи якої компанія після виробництва продукту самостійно здійснює пошук складу для тимчасового зберігання, і транспорту для перевезення товару замовнику;

2) 2PL – логістика «двох сторін», що має на увазі наявність підприємців для виконання окремо взятих логістичних операцій;



3) 3PL – реалізується шляхом залучення транспортно-логістичних компаній, готових запропонувати повний комплекс логістичних послуг шляхом використання власних автопарків та складських приміщень.

4) 4PL – за допомогою Fourth Party Logistics забезпечується управління ланцюгом поставок. Оператор 4PL не здійснює фізичних транспортних чи складських операцій, вони передані оператору 3PL. Таким чином, оператор 4PL керує всім ланцюгом постачання клієнта та бере на себе ініціативу в плануванні та оптимізації ланцюга постачання. Крім того, оператор 4PL відповідає за залучення операторів 3PL, які виконуватимуть завдання фізичної логістики.

5) 5PL – цей термін все ще є новим терміном логістики. Оператор 5PL поєднує транспортні та логістичні послуги постачальника 3PL з оптимізацією ланцюга постачання постачальника 4PL. Оператор 5PL робить ще один крок вперед і керує цілою мережею ланцюгів поставок для клієнта. Тут основна увага приділяється використанню новітніх технологій, тому 5PL часто зустрічається у світі електронного бізнесу [1].

Сьогодні вже можна зустріти компанії, що надають новий формат управління логістичними процесами – 5PL. Але це більш властиве іноземним компаніям. В Україні наразі набуває широкої популярності 4PL.

4PL активно впроваджується в українській транспортно-логістичній компанії PTL Group. За час роботи в якості «4PL-оператора», компанія встигла не тільки отримати глибокі знання в міжнародній логістиці, а й змогла максимально оптимізувати роботу шляхом застосування новітніх IT-розробок [3].

Формат 4PL-оператора у порівнянні з попередниками має низку істотних переваг з боку вартості, функціональності та якості виконання поставленого завдання. Для клієнта переваги використання логістики 4-го покоління виражаються в наступних формах:

- прозора реалізація транспортно-логістичних процесів;
- чітке планування витрат компанії на надані послуги;
- налагодження довгострокових відносин з єдиним партнером;
- зведення комунікацій до мінімуму;
- можливість постійно вдосконалювати логістичні процеси тощо.

В обов'язки 4PL-оператора входить:

адміністрування та обробка інформації, отриманої від клієнта або замовника;

координація процесу митного оформлення;

моніторинг і регулювання транспортних потоків;

формування центрів аналітики і статистики, необхідних для прийняття логістичних рішень;

контроль якості виконання всіх етапів [3].

Отже, використання технології 4PL дає суттєве полегшення взаємозв'язків між клієнтом і постачальником вантажу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рівні логістичного аутсорсингу. URL: <https://www.dsv.com/en-nl/support/faq/what-is-the-meaning-of-1pl-2pl-3pl-4pl-en-5pl#:~:text=The%20term%205PL%20or%20Fifth,supply%20chains%20for%20the%20client>
2. Схема логістичного аутсорсингу. URL: <https://dothanhtinh.com/1pl-2pl-3pl-4pl-5pl-la-gi/>
3. Що таке логістика четвертого покоління. URL: <https://ptl-group.com.ua/content/chto-takoe-logistika-4-go-pokoleniya>

УДК 656.2

Турпак С.М.<sup>1</sup>, Грицай С.В.<sup>2</sup>, Карнаух В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-822м НУ «Запорізька політехніка»

## АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ КАОЛІНУ ПРИ ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ

Важливим фактором розвитку Запорізького регіону є післявоєнне відновлення та вихід на проєктні спроможності Біляєвського каолінового кар'єру, який здійснює видобуток каоліну, саме тому було досліджено різні варіанти організації перевезень цієї сировини закордонним споживачам.

Проаналізовано логістичний ланцюг доставки каоліну, який складається з таких етапів:

- видобуток та пакування каоліну у біг-беги;
- доставка автомобільним транспортом до контейнерного хабу у місті Запоріжжя;
- завантаження контейнерів, формування поїзду та доставка до контейнерного терміналу міста Одеси.

В ході роботи було розроблено модель перевезення каоліну із такими можливими варіантами організації робіт:

- завантаження автотранспорту біг-бегами на БКК та доставка до контейнерного хабу «Термінал Запоріжжя»; перевантаження біг-бегів до контейнерів та їх доставка до «Контейнерного терміналу Одеса»;

– завантаження контейнерів біг-бегами на БКК да доставка до контейнерного хабу «Термінал Запоріжжя»; перевантаження контейнерів на залізничні платформи; доставка контейнерів із біг-бегами до «Контейнерного терміналу Одеса».

За другим варіантом при перевезенні автомобільним та залізничним транспортом потребується більша кількість контейнерів, проте – менша кількість автотранспортних засобів.

Було проведено 10 експериментів, які показали, що:

– експерименти 1-4, 7-9 не забезпечують плану виконання перевезень;

– експерименти 5 та 10 відрізняються за кількістю потрібних автомобілів для доставки вантажу до залізничного фронту навантаження та кількістю контейнерів для забезпечення перевезень;

– експеримент 6 за технологічними показниками поступається експерименту 5.

Економічні розрахунки показали, що варіант із використанням автоконтейнеровозів при доставці каоліну до фронту навантаження залізничного транспорту на контейнерному терміналі виявився більш вигідним, не зважаючи на більшу кількість контейнерів.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Біляївський збагачувальний комбінат почав видобування первинного каоліну. URL : <https://nadra.info/2023/08/the-bilyaivsky-enrichment-plant-has-started-extracting-primary-kaolin/> (дата звернення: 14.10.2023).

2. Контейнерний хаб UGL «ТЕРМІНАЛ ЗАПОРІЖЖЯ». URL : <https://ratelist.top/286234> (дата звернення: 14.10.2023).

УДК 656.2

Турпак С.М.<sup>1</sup>, Веремеєнко Л.А.<sup>2</sup>, Лукьянчиков О.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-812м НУ «Запорізька політехніка»

## **АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ ДО ЗАПОРІЗЬКОГО АВТОМОБІЛЕБУДІВНОГО ЗАВОДУ ПРИ ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ**

Запорізький автомобілебудівний завод ще декілька років потому був одним з найвідоміших в Україні, але наразі перебуває у практично

недіючому стані, як і частка розташованої неподалік залізничної інфраструктури – станції Запоріжжя-Пристань.

Дана станція обслуговувала другий район Запорізького річкового порту, транспортні потужності якого зараз обмежені лише верхньою частиною річки Дніпро, через відсутності судноплавства у нижній через руйнування дамби Каховської ГЕС.

Були проаналізовані різні варіанти обслуговування Запорізького автомобілебудівного заводу при доставці комплектуючих для збирання автомобілів. В якості пункту відправлення обрано Чорноморський порт, який використовувався для цих цілей у минулому. Аналізувалась доставка вантажів у 40-футових контейнерах.

Були виділені наступні варіанти:

- доставка водними шляхами з Чорноморського порту через Чорне море та річку Дніпро до причалів другого району Запорізького порту, а звідти – власним залізничним транспортом підприємства;
- доставка залізничним транспортом складами місткістю 30 контейнерів, спираючись на минулий досвід підприємства;
- доставка автомобільним транспортом.

На основі результатів моделювання за допомогою імітаційної моделі були отримані технічні показники та виконані економічні розрахунки.

Відповідно до виконаних техніко-економічних розрахунків, було встановлено, що ефективність доставки водним транспортом при післявоєнному відновленні судноплавства по Дніпру є нижчою, ніж доставка залізничним транспортом. Дослідження є корисними та може бути використаним за умов виконання додаткових розрахунків на момент прийняття рішення з урахування транспортної політики в сфері водного та залізничного транспорту України.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Які моделі автобусів та автомобілів випустить ЗАЗ у 2022 році.  
URL : <https://akzent.zp.ua/kakie-modeli-avtobusov-i-legkovushek-vypustit-zaz-v-2022-godu/> (дата звернення: 10.09.2023).

2. Про реалізацію експериментального проекту «Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення 15.10.2023).

УДК 656.073.235

Васильєва Л.О.<sup>1</sup>, Острогляд О.О.<sup>2</sup>, Кубіч Я.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> старш. гр. Т-811 НУ «Запорізька політехніка»

## **РОЗВИТОК КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПІД ЧАС ВІЙНИ**

Незважаючи на активні бойові дії минулого року збільшився ринок контейнерних перевезень вантажів не тільки в загальному обсязі перевезень, а й у інвестиційній привабливості. Триває процес інтеграції українських логістичних маршрутів в Транс'європейську транспортну мережу, до якої Україну включено в 2017 році Індикативним Інвестиційним Планом Єврокомісії розвитку TEN-T коридорів.

Навіть на фоні падіння загальних обсягів виробництва різних галузей промисловості ринок контейнерних перевезень в 2023 році активно розвивався, що дало можливість майже досягти довоєнних обсягів. Потужності з перевалки контейнерів, такі як мультимодальні комплекси і сухі порти, вийшли на провідні позиції для інвестицій в транспортну галузь.

Після початку повномасштабної війни напрямок вантажопотоків з Чорного моря переорієнтувався на західні кордони України та ЄС і основне навантаження з перевезення контейнерних вантажів прийняла на себе Укрзалізниця. Після змінення логістичних шляхів контейнерні вантажі прямували до закордонних країн через європейські порти, і в першу чергу – це були порти Гданськ та Констанца. Змінились і маршрути контейнерних морських ліній.

Перевезення вантажів в контейнерах в 2023 році в експортному напрямку склали 124946 TEU, в імпортному – 37083 TEU, внутрішні – 38387 TEU, транзитні – 844 TEU. Стосовно номенклатури, то майже половина від всього обсягу експортних вантажів в контейнерах становили аграрні вантажі: зернові (49%), макуха (14%), олія (10%). Прокат чорних металів – 17%, решта – інші категорії вантажів. Асортимент перевезених в контейнерах товарів постійно розширюється. Лідерами операторів залізничних контейнерних перевезень стали державна компанія «Ліски», польська Laude, українські «Левада-Карго» і N'UNIT.

Вже влітку 2022 року запрацювали нові контейнерні термінали на західному кордоні України й Польщі, розширюється мережа терміналів і в центрі України. За 2023 рік Центром транспортного сервісу «Ліски» АТ Укрзалізниця надано послугу експедирування понад 35,5 тис. контейнерів.

Головними пріоритетами на поточний рік для операторів залізничних контейнерних перевезень – це збільшення парку контейнерів, фітингових платформ і розширення мережі контейнерних терміналів.

Але не тільки залізниця виконує контейнерні перевезення під час війни. На відміну від морських портів, де контейнерні термінали тимчасово були переобладнані для перевалки зерна, дунайські порти Рені та Ізмаїл відвантажували контейнери в експортному напрямку фідерними суднами через Дунай майже з початку війни. Контейнери фідерними суднами прямують в румунську Констанцу, а далі – перевантажуються на великі лінійні судна-контейнеровози. Імпорتنі товари потрапляють в Україну в зворотному напрямку таким же чином. Фідерний сервіс організували українська логістична компанія «Ітеріс» спільно з United Global Logistics й зі стивідорними компанія портів Рені та Ізмаїл (рис. 1).



Рисунок 1 – Маршрути перевезення контейнерних вантажів через дунайські порти України

Після початку блокування кордонів з Польщею вантажовласники і експедитори почали відмовлятися від доставки контейнерів у польські порти і змінювати логістичні маршрути.

Українське Дунайське пароплавання (УДП) розробило маршрути доставки контейнерів до дунайських портів Болгарії, Сербії, Угорщини, Словаччини, Австрії, Німеччини та до румунського порту Констанца (рис. 2).



Рисунок 2 – Альтернативні маршрути доставки контейнерів через Дунай

Крім перевезення компанія УДП забезпечує зберігання та перевалку в українських портах, організацію перевалки в портах вивантаження.

З самого початку функціонування морського коридору з портів Великої Одеси без участі росії минулого року зникла необхідність погодження переліку товарів, які доставляються, пророблялось питання відновлення маршрутів міжнародних контейнерних ліній. Це дозволить не тільки зменшити загальні логістичні витрати на доставку, а й дозволить розширити асортимент українських товарів з високою доданою вартістю на зовнішніх ринках, сприятиме збільшенню загальних обсягів експорту. Але з питань безпеки контейнерні перевезення не здійснювались.

Після тривалих перемовин з власниками контейнерних ліній попри великі ризики контейнерні перевезення наразі повертаються до портів Великої Одеси. З початку квітня фідерні контейнеровози під управлінням української компанії вже працюють на лінії, яка з'єднує порт Чорноморськ з турецьким портом Ялова та румунською Констанцею. В третій декаді квітня очікується прибуття контейнеровозу Pros Норе під прапором Панами з Китаю до порту Чорноморськ. Це дуже важлива подія для розвитку контейнерних перевезень та зміна стратегії у відповідь на складну ситуацію в Одеському регіоні.

Незважаючи на складні обставини, ринок контейнерних перевезень вантажів продовжує розвиватися як у загальному обсязі, так і в інвестиційній привабливості. Інтеграція українських логістичних маршрутів з Транс'європейською транспортною мережею сприяла цьому розвитку. На зміну традиційним маршрутам прийшли нові, що включають українські території як важливі транспортні вузли.

Одночасно, розвиток альтернативних маршрутів через дунайські порти виявився додатковим резервом для забезпечення логістичних потреб у важкі часи. Повернення контейнерних перевезень до портів Одеси засвідчує реалізацію стратегічних кроків для забезпечення стабільності та розвитку в складних умовах воєнного конфлікту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Центр транспортних стратегій. Контейнеризація вантажопотоків.  
[URL:https://cfts.org.ua/articles/konteynerizatsiya\\_vantazhopotokiv](https://cfts.org.ua/articles/konteynerizatsiya_vantazhopotokiv)
2. Центр транспортного сервісу «Ліски». Контейнерні перевезення.  
URL:  
[https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/intermodal\\_transportation/container/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/intermodal_transportation/container/)
3. Економічна правда. Україна повертає контейнерні перевезення суднами.  
[URL:https://www.epravda.com.ua/publications/2024/03/14/711166/](https://www.epravda.com.ua/publications/2024/03/14/711166/)
4. Аграрне інформаційне агентство Agravery. Новини: Логістика.  
[URL:https://agravery.com/uk/posts/show/](https://agravery.com/uk/posts/show/)

УДК 656.073:340

Васильєва Л.О.<sup>1</sup>, Острогляд О.О.<sup>2</sup>, Григоренко К.К.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> старш. гр. Т-323м НУ «Запорізька політехніка»

## РЕФОРМУВАННЯ МИТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ – ШЛЯХ ДО ЄС

Країни Євросоюзу мають спільну митну систему, яка функціонує за єдиним митним Кодексом, що сприяє уніфікації та спрощенню процедур переміщення експортно-імпортних товарів. Між країнами ЄС немає кордонів для переміщення європейських товарів на відміну від товарів, які експортуються за межі ЄС або імпортуються. Україна на шляху до вступу в ЄС потребує проведення реформ в різних державних органах управління.

Митна система Україна також знаходиться в стадії реформування, яке неможливо провести водночас. Адже необхідно не тільки прийняти певні законодавчі і нормативні документи, а треба щоб закладені в них положення виконувались.

Після початку повномасштабної війни реформування митної системи не призупинилось, а навпаки, після отримання Україною статусу кандидата на вступ до Європейського Союзу, спостерігаємо інтенсифікацію цих процесів.



В червні 2022 року було ратифіковано угоду про так званий «транспортний безвіз», що дозволило підвищити загальні обсяги перевезень вантажів автотранспортом. З 01.01.2023 р. почав діяти новий «Митний тариф», в якому товарну номенклатуру України приведено у відповідність до вимог сьомої редакції Гармонізованої системи опису та кодування товарів, якою користуються в ЄС. Це дозволило прискорити та спростити міне оформлення товарів.

В рамках програми з євроінтеграції з 1 жовтня 2022 року в Україні набрали чинність одразу дві Конвенції «Про процедуру спільного транзиту» та «Про спрощення формальностей у торгівлі товарами». Таким чином, Україна стала членом «митного безвізу» – електронної транзитної системи NCTS (New Computerized Transit System) для обміну інформацією між державами-учасниками в реальному часі. Приєднання до Конвенції є однією з обов’язкових умов для членства і ЄС. Конвенцією передбачено декілька транзитних спрощень: застосування загальної гарантії з можливістю суттєвого зменшення суми гарантії; використання пломб спеціального типу та можливість відправлення експортних або отримання імпорتنих товарів без участі митних органів для Авторизованих економічних операторів.

Участь в Конвенції передбачає централізоване користування ІТ-системами в країнах-учасниках (приклад: система для Авторизованих економічних операторів Customs Decision System).

Україна, як виняток, приєдналась до Конвенції із NCTS Фаза 4, переконавши європейських партнерів про технічну і практичну можливість це забезпечити. Адже застосування NCTS Україною розпочалося ще у 2020 році і пройшло три етапи: пілотний проект, національне застосування та міжнародне застосування вже з 01.10.2022). NCTS – одна з митних ІТ систем, які має запровадити Україна для вступу до ЄС. На рис. 1 показано основні результати функціонування NCTS Фаза 4 в Україні.



Рисунок 1 – Основні результати провадження NCTS Фаза 4 в Україні

ЄС переходить на модель митних даних EUCDM, яка відповідає моделі даних Всесвітньої Митної Організації (WCO Data Model). Україна

також впроваджує нову модель. З 22 квітня 2024 лише 12 країн-учасниць Конвенції, в тому числі і Україна, переходять до застосування оновленої транзитної системи. Всі правила і принципи застосування спільного транзиту та транзитні спрощення є актуальними та чинними. Змінюються деякі аспекти заповнення транзитних декларацій. Нова структура транзитної декларації NCTS Фаза 5 передбачає чотири рівня відомостей (рис. 2).



Рисунок 2 – Нова структура транзитної декларації NCTS Фаза 5

У 2024-2026 роках буде продовжено роботу над модернізацією наявних та відкриттям нових пунктів пропуску з країнами ЄС для впровадження в спільного митного та прикордонного контролю з країнами-сусідами. Спільний контроль мінімізує формальності на кордоні, одночасно здійснюються процедури українською та суміжною стороною під час однієї зупинки (рис. 3).



Рисунок 3 – Діючі пункти пропуску на кордоні України і Польщі

Організація спільних пунктів пропуску дає скорочення часу проходження митних та прикордонних процедур при перетині кордону та усунення корупційних ризиків, збільшується їхня пропускна спроможність пунктів пропуску для експорту продукції тощо.

Серед реформ, які вже впроваджено, можна зазначити також впровадження електронної черги на автомобільних пропуску для всіх типів автотранспортних засобів е-черга, яка запрацювала наприкінці 2022 року; відкриття нових пунктів пропуску. В планах – оснащення всіх пунктів пропуску сучасними сканерами та диджиталізація всіх процесів.

Реформування митної служби є одним з найважливіших процесів для вступу України в ЄС. Для цього приймаються нові та вносяться зміни в існуючі закони та угоди, адже це позитивно впливає на торговельні відносини з ЄС та спрощують процедуру митного оформлення. Всі проведені та плановані реформи направлені на покращення ефективності та прозорості в роботі митних органів та сприятимуть подальшому розвитку відносин України з Європейським Союзом.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Закон України «Про митний тариф України» від 19 жовтня 2022 р. № 2697-IX. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-20#Text>
2. Митний Кодекс України. Редакція від 14.01.2024 р. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17#Text>
3. Конвенція про процедуру спільного транзиту. Приєднання від 30.08.2022. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_001-87#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_001-87#Text)
4. Конвенція про спрощення формальностей у торгівлі товарами. Приєднання від 30.08.2022. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987\\_012#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987_012#Text)
5. Державна митна служба України. Спільний транзит (NCTS). URL: <https://customs.gov.ua/rezhim-spilnogo-tranzitu-ncts>

## ШВИДКОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У СУЧАСНОМУ ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

Для якісної організації дорожнього руху доволі часто необхідно мати уявлення про швидкості транспортних засобів в транспортному потоці. Через те, що на швидкість руху окремого транспортного засобу впливає доволі багато чинників, фактичні її значення є величинами випадковими [1].

Для будь-якої випадкової величини, її швидкість руху в цьому питанні не є виключенням, закон її розподілу може надати достатньо вичерпну інформацію.

Відомо, що розподіл швидкості вільного руху окремих автомобілів добре описується нормальним та гамма-розподілом [1]. Однак справедливність цього для опису розподілу швидкостей саме вантажних автомобілів потрібно перевірити шляхом виконання досліджень швидкостей їх руху.

Таблиця 1 – Розподіл швидкостей руху вантажних автомобілів

Інтервали швидкостей руху	Середина інтервалу $V_i$	Кількість значень $m_i$		Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$		Накопичена частість $F(V)$	
		ВР*	РП*	ВР*	РП*	ВР*	РП*
35-40	37,5		3		0,06		0,06
40-45	42,5		1		0,02		0,08
45-50	47,5	4	3	0,08	0,06	0,08	0,14
50-55	52,5	8	17	0,16	0,34	0,24	0,48
55-60	57,5	13	7	0,26	0,14	0,5	0,62
60-65	62,5	13	13	0,26	0,26	0,76	0,88
65-70	67,5	7	3	0,14	0,06	0,9	0,94
70-75	72,5	5	2	0,1	0,04	1	0,98
75-80	77,5		1		0,02		1

\* - ВР (вільний рух), РП (рух у потоці)

Дослідження проводились на рівній без ухилів ділянці траси Харків – Сімферополь, де фіксувалися швидкості руху вантажних автомобілів в двох режимах: при вільному русі та в транспортному потоці. Для кожного режиму було виконано 50 спостережень, обробка яких представлена в табл. 1.

Важливим є розподіл швидкостей руху за результатами обробки кумулятивних кривих, який наведений в табл. 2.

Таблиця 2 – Швидкісні характеристики вантажних автомобілів

Режим руху	Відсоток забезпечення швидкості			
	15	50	85	95
вільний	49,3	57,5	65,4	70,0
в потоці	47,2	53,5	62,0	71,2

Була виконана перевірка відповідності законам розподілу статистичних вибірок швидкостей вантажних автомобілів. Результати статистичної обробки швидкостей руху наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати статистичної обробки

Режим руху	Параметри			
	m, км/год*	$\sigma^*$	$\lambda^*$	K*
вільний	60,36	6,43	1,46	88,12
у потоці	57,33	8,03	0,89	50,97

\* - m (середнє значення швидкості, км/год),  $\sigma$  (дисперсія),  $\lambda, K$  (параметри гамма-розподілу)

За допомогою спеціального програмного забезпечення було виконано перевірку відповідності статистичних даних швидкостей руху вантажних автомобілів в різних умовах нормальному закону розподілу та гамма розподілу. На рис. 1 наведений приклад тесту відповідності розподілу швидкостей вантажних автомобілів при вільному русі нормальному закону.

За отриманими результатами перевірки можна вважати прийнятним з однаковою мірою достовірності як нормальний розподіл, так і гамма-розподіл. Отже, в подальшому можливо описувати рух сучасних вантажних автомобілів в потоці за допомогою представлення їх очікуваних вірогідностей у вигляді нормального закону розподілу або гамма-розподілу.

STATISTICA File Server  
 File Edit View Analysis Graphs Options Window Help  
 2. Columns Rows  
 Variable VAR1 ; distribution: Normal (new.sta)  
 NONPAR Kolmogorov-Smirnov d = ,0550392, p = n.s.  
 STATS Chi-Square: 4,421461, df = 3, p = ,2194254 (df adjusted)

	observed freq-cy	cumulatv observed	percent observed	cumul. % observed	expected freq-cy	cumulatv expected	percent expected	cumul. % expected	observed- expected
<=49,857	2	2	4,00000	4,0000	2,81031	2,81031	5,62062	5,6206	-,81031
53,7143	8	10	16,00000	20,0000	4,87521	7,68552	9,75043	15,3710	3,12479
57,5714	5	15	10,00000	30,0000	8,56282	16,24834	17,12563	32,4967	-3,56282
61,4286	15	30	30,00000	60,0000	10,99970	27,24804	21,99940	54,4961	4,00030
65,2857	8	38	16,00000	76,0000	10,33513	37,58318	20,67027	75,1664	-2,33513
69,1429	6	44	12,00000	88,0000	7,10256	44,68573	14,20512	89,3715	-1,10256
Infinity	6	50	12,00000	100,0000	5,31427	50,00000	100,00000	100,0000	,68573

Рисунок 1 – Приклад виконання розрахунків

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін.; за заг. ред. В.П. Поліщука. Київ: Знання України, 2012. 467 с.

УДК 656.1

Трушевський В.Е.<sup>1</sup>, Мартинов Д.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-311 НУ «Запорізька політехніка»

## ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПІД'ЇЗДУ РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

Застосування оперативних методів організації дорожнього руху в умовах великих міст часто є єдиним з числа доступних способів поліпшення дорожньо-транспортної ситуації.

Керування світлофорною сигналізацією за окремими напрямками регулювання суттєво збільшує частку ефективного часу у циклах світлофорного регулювання, проте жоден із дорожніх контролерів українського виробництва наразі не має технічної можливості проведення конфігурації режимів регулювання за окремими напрямками.

В усіх апаратах застосовується пофазний метод, хоча і доповнений можливістю програмування повних перехідних інтервалів та вибором переметрів додаткових тактів залежно від фаз регулювання, що завершуються та розпочинаються.

У таких умовах для збільшення пропускної здатності вузьких під'їздів до перехресть зі складним плануванням слід зважати на те, що

реальне значення величини потоку насичення змінюється протягом тривалості зеленого сигналу. Зменшення величини потоку насичення зумовлюється тим, що при роз'їзді реальної черги з транспортних засобів кожен наступний транспортний засіб розпочинає рух із запізненням, спричиненим витратою додаткового часу, який необхідний на реакцію водія. Таке явище максимально проявляється у транспортних потоках змішаного складу, де динамічні характеристики транспортних засобів сильно відрізняються, що зумовлює утворення додаткових часових інтервалів в перерізі стоп-лінії через неможливість для транспортних засобів високої вантажопідйомності розвинути таке саме прискорення, як і у легкових автомобілів.

На рис. 1 показано схему пофазового роз'їзду на перехресті вул. Іванова та просп. Моторобудівників у м. Запоріжжі, запроваджену у лютому 2024 р. з урахуванням вищенаведених принципів.

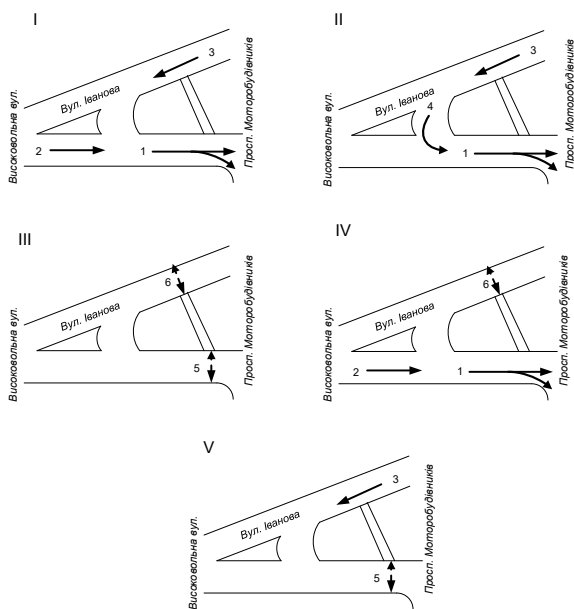


Рисунок 1 – Схема пофазового роз'їзду

Зважаючи на зазначене, максимальною метою є забезпечення безупинного руху на під'їзді до стоп-лінії. Таким чином, тривалості заборонних сигналів повинні бути недостатніми для утворення ударних хвиль на під'їзді. З цією метою фази регулювання, до яких включено напрями, що характеризуються низькою пропускну здатністю, слід

включати до структур світлофорних циклів кілька разів. Звичайно, така структура характеризуватиметься збільшенням втраченого часу за рахунок збільшення кількості перехідних інтервалів, проте, з урахуванням позитивного ефекту відсутності ударних хвиль, загальний вплив на пропускну спроможність стоп-лайнъ є позитивним.

В години-пік чургування фаз є таким: I - II - IV - V, а в міжпікові періоди I - II – III.

Шляхом відеоспостереження встановлено, що у 92% циклів запинку руху на відстані 50 м від перехрестя не відбується, а середня швидкість на відстані 100 м від перехрестя зросла у порівнянні із попереднім режимом регулюванням у 2,1 рази.

Застосування зазначеного режиму регулювання дозволило ліквідувати суцільний затор на ділянці вул. Іванова від Кругової вул. до просп. Моторобудівників, а також застосувати координоване світлофорне регулювання по вул. іванова від просп. Моторобудівників до вул. Карпенка-Карого. Завдяки кращому насиченню рухом цієї ділянки вул. Іванова, використання викличного координованого режиму регулювання на пішохідному переході в районі вул. Фонвізіна стало економічно доцільним. Наразі проводяться дослідження щодо оцінки впливу нового режиму регулювання та наявності кординацію на дорожньо-транспортну аварійність по вул. іванова.



## СЕКЦІЯ «ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ»

УДК 629.735

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Коробчук Н.С.<sup>2</sup>, Сухонос Р.Ф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-411 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

### АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ РОСІЙСЬКОГО БПЛА «ОРЛАН-10»

«Орлан-10» – багатоцільовий безпілотний літальний апарат (БПЛА), призначений для ведення спостереження за протяжними і локальними об'єктами у важкодоступній місцевості, виробництва ТОВ «Спеціальний технологічний центр» (Санкт-Петербург, Росія). На даному БПЛА як силову установку використано двигун внутрішнього згорання[1].

Після вторгнення путінської росії в Україну, наші воїни встигли ознайомитись із збитими надсучасними зразками БПЛА (рисунок 1).



Рисунок 1 – Збитий російський БПЛА Орлан-10 [2]

Серед наявних складальних одиниць «Орлан-10», російського виробництва майже немає. Абсолютно всі електронні пристрої на борту цього БПЛА виготовлено з імпортованих мікросхем та чипів, зокрема:

- модуль [GPS](#) виробництва КНР, мікросхеми маркування HC4060 2H7A201 та STC 12LE5A32S2 35i;
- стартер-генератор PTN78020 виробництва Texas Instruments Incorporated (США);
- двигун внутрішнього згоряння виробника Saito (Японія) разом з модулем запалювання 4,8...9 В, 500 мА;
- польотний контролер на мікросхемі STM32F103 QFP100 французько-італійського виробника мікроелектроніки STMicroelectronics;
- датчики тиску повітря реалізовані в мікросхемах MPXA4115A і MPXV5004DP американської компанії Freescale Semiconductor;
- також на літальному апараті встановлений датчик-компас HMC6352 американської компанії Honeywell;
- модуль передачі телеметрії працює в діапазоні 902...928 МГц.

Управління модулем реалізоване на базі мікроконтролера ATmega256A3 американської компанії Microchip;

- підсилювач передавача RF3110 німецької компанії Municom;
- приймач-передавач DP1205-C915 німецької компанії AnyLink;
- антена – 2/3 класичний чвертьхвильовий диполь на 915 МГц, вертикальна поляризація, встановлена у хвостовій порожнині;
- GPS-модуль реалізований на базі GLONASS, GPS і QZSS приймача LEA-6N швейцарської компанії u-blox в парі з російським МНП-М7 (побудований на мікросхемі ADSP-BF534 американської компанії Analog Devices).

Детальніше розглянемо 1-циліндровий 4-тактний двигун внутрішнього згоряння моделі Saito FG-40, який використовуються на цих БПЛА (рисунок 2).



Рисунок 2 - 4-х тактний двигун Saito FG-40 [3]

Характеристики двигуна:

- робочий об'єм двигуна: 40,21 см<sup>3</sup>;
- діаметр циліндра: 40 мм;
- хід поршня: 32,0 мм;
- загальна вага: 1440 г;
- вага (без глушника та запалювання): 1250 г;
- вага глушника: 84 г;
- частота обертання колінчастого валу: 1700...9000 хв<sup>-1</sup>;
- потужність: 3,9 к.с при частоті обертання 8300 хв<sup>-1</sup>;
- діапазон пропелерів: 18х8...21х8.

Хоча російська пропаганда називає цей дрон «унікальним винаходом російських конструкторів», власне російських деталей в ньому вкрай мало, фактично лише планер. Електроніка здебільшого китайська, двигун японський, модуль навігації GPS виробництва КНР, у США виготовлені датчики контролю польоту, а матриця камери – французька. Іноді трапляються також елементи ізраїльського виробництва. Це означає, що під реально діючими санкціями масово створювати БПЛА такого типу Росія не зможе.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Орлан-10 [Електронний ресурс]. – Сайт «Вікіпедія». – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Орлан-10>
2. Рядинська, А. Передові технології другої армії світу»: російський БПЛА «Орлан-10 [Електронний ресурс] / А. Рядинська. – Сайт «Армія inform». – 2022. – Режим доступу: <https://armyinform.com.ua/2022/04/12/peredovi-tehnologiyi-drugoyi-armiyi-svitu-rosijskyj-bpla-orlan-10/>
3. Кузнецов, М. Російський БПЛА “Орлан-10” складається з деталей виробництва США та інших країн — фото звіт [Електронний ресурс] / М. Кузнецов, Р. Бурко. – Сайт «Infom Napalm». – 2018. – Режим доступу: <https://informnapalm.org/ua/42114-rosijskyj-bpla-orlan-10/>

## ВПЛИВ АТМОСФЕРНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НА РОБОТУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Умови експлуатації двигунів внутрішнього згоряння починають погіршуватися, коли температура навколишнього повітря стає нижчою від  $-5^{\circ}\text{C}$ . Низька температура навколишнього середовища ускладнює роботу акумулятора, який не в змозі забезпечити струм, необхідний для запуску двигуна, а моторна олива, що загущується, ускладнює обертання деталей. Також змінюються властивості палива та охолоджуючої рідини, створюючи несприятливі умови для роботи двигуна. Потужність двигуна знижується, а питома витрата палива зростає. При зниженні температури охолоджуючої рідини з  $80^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$  знос деталей двигунів збільшується на 30 %, а при зниженні до  $40^{\circ}\text{C}$  – на 140 %.

При низьких температурах зростає в'язкість палива, що погіршує сумішоутворення через погане розпилення, ускладнює його проходження паливопроводами та через паливні фільтри. Погіршується процес займання і горіння, що знижує потужність і економічність, конденсуються залишки палива, що не випарувалося, які змивають шар оливи. Крім того, фільтруючі елементи і паливопроводи забиваються частинками льоду і парафіну, що виділяються з дизельного палива.

Робота двигуна в зниженому тепловому режимі (нижче  $75^{\circ}\text{C}$ ) викликає підвищене корозійні зношування, виникає небезпека замерзання води, що може призвести до руйнування радіатора, блоку циліндрів, головки блоку циліндрів та інших деталей. Дія термостата сприятливо позначається на роботі двигуна в зимових умовах, коли він у 5...6 разів скорочує час прогріву двигуна та у 7...8 разів зменшує. На радіатор і капот двигуна рекомендується надягати чохол. Обшивку чохла для утеплювального капота роблять з дерматину, клейонки або щільної тканини.

Підвищується в'язкість оливи в картері (до застигання), у фільтрі, а також на поверхні ряду деталей. Таке підвищення в'язкості призводить до додаткових втрат потужності на перемішування дуже густої оливи. Утрудняється прокручування колінчастого валу при пуску дизеля і погіршується режим змащення тертьових поверхонь, прискорюється їх знос.

Екстремальна спека наближає двигун до перегріву, тому система охолодження має бути дуже ефективною. Зі зростанням температури

навколишнього повітря потужність двигуна знижується, а питома витрата палива підвищується.

Зростання температури палива (яка часом досягає в головці насоса  $85^{\circ}\text{C}$ ) впливає на його основні фізичні властивості – щільність та в'язкість. Зниження густини викликає зменшення масової подачі палива в циліндри двигуна. Знижена в'язкість палива також зменшує подачу за рахунок збільшення кількості палива, перетікаючого через зазори в плунжерних парах і зменшується дроселювання при відсіканні палива при відкритті перепускного отвору в плунжері паливного насоса. Наприклад, при підвищенні температури палива з  $20^{\circ}\text{C}$  до  $90^{\circ}\text{C}$  його годинна подача зменшується з 8 кг/год до 7,52 кг/год.

Двигун отримує тепло не тільки від навколишнього повітря, а й від дорожнього покриття, яким переміщається автомобіль. У двигуні з'являється додаткова теплота, яку потрібно відводити. При підвищенні температури охолоджуючої рідини, зменшується подача помпи системи охолодження і при порушенні нормальної дії системи охолодження можливий перегрів двигуна.

При підвищеній температурі відбувається зниження в'язкості оливи, що веде до підвищеного зношування ДВЗ. При подальшому перегріві олива окислюється інтенсивніше і її в'язкість підвищується (внаслідок збільшення кількості високомолекулярних вуглеводів), що знижує ККД двигуна.

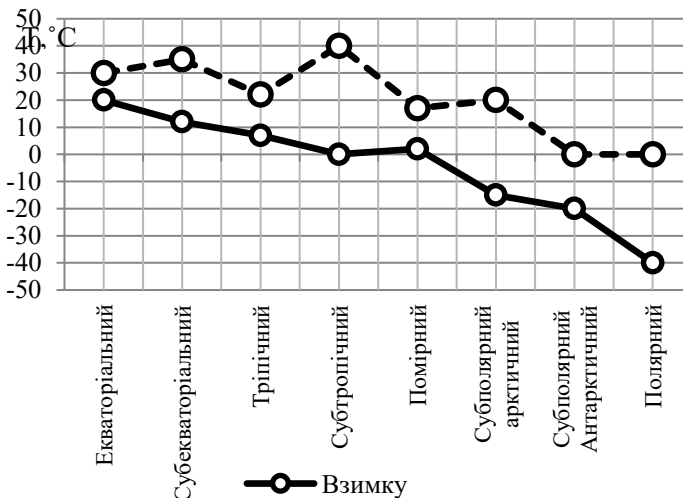


Рисунок 1 – Залежність атмосферної температури повітря від кліматичного поясу

Клімат у різних точках Земної кулі відрізняється (див. рис. 1). Також великий вплив на особливості клімату має близькість моря, циркуляція атмосфери, режим випадання опадів та інші так звані «кліматотворюючі фактори».

Підвищене значення температури на впуску знижує економічність циклу по причині збільшення теплоємності робочого тіла і дисоціації кінцевих продуктів згорання. Низька температура повітря на впуску (менше 10 °С) негативно впливає на процеси випаровування палива та сумішоутворення. При високій температурі (70...80 °С) погіршується наповнення циліндрів.

За реальних умов експлуатації підвищення температури повітря на впуску сприяє кращому випаровуванню палива, тобто, сумішоутворенню. Завдяки цьому збільшується швидкість розповсюдження пламеню при згоранні, а разом з цим, і потужність.

Встановлено, що дизелі працюють при безперервно змінних атмосферних умовах. Підвищення температурного режиму призводить до зниження потужності двигуна і збільшенню витрати палива, створює несприятливі температурні умови для вузлів та агрегатів.

УДК 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Зайцев М.П.<sup>2</sup>, Сухонос Р.Ф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-412сп НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

## **ВОДНЕВИЙ ГІБРИДНИЙ ДВИГУН FERRARI**

У 2024 році компанія Ferrari отримала патент на гібридний автомобіль з незвичною силовою установкою, в якій двигун внутрішнього згорання, що живиться воднем, перевернутий знизу вверх (рисунок 1).

Одна з причин, через яку інженери Ferrari перевернули двигун, полягає в конструкції паливного бака. Чотири резервуари, кожен із яких здатний вмістити газоподібний водень під тиском понад 69 МПа, із двома сферичними резервуарами з боків двигуна. Два інших бака мають циліндричну форму і розташовуватимуться над двигуном, при цьому більш довгий з двох баків розташовуватиметься попереду задніх коліс. Колінчастий вал знаходиться в найвищій точці двигуна, а головка блоку циліндрів – прямо над дорогою.

Основна причина відсутності перевернутих двигунів у серійних автомобілях – очевидно, що гравітація. Обмежуючим фактором є не

впорскування палива – ці системи мають достатній тиск і досить короткий робочий цикл, тому проблемою є не гравітація, а система мащення. У звичайній системі мащення з мокрим картером, внаслідок сили тяжіння олива зливається вниз у масляний піддон, а насос забезпечує її циркуляцію.

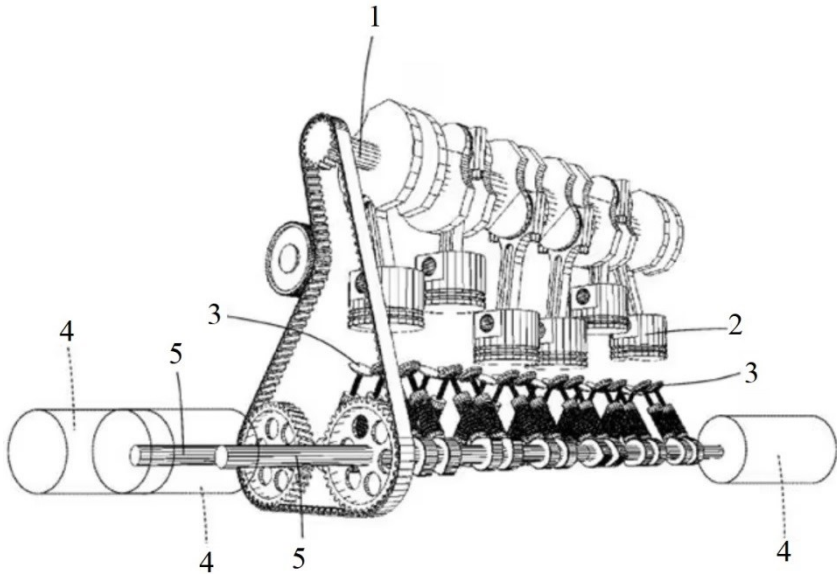


Рисунок 1 – Перевернутий рядний 6-циліндровий двигун Ferrari [1]  
1 – колінчастий вал; 2 – поршень; 3 – клапани; 4 – масляний насос; 5 – розподільний вал

Технічним рішенням є система мащення з сухим картером під тиском, а конкретне рішення Ferrari рядного 6-циліндрового двигуна – це три масляні насоси (показані на рисунку 1). Один насос створює тиск в системі мащення. Інші два насоси з'єднані з двигуном через розподільні вали, всмоктують оливу та направляють її в окремий масляний бак. Насос для подачі охолоджуючої рідини також приводиться від розподільних валів.

У патенті Ferrari також закладено дві дуже цікаві ідеї, що стосуються трансмісії та системи газотурбінного наддуву. Трансмісія – 7-ступінчаста автоматична коробка передач з подвійним зчепленням. Перевернуте положення двигуна дозволяє розмістити КПП у верхньому положенні двигуна, і це дозволяє встановити дуже особливий дифузор в задній частині автомобіля, завдяки чому вдалось значно покращити

аеродинамічні властивості автомобіля та зменшити колісну базу. Незвичайно те, що вузол подвійного зчеплення не кріпиться до двигуна, натомість вхідний вал коробки передач безпосередньо з'єднується з колінчастим валом двигуна.

Два відцентрових нагнітача приводяться в дію від трансмісії, щоб розкручувати ротори до  $100\,000\text{ хв}^{-1}$ , також передбачена можливість приєднання до нагнітачів електродвигуни для вироблення електроенергії, розкрутки та управління наддувом. Розташування нагнітачів забезпечує оптимальний шлях для повітря та знижує втрати тиску.

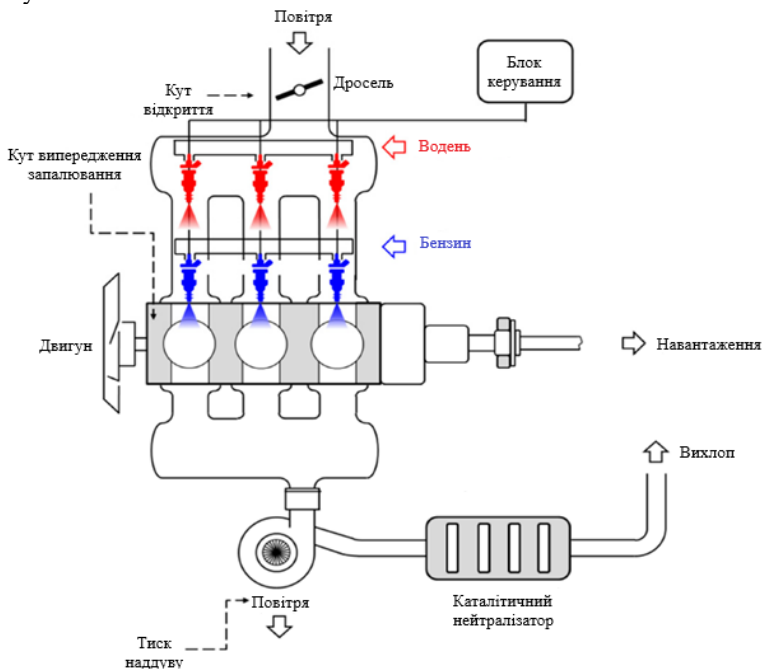


Рисунок 2 – Схематичне компонування силової установки та ілюстрація основних параметрів керування [2]

Хоча перевернутий двигун міг викликати побоювання щодо його працездатності, компанія пропонує вирішення можливих проблем. Всі масляні насоси та насос охолоджуючої рідини розміщуються в нижній частині двигуна, що знижує центр ваги та забезпечує легкий доступ для технічних фахівців. Крім того, частина дифузора служить кришкою двигуна, її можна зняти та отримати доступ до важливих компонентів.



Таким чином, в компанії Ferrari розробили інноваційний водневий гібридний двигун внутрішнього згоряння, перевернувши який, претендують на певний прорив у автомобільній промисловості. Таке рішення сприяє оптимізації аеродинамічних характеристик та розподілу ваги, що є критично важливим для спортивних автомобілів. Перевернута конфігурація також забезпечує місце для водневих баків, сприяє поліпшенню керованості та маневреності автомобіля завдяки короткій колісній базі.

Застосування водневого палива в перспективі може зменшити залежність від нафтових ресурсів, викиди CO<sub>2</sub>, що робить двигун привабливим варіантом для автовиробників у пошуках «екологічно чистих» рішень. Розробка водневих технологій може також допомогти компанії Ferrari в збереженні конкурентоспроможності в умовах зростаючих вимог до екологічних стандартів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Banner, J. Ferrari Patents a Strange Hybrid Hydrogen Car With an Upside-Down Engine [Електронний ресурс] / J. Banner. – Сайт «MotorTrend». – Режим доступу: <https://www.motortrend.com/news/ferrari-patents-a-strange-hybrid-hydrogen-car-with-an-upside-down-engine/>

2. Irimescu, A. Conversion of a Small-Size Passenger Car to Hydrogen Fueling: Simulation of CCV and Evaluation of Cylinder Imbalance [Текст] / A. Irimescu, B. M. Vaglieco, S. S. Merola, V. Zollo, R. De Marinis // Machines. – 2023. – № 11(2). – P. 135 doi:10.3390/machines11020135

3. Holderith, P. Ferrari Wants to Build an Upside-Down, Hydrogen, Twin-Supercharged Inline-Six [Електронний ресурс] / P. Holderith. – Сайт «motor1.com». – 2024. – Режим доступу: <https://www.motor1.com/news/713952/ferrari-hydrogen-hybrid-supercar-patent/>

УДК 621.432.4

Slynko G.<sup>1</sup>, Sukhonos R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctor of Technical Science, professor NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

<sup>2</sup> senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

## METHODS FOR IMPROVING 2-STROKE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Two-stroke internal combustion engines (ICE) successfully competed with 4-stroke ICE for a long time, as they have 1.3...2 times higher liter

capacity. However, the use of 2-stroke engines these days is hindered by higher fuel consumption and worse environmental performance (mainly hydrocarbon emissions). And both of these factors are caused by the peculiarities of the work process of 2-stroke internal combustion engines [1].

There are several promising directions for increasing the efficiency and environmental friendliness of 2-stroke internal combustion engines.

1) Emissions of hydrocarbons in the exhaust gases can be reduced by directing part of the exhaust gases containing a certain quantity of unburned fuel back to the cylinder. This can be implemented in two ways. First, using resonance phenomena in the exhaust system. In the simplest design, the exhaust system of a 2-stroke engine is a double truncated cone, in which, due to the resonance effect of pulsating exhaust gases, part of these gases returns to the combustion chamber [2]. Adjusting the size of the elements of the exhaust system allows to make this process effective in a wide range of engine revolutions.

The second method – recirculation of part of the exhaust gases – is implemented through an additional recirculation channel that connects the exhaust channel with the crank chamber. When this recirculation channel is opened, which is carried out by changing the position of the piston, part of the exhaust gases flows to the crank chamber, and then enters the cylinder again.

The use of these measures allows to reduce the specific consumption of fuel up to 10...12 % [1].

2) One of the most effective and at the same time the most expensive solutions – direct fuel injection into the cylinder at a time precisely calculated by the electronic control unit taking into account the real engine temperature, throttle position, crankshaft rotation angle, atmospheric pressure [3]. Direct injection allows to feed finely atomized fuel into compressed air at a time when the intake channel is already closed by the piston. The main disadvantage of direct injection systems is their increased cost due to the complexity of the design.

A simpler system is distributed injection, in which fuel is injected into the blow-by or into the intake inlet. In such systems, the fuel pressure is reduced (usually about 0.3 MPa), but the number of engine parts is still approximately the same as in direct injection systems. Compared to carburetor engines, intake resistance is reduced, and due to finer atomization of fuel, the composition of the air-fuel mixture approaches stoichiometry, a faster change in the composition of the mixture during transient modes is ensured, and cold start-up is facilitated [1].

3) Currently, the most promising way to improve the economic and environmental properties of 2-stroke ICE is the organization of layer-by-layer introduction of fresh charge. At the beginning of scavenging, air (or a very lean

fuel-air mixture) first enters the cylinder, and only then a fuel-air mixture of the required (or enriched) mixture is supplied. Layer-by-layer mixture formation is carried out by most engine manufacturers using injection systems [3]. In Husqvarna X-Torq, and Stihl 2-MIX engines, air and the ready fuel-air mixture are supplied to the cylinder through different channels. In these engines, the purge air does not come into contact with gasoline and engine oil before entering the cylinder, which ensures a reduction of hydrocarbon emissions by up to 75 %. And accurate and timely cut-off of the flows of exhaust gases, air, fuel-air mixture by the piston ensures an improvement in the effective performance of the engine by up to 20 % [1].

## REFERENCES

1. Слинько, Г. І. Аналіз напрямків покращення економічності та екологічності 2-тактних двигунів внутрішнього згорання [Текст] / Г. І. Слинько, Р. Ф. Сухонос, В. В. Слинько // Інноваційні аспекти розвитку автомобільного транспорту України : Міжнарод. наук.-практ. конф., 16-18 травня 2023 р. : Тези доповідей. – Кам'янське : ДДТУ, 2023. – С. 123–125.
2. Слинько, Г. І. Дослідження впливу резонансного наддуву бензинового двотактного двигуна на його ефективні і екологічні характеристики [Текст] / Г. І. Слинько, В. П. Лук'яненко // Тиждень науки – 2015 : зб. тез доп. наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, асп.ів, студентів ЗНТУ. В 5 т. Т. 1. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. – С. 210.
3. Корогодський В. А. Наукові основи перспективних робочих процесів двигунів з іскровим запалюванням при внутрішньому сумішоутворенні : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03 / Корогодський Володимир Анатолійович. – Харків, 2018. – 499 с.

УДК 691.714.018.8

Євсєєва Н.О.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **КОРОЗИЙНА ТА ЖАРОСТІЙКІСТЬ СТАЛЕЙ В УМОВАХ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Сучасний розвиток металургійної промисловості в Україні та за кордоном звертає увагу дослідників до розробки корозійностійких сталей, а також висуває високі вимоги для досягнення високих

антикорозійних, механічних властивостей при економічному введенні до складу легуючих елементів, особливо нікелю.

Корозійностійкі сталі та сплави є найважливішим конструкційним матеріалом. Залежно від легування корозійностійкі сталі поділяються на хромисті, хромонікелеві, хромомарганцево-нікелеві та хромомарганцеві. До корозійностійких сталей відноситься велика група матеріалів, що містять 12 % Cr і більше, а також додатково легуваних такими елементами як нікель, молібден, мідь, кремній, титан, ніобій, азот та деякими іншими. У структурі більшості сталей можуть спостерігатися такі фази, як нітриди, карбіди, інтерметаліди,  $\sigma$ -фаза. Важлива характеристика корозійностійких сталей - величина межі плинності за високих температур.

Одне з основних призначень корозійностійких сталей – зварні конструкції, деталі машин та обладнання, апарати, що працюють в умовах впливу агресивних середовищ. Сьогодні на ринках України та за кордоном є нові марки нержавіючих сталей аустенітного, феритного та двофазного класів (дуплекс сталі), які мають високі корозійні та технологічні властивості. Нижче наведено короткий огляд основних тенденцій розвитку цих груп сталей.

Аустенітні сталі, в яких завдяки певній кількості аустенітоутворювальних елементів, створюється аустенітна структура, що має необхідну стійкість. При вмісті достатньої кількості нікелю 18 % хромиста сталь переходить в аустенітний стан у всьому діапазоні температур, що забезпечує кращі механічні властивості, меншу схильність до зростання зерна, а також робить сталь більш корозійностійкою. Найбільш широке застосування знайшли, як відомо, саме хромонікелеві аустенітні сталі, при співвідношенні хрому та нікелю 18 % Cr та 8...15% Ni. Аустенітний стан сплавів 18 % Cr та 8...15% Ni залежно від коливання складу може бути стійким та нестійким.

В останні роки розроблені безнікелеві корозійностійкі метастабільні сталі аустенітного, аустенітно-мартенситного та аустенітно-феритного класів. Найбільший недолік аустенітних хромонікелевих сталей - це схильність до хлоридного розтріскування, тобто руйнуванню в гарячих хлоридних розчинах.

Увага зарубіжних досліджень спрямована на розробку аустенітних корозійностійких сталей зі зниженим вмістом нікелю та безнікелевих з підвищеним вмістом марганцю та добавками азоту та міді.

Сталь 03X17N3Г9МБДЮч призначена для роботи в умовах підвищених температур до 1050 °С. Жаростійкість сталі 03X17N3Г9МБДЮч забезпечується низьким вмістом вуглецю до 0,03 %, достатньою концентрацією хрому 17%, невеликою кількістю ніобію та

молібдену. Визначення опору металу окисленню в газовому середовищі сталей 03X17H3Г9МБДЮч, 03X15НГ8ФДч, 04X18ч і 12X18Н10Т відповідно до ГОСТ 2419-90, ГОСТ 6130-70. Температуру випробувань встановлювали в залежності від умов експлуатації реторт магнієтермічного виробництва титану.

Дослідження поведінки матеріалів в умовах агресивного середовища технологічного процесу отримання титану показали, що на останніх циклах експлуатації реторт деформація збільшується, що у свою чергу сприяє збільшенню швидкості перебігу корозії. Сталь 03X17H3Г9МБДЮч стійка в умовах агресивного середовища технологічного процесу магнієтермічного виробництва титану і є перспективним альтернативним матеріалом для заміни хромонікелевих сталей.

УДК 93:621.43.016

Євсєєва Н.О.<sup>1</sup>, Рясненко Б.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. М-213сп НУ «Запорізька політехніка»

## **ІСТОРИЯ РОЗВИТКУ ТЕПЛОТЕХНІКИ**

Теплотехніка – наука, яка вивчає методи отримання, перетворення, передачі та використання теплоти, а також принципи дії та конструктивні особливості теплових машин.

Теплота використовується у всіх сферах діяльності людини з давніх часів. Для встановлення найбільш раціональних способів використання теплоти, економічності робочих процесів теплових машин та створення нових найбільш досконалих типів теплових агрегатів необхідні теоретичні основи теплотехніки.

Розрізняють два принципово різних напрями використання теплоти – енергетичний та технологічний. При енергетичному використанні теплота перетворюється на механічну роботу, за допомогою якої в генераторах створюється електрична енергія, зручна для передачі на відстань. Теплоту при цьому одержують спалюванням палива в котельних установках або безпосередньо в двигунах внутрішнього згоряння. При технологічному використанні теплота використовується для спрямованої зміни властивостей різних тіл (розплавлення, затвердіння, зміни структури, механічних, фізичних, хімічних властивостей).

Теоретичними розділами теплотехніки є технічна термодинаміка та основи теорії теплообміну, в яких досліджуються закони збереження та перетворення теплової енергії і процеси поширення теплоти.

Першу фундаментальну працю з теорії теплотехніки «Роздуми про рушійну силу вогню і машини, здатні розвивати цю силу» видав 1824 р. французький інженер Саді Карно (1796–1832). Він передбачив, що тепловим машинам «суджено зробити великий переворот у цивілізованому світі», і поставив за мету визначити причини їх недосконалості. У своїй праці Карно заклав основи термодинаміки, оскільки там містилися і обидва початки термодинаміки, і її основні поняття, і ідеальний цикл теплових машин та інші важливі положення.

Робота Карно пройшла майже непоміченою. І лише через 10 років, після видання «Мемуари про рушійну силу теплоти» Б. Клапейрона, вона стала майже сенсацією. Клапейрон «переклав» її на математичну мову, розкривши великий зміст цієї праці, і першим застосував графічний метод дослідження роботи теплових машин – метод циклів.

У 1845–1847 роках працями Р. Майєра, Д. Джоуля, Г. Гельмгольца остаточно формулюється закон збереження та перетворення енергії. Недовіра до нового закону (названого першим початком термодинаміки) швидко розсіювалося завдяки працям В. Томсона (лорда Кельвіна), Р. Клаузіуса, У. Ренкіна та ін. У 1853 р. Томсон дає перше точне визначення енергії. Клаузіус формулює вже на основі механічної теорії тепла два початки термодинаміки. У 1855–1865 рр. вводяться поняття оборотних та незворотних процесів та ентропії (Клаузіусом) – величини, зростання якої в незворотних процесах характеризує ту частину енергії тіл, яка не може бути перетворена на роботу, а розсіюється у вигляді теплоти. Австрійський фізик Л. Больцман, один із творців молекулярно-кінетичної теорії газів, довів, що закон зростання ентропії не застосовується до Всесвіту, де діють динамічні закони. Д. У. Гіббс зробив чималий внесок і в класичну термодинаміку, розробивши метод потенціалів, встановивши правило фаз та ін.

Так було закладено фундамент термодинамічного методу та розпочалася розробка його додатків, насамперед до теорії теплових машин.

Інша гілка теорії теплотехніки – теорія тепломасообміну – сягає своїм корінням у праці Г. Галілея та І. Ньютона. Останній ще 1701 р. встановив закон конвективного теплообміну. У 1822 р. Ж.-Б. Фур'є видає «Аналітичну теорію теплопровідності», вважаючи, що він навів теорію теплообміну у такий стан, у якому було наведено механіка працями І. Ньютона. Проте цього знадобилося ще понад сто років. І лише сучасні вчені розвинули теорію теплообміну до закінченої системи.

В сучасному світі основними енергетичними проблемами якого є: відтворення ядерного палива, використання поновлюваних енергоресурсів, підвищення енергетичної ефективності всіх типів енергоспоживаючих ресурсів.

Перша згадка про використання «рушійної сили вогню» відноситься до I ст. до н.е., коли Герон Олександрійський побудував безліч різних парових машин-іграшок, вершиною яких був прообраз реактивно-турбінного двигуна Еолопіл (Еол – бог вітру; тоді вважали, що вода при нагріванні перетворюється на повітря), і зробив спробу дати теоретичне пояснення їхнього робочого процесу.

Тільки в XVII–XVIII вв. – в період промислової революції, на початку розвитку основних галузей виробництва (металургія, машинобудування та інші) викликало гостру потребу у значно сильніших і зручніших силах, ніж сили м'язів, води та вітру, погляди знову звернулися до «рушійної сили вогню». Найбільш древнє застосування сили пара приписується Архімеда, який, за словами Леонардо да Вінчі винайшов парову гармату. Наука тоді відставала від практики і винахідники просувалися вперед «на дотик». У 1681 р. помічник видатного фізика Х. Гюйгенса лікар і механік Д. Папен винаходить паровий котел, з запобіжним клапаном, що дозволяє регулювати тиск пари.

Папен у 1698 р. вперше дав правильний термодинамічний опис процесів у циліндрі своєї машини, але ні йому, ні іншим винахідникам не спало на думку розділити ці процеси по різних агрегатах, що відразу підвищило б її ефективність і вирішило проблему створення універсального двигуна.

Дж. Уатт у 1769 р. створив перший універсальний паропоршневий двигун та отримав патент на вдосконалення ньюкоменівської водопідійомної машини: відділення конденсатора від циліндра та використання як рушійної сили замість атмосферного тиску пружності пари, що подається зверху поршня.

Кількість винаходів різних типів двигунів швидко зростає, пропонується чимало «вічних двигунів». Далі шлях людської думки веде до створення теплових двигунів із газоподібним робочим тілом — газових двигунів

У 1801 р. француз Ф. Лебон патентує поршневий двигун, що працює на горючих газах від сухої перегонки деревини із запалюванням їх електричною іскрою та згорянням усередині циліндра. У 1805 р. швейцарець І. Ріваз пропонує двигун на водні. У 1816 р. англійський священник Р. Стірлінг отримує патент на універсальну теплову машину.

У 1824 р. основоположник термодинаміки С. Карно передбачає робочий цикл чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ).

І лише 1877 р. німецький винахідник-комерсант Н. Отто створює, нарешті, чотиритактний ДВЗ з іскровим запаленням і ККД 16...20%. У 1892–1897 р.р. німецький інженер Р. Дизель розробляє компресорний із запаленням від попередньо сильно стисненого в циліндрі повітря ДВЗ, що виявився найбільш економічним. У 1904 р. Г. В. Трінклер створює менш громіздкий і ще економічніший безкомпресорний дизель. У 1884 р. англієць Ч. Парсонс патентує парову реактивну багатоступеневу турбіну. У 1889 р. шведський інженер Г. Лаваль отримує в Англії патент на сопло, що розширюється, що дозволяє на відміну від звужується перетворювати на кінетичну енергію потоку високої перепади тиску пари.

Так у XIX ст. закладаються основи теплоенергетики, у XX ст. паротурбінні двигуни поступово витісняють усі інші в електроенергетиці будуються парогазотурбінні двигуни. На транспорті застосовуються всі типи теплових двигунів: на судах – паро- та газотурбінні, ДВЗ; в авіації – турбореактивні та реактивні; на автотранспорті, на будівельних, дорожніх та сільськогосподарських машинах (включаючи трактори) – ДВЗ.

УДК 93:621.22

Євсєєва Н.О.<sup>1</sup>, Герич С.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. ІФ-112 НУ «Запорізька політехніка»

## ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ГІДРАВЛІКИ

Гідравліка є однією з найстаріших наук в світі. Вчені дослідили, що ще за 5000 років до нашої ери в Китаї, а потім в інших країнах світу знайдені різні описи та креслення гідравлічних споруд. Все це будувалось природньо на підставі практичних здобутків та спостережень.

Слово «гідравліка» грецького походження – *hydōr* (вода) і *aulos* (труба). В даний час питання, що вивчаються в гідравліці, охоплюють рух води не тільки по трубах, а й у відкритих руслах (каналах, річках), в різних водопровідних, водовідвідних (каналізаційних) і гідротехнічних спорудах, рух ґрунтових вод, а також рух інших рідин в трубопроводах і спорудах.

Використання гідравлічної енергії відносяться до Месопотамії та стародавнього Єгипту, де зрошення використовувалося з 6-го тисячоліття до нашої ери, а водяні годинники використовувалися з початку 2-го тисячоліття до нашої ери. Інші ранні приклади водної енергії включають систему Канат у стародавній Персії та водну систему Турпан у стародавній Центральній Азії. Перській імперії перси



побудували складну систему водяних млинів, каналів і дамб, відому як історична гідравлічна система Шуштар. У Стародавньому Китаї були Суньшу Ао (6 ст. до н. е.), Сімень Бао (5 ст. до н. е.), Ду Ши (приблизно 31 р. н. е.), Чжан Хен (78–139 рр. н. е.) і Ма Цзюнь (200–265 рр. н. е.), тоді як середньовіччя У Китаї були Су Сун (1020–1101 рр. н. е.) і Шень Го (1031–1095 рр.). Ду Ши використовував водяне колесо для приводу в дію міхів доменної печі, що виробляла чавун. Чжан Хен був першим, хто застосував гідравліку для забезпечення рушійної сили обертання армілярної сфери для астрономічних спостережень.

У I століття нашої ери в Римській імперії були розроблені гідравлічні системи, включаючи громадське водопостачання, незліченні акведуки, водяні млини та гідравлічний видобуток. Вони були одними з перших, хто використовував сифон для транспортування води через долини, і використовував шумування у великих масштабах для пошуку та видобутку металевих руд.

Під час ісламського Золотого віку та Арабської революції (8–13 століття) інженери широко використовували гідроенергію, а також енергії припливів і великих гідравлічних фабричних комплексів. До 11-го століття в кожній провінції ісламського світу ці промислові заводи були в експлуатації, від Аль-Андалуса та Північної Африки до Близького Сходу та Центральної Азії. Також вони використовували водяні турбіни, зубчасті механізми у водяних млинах і водопідйомних машинах, а також дамби як джерело водяної енергії, для забезпечення додаткової енергії водяних млинів і водопідйомних машин.

Перші наукові згадки до вирішення гідравлічних задач відносять до 250 року до н.е., коли Архімедом був відкритий закон про рівновагу тіла, зануреного в рідину. Проте формування гідравліки як науки починається з середини 15 ст., коли Леонардо да Вінчі лабораторними дослідженнями поклав початок експериментальному методу в гідравліці. В 16–17 ст. С. Стевін, Г. Галілей і Б. Паскаль розробили основи гідростатики як науки, а Е. Торрічеллі дав відому формулу для швидкості рідини, яка витікає з отвору. Сучасна гідравліка ґрунтується на роботах академіків Данила Бернуллі і Леонарда Ейлера, у 18 ст. Д. Бернуллі і Л. Ейлер розробили загальні рівняння руху ідеальної рідини, що послужили основою для подальшого розвитку гідромеханіки і гідравліки.

Вплив та роль гідравліки в розвитку сучасної промисловості важко оцінити. Як в житті так і в побуті кожної людини вона присутня. Будь яка техніка, будівля, промисловість не обходиться без гідравлічних систем.

## **ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АКУСТОЕМІСІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИРОБІВ З ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ**

Завдання отримання достовірних даних щодо опору втомі конструкційних матеріалів є актуальним для багатьох галузей народного господарства, оскільки переважна більшість інженерних конструкцій працює в умовах циклічного навантаження, коли визначальним видом руйнування є втома. Врахування різноманітних експлуатаційних, конструкційних і технологічних факторів лише розрахунковими методами не забезпечує необхідної точності прогнозування механічної поведінки виробів в умовах втоми.

Метою роботи ставили встановити кореляцію між ступенем пошкодження зразків матеріалу з різною технологічною спадковістю в умовах багатоциклової втоми та даними акустико-емісійного моніторингу цього процесу.

У роботі використовували такі методи дослідження: випробування на багатоциклову втому модельних зразків матеріалу; акустико-емісійний моніторинг всіх модельних зразків при циклічних навантаженнях одночасно в трьох різних частотних діапазонах сигналів акустичної емісії. Досліджувалися модельні зразки з жароміцного сплаву на основі нікелю з різними видами технологічної спадковості (різні технологічні операції для одержання остаточної геометрії зразка, а також застосування операцій поверхневого зміцнення).

Показано, що ультразвукове зміцнення поверхні виробів позитивно впливає на характеристики опору втомі нікелевого сплаву для всіх досліджуваних технологічних операцій. Виявлено, що зразки з різною технологічною спадковістю, випробувані на різних ступенях навантаження багатоциклової втоми, мають однаковий характер розподілу швидкості рахунку АЕ. В припущенні, що специфічні зміни швидкості рахунку АЕ в різних діапазонах частот визначають різні стадії втомного руйнування, проведено верифікацію одержаних результатів за методикою В.С. Іванової. В результаті досліджень виявлено, що акусто-емісійний моніторинг дозволяє з високою точністю зафіксувати момент переходу матеріалу в стадію катастрофічного руйнування.

УДК 539.4.015:539.43

Чорний Д.В.<sup>1</sup>, Беженев С.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ІФз-212сп НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ З ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ РІЗНИХ ГРУП**

В сучасному машинобудуванні широкого розповсюдження знайшли вуглецеві сталі з різним вмістом вуглецю, який зумовлює специфіку структури матеріалу, що забезпечує певні властивості. При цьому, найбільший ефект підвищення властивостей таких матеріалів спостерігається у термічно обробленому стані (гартування, відпущення, відпал, нормалізація). Проте рівномірність фізичних властивостей уздовж перерізу виробу у значній мірі залежить від рівномірності температурного поля, що утворюється в процесі нагрівання виробу до заданих температур, особливо, якщо нагріваються термічно масивні тіла з достатньо великим внутрішнім термічним опором ( $Bi > 0,5$ ).

Метою дослідження є порівняльний аналіз ефективності різних режимів процесу нагрівання термічно масивних виробів з вуглецевих сталей різних груп (з різним вмістом вуглецю) з урахуванням кінцевої нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів, енерговитрат та витрат часу на здійснення технологічної операції нагрівання.

Матеріалами дослідження було обрано мало-, середньо-, та високовуглецеві сталі. Досліджували процес нагрівання термічно масивних виробів таких груп сталей [1–3] від початкової температури  $t_0 = 20$  °С до температур нормалізації/гартування сталей відповідної групи з різними режимами теплообміну. Варіювали інтенсивність процесу підведення теплової енергії до поверхні виробів, та величину температурного напору на поверхню виробу. Варіації теплових режимів аналізували за найбільш ефективного симетричного способу підведення теплової енергії до поверхні виробів циліндричної форми. Використовували відому фізико-математичну модель, яка являє собою нестационарну одномірну задачу перенесення теплоти теплопровідністю від поверхні виробу необмеженої довжини до його центру за незмінних умов зовнішнього теплообміну (граничними умовами III-го роду). Ефективність процесу нагрівання оцінювали за такими параметрами: нерівномірність розподілу температур уздовж перерізу виробів; тривалість процесу нагрівання; сумарна кількість теплової енергії, яку

затрачено на нагрівання одиниці площі поверхні виробу до заданої температури.

Одержано залежності параметрів ефективності від відносного температурного напору для різних значень коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_{\Sigma}$ , який змінювали від  $\alpha_{\Sigma(\min)} = 180 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  до  $\alpha_{\Sigma(\max)} = 230 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , що відповідало таким діапазнам значень критерію Біо: від 0,519 до 0,737 – для маловуглецевих сталей; від 0,637 до 0,871 – для середньовуглецевих сталей; від 0,542 до 0,766 – для високовуглецевих сталей.

За результатами досліджень встановлено, що для всіх досліджуваних матеріалів збільшення коефіцієнта тепловіддачі в меншій степені додає нерівномірності розподілу температур і стає суттєвим фактором тільки при значеннях відносного температурного напору, які перебільшують 4 %. Встановлено також, що для всіх досліджуваних матеріалів збільшення коефіцієнта тепловіддачі майже не впливає на кількість спожитої теплової енергії (до 2 %), проте дуже суттєво скорочує час процесу нагрівання (від 32 % до 48 %) тим інтенсивніше, чим більшим є вміст вуглецю у сталі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробей, В.А. Аналіз параметрів ефективності процесу нагрівання термічно масивних виробів з маловуглецевих сталей. [Електронний ресурс] / В.А. Воробей, С.О. Беженів // Тиждень науки-2021. Транспортний факультет : щоріч. наук.-практ. конф., 19–23 квітня 2021 р. : тези доп. / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – НУ «Запорізька політехніка», 2021. – С. 61–62.

2. Сокольський, А.І. Аналіз параметрів ефективності процесу нагрівання термічно масивних виробів з середньовуглецевих сталей. [Електронний ресурс] / А.І Сокольський, С.О. Беженів // Тиждень науки-2022 : щоріч. наук.-практ. конф., 18-22 квітня 2022 р. : тези доп. / Редкол. : В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. – С. 134–136.

3. Корнійчук, Д.Ф. Аналіз параметрів ефективності процесу нагрівання термічно масивних виробів з високовуглецевих сталей. [Електронний ресурс] / Д.Ф. Корнійчук, С.О. Беженів // Тиждень науки-2023. Транспортний факультет. Тези доповідей науково-технічної конференції, Запоріжжя, 24-28 квітня 2023 р. / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – С. 68–70.

## **ОЦІНКА ПОХИБОК РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОБПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ЗАГОТОВОК ЗА ПОСЕРЕДНІМИ ДАНИМИ**

Незалежно від типу використаного агрегату контроль та регулювання температурного режиму обпалювання вуглеграфітових заготовок відбувається за посередніми даними. Наприклад за показаннями термопари, яку встановлено впритул до зовнішньої бокової поверхні контейнера з заготовками в засипці. Очевидно, що при такому способу регулювання його точність залежить від точності вимірювання температури в контрольній точці. Похибка при визначенні температури може бути обумовлена наступними факторами:

- наявність зазору між зовнішньою поверхнею захисного кожуха термопари та поверхнею контейнера;
- теплопередача через стінку захисного кожуха до навколишнього середовища;
- променистим та конвективним теплообміном зовнішньої поверхні кожуха з продуктами горіння в робочій камері печі та поверхнями кладки і контейнера.

Для оцінки впливу цих факторів проведено розрахунок зміни температури бокової поверхні контейнера при тепловому режимі роботи печі, який відповідає умовам проведення експериментального дослідження теплових процесів. Результати наведено на рисунку 1.

Аналіз рисунку 1 показав, що:

- зміна температури заготовок та показань контрольної термопар в процесі обпалювання суттєво розрізняються;
- суттєво розрізняються швидкості нагріву заготовок та швидкість зміни показань термопари. Протягом всього процесу обпалювання збільшується температура заготовок, а перехід до періоду витримки відбувається тільки наприкінці обпалювання, проте показання термопари, починаючи з 36 години, практично не змінюється;
- термопара показує занижене значення температури в порівнянні з розрахунковими значеннями температури на боковій поверхні контейнера, проте динаміка зміни показань багато в чому співпадає (особливо протягом перших трьох періодів обпалювання).

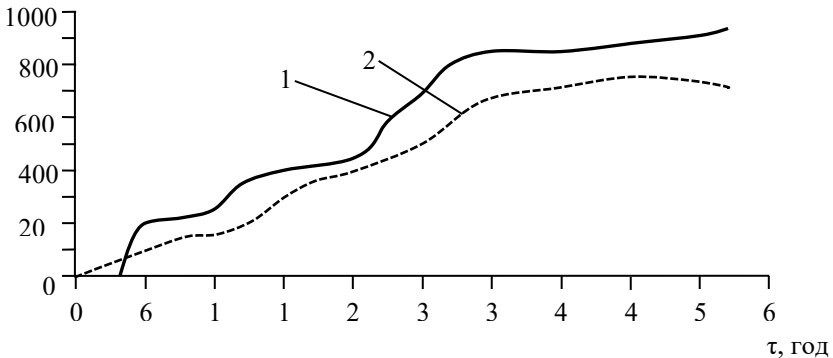


Рисунок 1 – Графік зміни температури в процесі обпалювання  
 1 – температура зовнішньої поверхні контейнера в точці установки контролюючої термопари (розрахунок); 2 – показання контрольної термопари на боковій поверхні контейнера

Таким чином підвищення якості проведення процесу обпалювання, який потребує точного регулювання його температурного режиму можна забезпечити тільки використанням систем управління, заснованих на математичних моделях теплової роботи печей.

УДК 621.43.04

Рябошапка Н.Є.<sup>1</sup>, Пащенко С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-413м НУ «Запорізька політехніка»

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ МОМЕНТУ ЗАПАЛЮВАННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИПУ ПАЛИВА**

При переобладнанні бензинового ДВЗ для роботи на скрапленому нафтовому газі (пропан-бутан) або стисненому природному газі (метан) спостерігається ряд недоліків у роботі двигуна, таких як підвищена температура випускних газів; нижча динаміка у порівнянні з роботою на бензині, особливо на низьких обертах 1100...2000 хв<sup>-1</sup>; підвищена витрата палива.

Проаналізувавши процеси згорання бензину та газу дійшли до висновку, що температура горіння газу нижча (приблизно на 300 °С) але тривалість горіння довшя. З цього виходить, що газ догоряє у випускному колекторі після відкриття випускних клапанів, через те що двигун

розрахований для роботи на бензині. Це негативно позначається на ресурсі випускних клапанів, випускного колектора, каталізатора та появи недоліків, які описано вище [1].

Для усунення цих недоліків оптимальним рішенням є змінення моменту запалювання. Втручання до налаштувань бензинового блоку керування дає результат при роботі на газу, але при роботі на бензині з'являється детонація навіть при невеликому навантаженні. Тому для вирішення цієї проблеми було використано прилад «Варіатор Мікролуч» для зміни кута запалювання тільки при роботі на газу.

Прилад підключається у розрив датчика положення колінчастого вала, підключається до датчика положення розподільчого вала (при його наявності), підключається до датчика положення дросельної заслінки, до датчика тиску у впускному колекторі (при наявності його на двигуні або до датчика блоку керування газом) та до сигналу переходу на газ газового блоку керування. Прилад при роботі на бензині виконує роль транзиту показників датчика положення колінчастого вала. При роботі на газу прилад знімає покази з усіх підключених датчиків та передає до блока керування паливоподачею змінені дані від датчика положення колінчастого вала в залежності від налаштування кутів зміни моменту запалювання. Блок керування паливоподачею, керуючись отриманими даними змінює момент запалення саме на той, який потрібен для повного згорання газу [2].

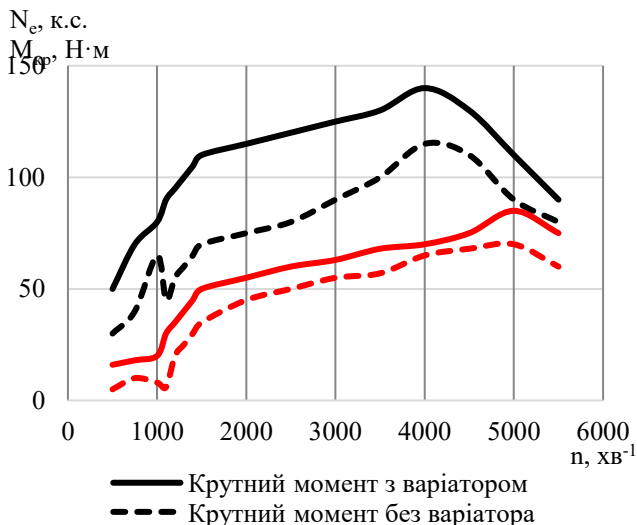


Рисунок 1 – Графік зміни потужності та крутного моменту

На прикладі двигуна ВАЗ-1119 (робочий об'єм 1390 см<sup>3</sup>, потужність 89 к.с., крутний момент 127 Н·м), яким устатковано автомобіль «Лада Каліна 1117», встановлено, що при зміні моменту запалювання раніше на 4...9° знизилась температура випускних газів від 40 °С до 90 °С в залежності від обертів двигуна (рисунок 1). Підвищилась динаміка та приблизно зрівнялась з динамікою роботи двигуна на бензині. Знизилась витрата палива на 10...15 % на 100 км.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамчук, Ф. І. Автомобільні двигуни: Підручник / Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко. – К. : Арістей, 2006. – 476 с.

2. Мікролуч – розробка та виробництво електронних пристроїв та програмного забезпечення [Електронний ресурс]. – Сайт «Мікролуч». – Режим доступу: <https://microluch.com/uauto.htm>

УДК 62-9

Цокотун П.В.<sup>1</sup>, Швидкий А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> старш. лаборант НУ «Запорізька політехніка»

## РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПОТОКУ ГАЗУ АБО ПОВІТРЯ ДО ТА ПІСЛЯ СТРИБКУ УЩІЛЬНЕННЯ

Однією з вимог при збільшенні газової суміші або повітря у каналах автомобільної системи живлення і відведення відпрацьованих газів, являються стрибки ущільнення. Існує зв'язок між коефіцієнтом швидкості, витратою, температурою гальмування або критичною швидкістю звуку та імпульсу газового потоку до і після стрибків ущільнення.

Запишемо умову у вигляді системи рівняння

$$\begin{cases} \sigma_1 = \sigma_2 \\ \Gamma_{01} = \Gamma_{02} \\ p_1 F + \frac{\sigma_1}{g} \omega_1 = p_2 F + \frac{\sigma_2}{g} \omega_2 \end{cases} \quad (1)$$



Щоб визначити зниження повного тиску у стрибку скористаємось рівнянням нерозривності

$$\frac{p_{o1} \cdot F \cdot q(\lambda_1)}{\sqrt{T_{o1}}} = \frac{p_{o2} \cdot F \cdot q(\lambda_2)}{\sqrt{T_{o2}}} \quad (2)$$

яке після скорочення має вигляд:

$$\frac{p_{o1}}{p_{o2}} = \frac{q(\lambda_1)}{q(\lambda_2)} = \frac{q(\lambda_1)}{q(\lambda_2)} ; \quad \lambda_2 \frac{1}{\lambda_1}. \quad (3)$$

Після перетворення і припущень, ми отримуємо найпрості газодинамічні функції  $\tau(\lambda)$ ;  $\pi(\lambda)$ ;  $\xi(\lambda)$ , які суттєво впливають на газодинаміку повітряного або газового потоків, протікаючи у каналах живлення і випуску відпрацьованих газів автомобільних і тракторних двигунів.

УДК 005.6:658.5

Слинько В.В.<sup>1</sup>, Пашенко С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. Т-413м НУ «Запорізька політехніка»

## **СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ЯКОСТІ В УКРАЇНІ**

Шлях досягнення сучасних європейських норм системи технічного регулювання інфраструктури якості є довгим, важким, подекуди дуже дорогим. Але без відповідності європейському стандарту ISO 9000:2000 (українському ДСТУ ISO 9000:2000) не можливо вступити до Європейського Союзу, не можливо поставляти продукцію або сировину до ЄС, мати спільне виробництво з європейськими компаніями. Для досягнення цієї мети потрібно докорінно змінити відношення ведення управління. Багато підприємств зробили великі кроки для досягнення мети та отримали відповідність ДСТУ ISO 9000:2000. Але повномасштабна війна внесла свої корективи.

Під час війни спостерігається зниження якості в багатьох сферах. Навіть на тих, котрі до війни відповідали ДСТУ ISO 9000:2000. На це впливає низька факторів.

Багато кваліфікованих спеціалістів виїхало за кордон. Багато кваліфікованих спеціалістів залучені до мобілізації. Через це власникам підприємств доводиться наймати менш кваліфікованих спеціалістів або

не кваліфікованих працівників, працівників без досвіду роботи, в окремих випадках навіть людей без освіти. Доводиться в стислі строки проводити навчання та ознайомлення з роботою нових працівників. Також багато школярів та студентів виїхали за кордон. Багато з них завершить навчання за кордоном та можливо залишиться там працювати. В майбутньому країна може втратити освічених кадрів. Але є надія, що здобувши освіту у Європі, перейнявши їх досвід, молоді спеціалісти повернуться в Україну.

Деякі власники підприємств та керівники виїхали за кордон або в західну частину країни, керуючи та контролюючи підприємствами дистанційно.

Через проведення бойових дій порушились схеми постачання сировини або комплектуючих для виробництва. Деякі підприємства та постачальники переїхали в західну частину країни. Деякі взагалі припинили виробництво сировини або комплектуючих. Через знецінення національної валюти, нестабільну ситуацію власники та керівники почали шукати дешевшу сировину та шляхи зниження собівартості кінцевого продукту.

Подорожчання енергоресурсів, палива, перебої з електропостачанням теж вносять свої корективи у якість роботи та якість кінцевого продукту.

Також має місце пришвидшення процесу виробництва для досягнення результату та отримання прибутку. Особливо для дефіцитних товарів. Але при прискоренні процесу втрачається якість.

Тому нажаль всі ці фактори гальмують відповідність вимогам ДСТУ ISO 9000:2000 та прагнення України вступити до Європейського Союзу.

УДК 004:631

Слинько В.В.<sup>1</sup>, Пачколіна В. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> маг. права НЮУ ім. Ярослава Мудрого

## **МОЖЛИВОСТІ ТА РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

Сільськогосподарське виробництво, як одна з галузей світової економіки, сьогодні знаходиться в стані напруги. З одного боку, як критична інфраструктура, воно має завдання «годувати» та забезпечувати енергією зростаюче населення планети. З іншого боку,

існують певні виклики, такі як наслідки зміни клімату, обмеженість земельних ресурсів та високі запити споживачів. Завдання сучасних фермерів полягає в тому, щоб зменшити негативний вплив сільського господарства на навколишнє середовище (глобальне зменшення біорізноманіття та викиди парникових газів). Використання цифрових технологій часто описується як рішення, що дозволяє виробництву бути більш точним, орієнтованим на попит, проте критично необхідним є визначення конкретних можливостей та ризиків діджиталізації сільського господарства для більш екологічного землеробства.

Чимало переваг є у впровадженні цифрових технологій у процеси екологізації сільськогосподарського виробництва. Підвищення ефективності використання ресурсів може зменшити введення добрив та хімікатів у рослини, покращення моніторингу та відстеження екологічних даних сприятиме заходам зі збереження біорізноманіття завдяки більш точному аналізу стану ґрунтів. Також оцифрування інформації у контексті екологізації виробництва дозволить легко візуалізувати зусилля з адаптації з боку сільськогосподарських підприємств у світлі зміни клімату, навіть за мінливих умов.

Наприклад, у Німеччині цифрові технології та додатки використовуються досить активно на великій кількості ферм вже сьогодні [1]. До них відносяться системи навігації для водіїв сільськогосподарських машин, наземні датчики, інтелектуальні системи управління даними щодо обсягів виробництва, системи розпізнавання зображень на основі дронів і сільськогосподарські роботи, керовані за допомогою GPS. В Україні за допомогою сучасних безпілотних літальних апаратів, супутників, датчиків та інших точних пристроїв можна проводити ретельний моніторинг земельних ресурсів аграрних підприємств і забезпечувати високоякісний агрохімічний аналіз якості ґрунту та рослин. Це дозволяє локально і точно вносити оптимальну кількість рідких засобів захисту рослин, водорозчинних органічно-мінеральних добрив, гранульованих добрив і трихограм, забезпечуючи ефективність сільськогосподарських операцій [2].

Науковий дискурс зосереджується переважно на можливостях, які пропонує діджиталізація сільського господарства, і поки що мало уваги приділяється ризикам, пов'язаним з цифровими технологіями. По-перше, слід зауважити, що цифровізація сільськогосподарських даних не матиме швидкого прямого впливу на екологічні та кліматичні практики в сільському господарстві. Більш того, такий науковець як С. Лідер вважає: «на додаток до переваг, які пропонує діджиталізація, існує ризик того, що цифрові технології сприятимуть подальшій інтенсифікації сільськогосподарських систем і, таким чином, ускладнять

трансформацію сільського господарства, орієнтовану на сталий розвиток» [3]. З іншого боку, існує певна небезпека, що дрібні фермери не будуть встигати за технологічним розвитком і припинять займатися сільським господарством. Таким чином, існує значний розрив між теоретично можливими вигодами та емпіричними спостереженнями.

На нашу думку, особлива потреба в діях, перш за все, існує там, де ґрунти перевантажені надмірною кількістю добрив, що значно впливає на цілі екосистеми. Для того, щоб виявити це якомога точніше, потрібно залучити технології аналізу. Без конкурентоспроможної базової цифрової інфраструктури неможливо використовувати можливості майбутнього зростання в умовах мережевої та цифрової сільськогосподарської та харчової економіки. Той факт, що в більшості сільських районів не можна гарантувати стабільне та високоефективне постачання 4G породжує логічну тезу про те, що цифровізація повинна проводитися поступово. Першим кроком може стати покриття мобільним та фіксованим широкосмуговим зв'язком всі сільські місцевості [4].

Висновки. Описані відправні точки цифровізації показують різноманітність і потенціал для ефективного використання ресурсів, збереження клімату, навколишнього середовища та природи під час здійснення сільськогосподарського виробництва. Чи справді відповідні технології призведуть до більш екологічних та безпечних рішень, залежить від низки факторів, зокрема, природні умови, характер території ферми чи системи вирощування рослин тощо. З подальшим технічним розвитком технологій можна очікувати все більшого позитивного впливу на навколишнє середовище. Проте ефект все одно не є достатнім для вирішення ключових екологічних проблем у сільськогосподарському виробництві. До них відносяться, наприклад, надлишки азоту в сільському господарстві. За поточних сільськогосподарських, політичних і правових умов цифровізація сприятиме оптимізації сільськогосподарських процесів, які вже функціонують.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kliem, L., Wagner, J., Olk, C., Keßler, L., Lange, S., Krachunova, T. und Bellingrath-Kimura, S. Digitalisierung der Landwirtschaft. Chancen und Risiken für den Natur- und Umweltschutz. *Schriftenreihe des IÖW*. 2022. № 222/22. 74 p.
2. Gorobets, N.. Using of digital technologies in agricultural management. *Baltija Publishing*. 2022. № 27. 664 p.

3. Lieder, S. Chancen und Risiken der Digitalisierung für eine Ökologisierung einzelner Arbeitsschritte der ackerbaulichen Produktion. *Springer Vieweg*. 2022. P. 127–148.

4. AEF-Positionspapier «Digitale Landwirtschaft». *Agrar-Ernährungsforum*. 2022. № 13. 8 p.

УДК 737.22 : 930.2

Сухонос Р.Ф.

старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

### **АТРИБУЦІЯ ЗНАКІВ ОРДЕНА ПОЧЕСНОГО ЛЕГІОНУ**

В нагородній системі СРСР від початку її існування отримала місце практика нумерації знаків орденів державних нагород. Ця практика поширилась на більшість пострадянських країн, а також частково на сателіти СРСР – Монголію, Північну Корею, Югославію, Чехословаччину, Болгарію тощо.

В країнах же Західного світу така практика практично відсутня. У виключних випадках на знаки орденів могло бути нанесено ім'я кавалера ордена або рік нагородження. Відсутність нумерації значно ускладнює атрибуцію нагородних знаків щодо історичного періоду, оскільки деякі з європейських орденів існують понад 200 років з мінімальними змінами у виконанні знаків. Як приклад можна навести нідерландські Військовий орден Віллема, Орден Нідерландського Лева, британський Найвидатніший орден Святого Михайла і Святого Георгія, іспанські Королівський військовий орден Святого Херменегільдо, Королівський і військовий орден Ізабелли Католички, Іспанський Королівський Почесний Орден Карлоса III, австрійський Військовий орден Марії Терезії.

У деяких країнах зміна історичних епох та політичних процесів відобразилась і на об'єктах фалеристики – змінювались типи корон (Великобританія, Іспанія, Італія), мови напису девізів (Бельгія в 1951 р.) тощо. Найбільш яскравим представником в даному випадку є французький Орден Почесного легіону (далі – ОПЛ), який має 10 офіційних різновидів. Зовнішній вигляд найвищої на даний час державної нагороди Франції є найкращою ілюстрацією історичних процесів, які відбувались в цій країні.

ОПЛ був заснований в 1802 році першим консулом Франції Наполеоном Бонапартом, проте тільки через два роки, вже імператор, Наполеон I встановив зовнішній вигляд орденських знаків.

Фалеристи-дослідники розрізняють наступні періоди історії ОПЛ [1]:

1. Перша імперія (1804–1814);
2. Перша Реставрація Бурбонів (1814–1815);
3. Друга Реставрація Бурбонів (1815–1830);
4. Липнева революція (1830–1848);
5. Друга республіка (1842–1852);
6. Президентство Наполеона III (1851–1852);
7. Друга імперія (1852–1870);
8. Третя республіка (1870–1951);
9. Четверта республіка (1951–1962);
10. П'ята республіка (з 1962 р. і дотепер).

В кожен з цих періодів знаки ОПЛ мають унікальний дизайн, які розрізняються як офіційними (чітко прописаними в ордонасах і декретах) так і неофіційними (залежать від ювеліра-виробника) особливостями. Складність атрибуції знаків ОПЛ ускладнюється великою кількістю виробників (декілька десятків) і виготовлених знаків (понад 1 000 000 всіх ступенів, за весь час існування ордена). Більш-менш стандартизовані знаки ордена виробництва Паризького монетного двору (*Monnaie de Paris*) вручали в обов'язковому порядку тільки військовим. Цивільні ж кавалери нагороди могли придбати знак ордену в крамниці будь-якої ювелірної фірми, на свій розсуд в залежності від статків (окрім окремих випадків, у Франції кавалер сам купує нагороду, і навіть сплачує за диплом). Тому існують знаки ордену з бронзи, срібла, золота, різноманітні «покращені», нестандартні варіанти *bijouterie*, в тому числі прикрашені діамантами.

Для вказаних вище історичних періодів характерні наступні особливості офіційних знаків ОПЛ (окрім орденських зірок):

- а) проміжний підвісний елемент:
  - відсутній (1, 5);
  - корона (1–4, 6–7);
  - вінок (8–10);
- б) профіль на передньому медальйоні («таблетці»):
  - Наполеон Бонапарт (1, 5–7);
  - Генріх IV (2–4);
  - Маріанна (8–10);
- в) надпис на картуші переднього медальйона:
  - NAPOLEON EMP. DES FRANCAIS (1);
  - HENRI IV. ROI DE FRANCE ET DE NAVARRE (2, 3)
  - HENRI IV (4);
  - BONAPARTE PREMIER CONSUL \* 19 MAI 1802 (5, 6);
  - NAPOLEON EMPEREUR DES FRANCAIS (7);
  - REPUBLIQUE FRANCAISE \* 1870 (8);

- REPUBLIQUE FRANCAISE (9, 10);
- г) рисунок на задньому медальйоні
- імперський орел (1, 6, 7);
- три геральдичні лілії (2, 3);
- 2 схрещені прапори Франції (4, 8–10);
- 2 схрещені прапори Франції і напис «HONNEUR ET PATRIE» (5);
- д) напис на картуші заднього медальйона:
- HONNEUR ET PATRIE (1–4, 6–9);
- REPUBLIQUE FRANCAISE (5);
- HONNEUR ET PATRIE \* 29 FLOREAL AN X (10).

В той же час, індивідуальні особливості геометрії та кольору емалі елементів орденських знаків, а також клейма матеріалу та виробника в науковій літературі з допоміжних історичних дисциплін розкрито недостатньо. Особливо це актуально для періоду Третньої республіки, який тривав понад 80 років, і охопив становлення Франції як колоніальної наддержави, а також Першу та Другу Світові війни.

Як приклад можливої атрибуції розглянемо знак кавалера Ордена Почесного легіону (рисунок 1).



Рисунок 1 – Знак кавалера Ордена Почесного легіону

Знак ордену виготовлений з металу сірого кольору, в «глибокій» чорній патині, медальйони з металу жовтого кольору. З аверсу на вушку зірки неозброєним оком видно клеймо ромбічної форми, на реверсі на звисаючих стрічках видно клеймо овальної форми. Використовуючи мікроскоп МБС-9 зроблено фотографії клейм (рисунок 2). За допомогою довідників [2, 3] виконуємо аналіз рисунків. Овальне клеймо (див. рис. 2, а) подвійне – «голова кабана вліво» (використовувалось з 1838 р. до 1962 р. для маркування предметів зі срібла .800 проби, виготовлених в Парижі) і «голова орла вправо» (використовувалось з 1838 р. для маркування предметів із золота .750 проби, виготовлених в Парижі).

Сумісне клеймо «голова кабана вліво, голова орла вправо» в овалі офіційно використовується з 1906 року для маркування предметів із вказаних вище металів, коли меншого з цих компонентів більше ніж 3 %.

На рисунку 2, б видно клеймо «G, вовк іде вліво, А» виробника – ювелірної фірми Жорж Окок (Georges Aucoc), Париж, періоду 1907-1921 рр.



а

б

Рисунок 2 – Клейма знака ордена

Таким чином автором виконано атрибуцію предмета на рисунку 1 як знак кавалера Ордена Почесного легіону, виготовленого в Парижі в період між 1907 р. і 1921 р. на ювелірній фірмі Georges Aucoc із срібла, з медальйонами із золота.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Legion d'Honneur [Електронний ресурс]. – Сайт «France Phaleristique». – Режим доступу: <http://www.france-phaleristique.com>



2. Markezana, Y. Les poinçons français d'or, d'argent et de platine de 1275 à nos jours / Yves Markezana. – Vial. – 2005. – 240 p.

3. Silver Marks – France [Електронний ресурс]. – Сайт «Online Encyclopedia of Silver Markks, Hallmarks & Makers' Marks». – Режим доступу: [https://www.925-1000.com/Ffrench\\_menu.html](https://www.925-1000.com/Ffrench_menu.html)

4. Сухонос, Р. Ф. Особливості атрибуції медалей заморських кампаній Франції 2-ї половини ХІХ століття [Електронний ресурс] / Р. Ф. Сухонос // Тиждень науки-2023. Транспортний факультет. Тези доповідей науково-технічної конференції, Запоріжжя, 24-28 квітня 2023 р. / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – С. 93–96.

УДК 004.94:621.43

Несмашний М.Ю.<sup>1</sup>, Сухонос Р.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> інженер-конструктор ДП «Івченко-Прогрес»

<sup>2</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВИПУСКНИЙ КЛАПАН МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ 4- ТАКТНОГО БЕНЗИНОВОГО ДВЗ**

Випускні клапани ДВЗ працюють за власної температури 700...900 °С, а тарілка клапана може нагріватися до 920...1050 °С. Це потребує від клапана здатності витримувати високу температуру, бути зносостійким, витримувати корозійний вплив газів, мати малий коефіцієнт тертя у парі «випускний клапан – напрямна втулка», дешевим у виробництві.

У підтриманні вищеперелічених вимог допомагає використання нових методів проектування та розрахунків за допомогою спеціального програмного забезпечення, використання сучасних конструкційних матеріалів та технологій виготовлення, які дають можливість зменшення габаритних розмірів клапанів механізму газорозподілу 4-тактних ДВЗ без втрати їх міцності, зносостійкості та витривалості.

В якості об'єкта дослідження обрано випускний клапан 4-тактного двигуна родини Volkswagen EA 111 моделі AUS, який має систему газорозподілу типу ДОНС з ремінним приводом і гідрокомпенсаторами зазорів.

Для створення електронної тривимірної моделі використано програму Siemens NX. За допомогою інструментів побудови створено електронну графічну модель клапана. За допомогою модуля «Simcenter 3D Thermal/Flow» задано неструктуровану сітку з кроком 3 мм, теплові

навантаження, тип теплообміну, матеріал клапану, коефіцієнт випромінювання (ступінь чорноти) тощо для двох випадків підведення теплоти:

– під час процесу випуску (підведення теплоти до тарілки клапана з усіх боків та нижньої частини стержня клапана)

– під час процесу згорання (максимальна температура газів в циліндрі, підведення теплоти до тарілки клапана зі сторони камери згорання).

Чисельні значення теплових навантажень, що діють на клапан, визначаємо за результатами розрахунку термодинамічного циклу двигуна (теплого розрахунку двигуна) (рисунок 1).

Максимальна температура  $T_{\max} = 3160,3 \text{ К}$  діє короткочасно (відносно всього циклу двигуна), тому руйнування клапана не відбувається.

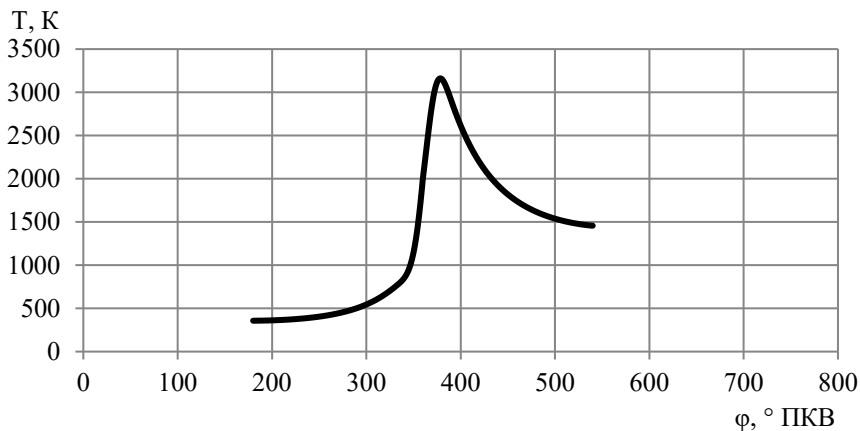


Рисунок 1 – Температура робочого тіла в циліндрі

Під час процесу випуску температура робочого тіла стрімко знижується від  $T = 1457,1 \text{ К}$ . Під час випуску газу обтікають тарілку випускного клапана та нижню частину ніжки. Приймаємо середню температуру при випуску  $T = 860 \text{ ° С}$ .

Моделюємо теплові навантаження на випускному клапані двигуна Volkswagen AUS (див. рис. 2, 3).

З рисунка 2 видно характер розподілу температур в клапані під час випуску. Тарілка клапана нагрівається до  $887,6 \text{ ° С}$  як зверху, так і знизу, рівномірно, через те, що відпрацьовані газы на своєму шляху огортають її. Ще можна відзначити розподіл температури на основній частині

стержня клапана, – температура у місці потовщення сягає  $389^{\circ}\text{C}$ , що майже втричі більше температури на вершині стержня  $140^{\circ}\text{C}$ .

Під час випуску (див. рис. 3) розподіл температур має інший характер. Найбільш інтенсивно тарілка клапана нагрівається з боку камери згорання, до температури  $2353,3^{\circ}\text{C}$ . Верхня частина тарілки має меншу температуру,  $2100^{\circ}\text{C}$ , через контакт з сідлом клапана, внаслідок чого частина теплоти передається до охолоджуваної головки блоку циліндрів.

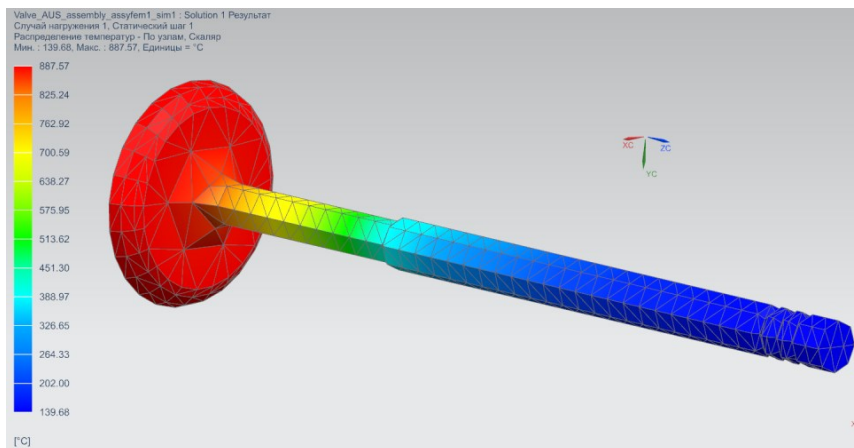


Рисунок 2 – Результат моделювання теплових навантажень на випускний клапан двигуна Volkswagen AUS під час випуску

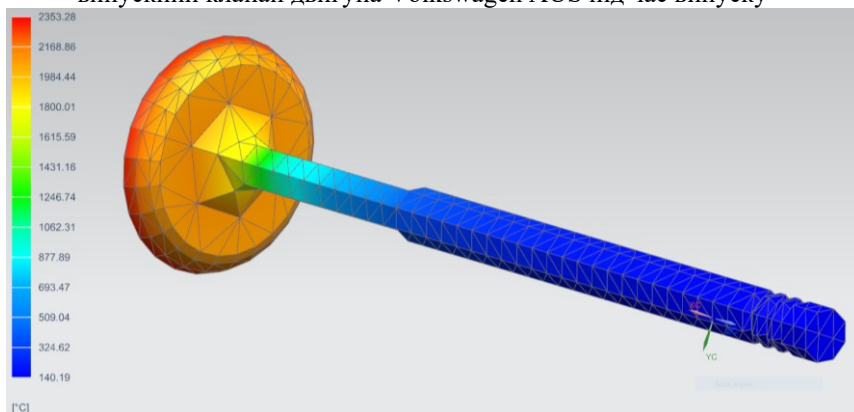


Рисунок 3 – Результат моделювання теплових навантажень на випускний клапан двигуна Volkswagen AUS під час згорання

Для порівняння результатів дослідження теплонапруженості випускних клапанів двигуна Volkswagen AUS при різних варіантах підведення теплоти виконано побудову розподілу температур по довжині клапана (див. рис. 4).

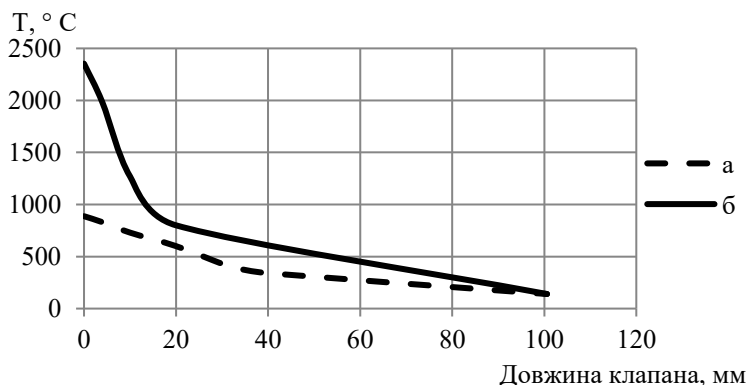


Рисунок 4 – Діаграма зміни температури вздовж клапана від тарілки (зліва) до торця ніжки (справа) при різних способах підведення теплоти а – з підведенням теплоти під час процесу випуску; б – з підведенням теплоти під час процесу згорання

З рисунка 4 видно, що в залежності від способу підведення теплоти до випускного клапана має місце різна величина температурного градієнта. Чим кривіша лінія на графіку відносно горизонту, тим більший градієнт.

При підведенні теплоти під час процесу випуску градієнт температури більший на ділянці від 0 до 33 мм – від нижнього торця тарілки клапана, та нижня частина ніжки клапана, що виступає у випускний патрубок, тобто ті частини клапана, що безпосередньо контактують з випускними газами.

При підведенні теплоти під час процесу випуску згорання градієнт температури більший на ділянці від 0 до ~14 мм – товщина тарілки клапана та 10 мм ніжки клапана. Далі вздовж ніжки клапана градієнт температури рівномірний.

За результатами роботи робимо висновок, що застосування спеціалізованого програмного забезпечення для тривимірного моделювання та аналізу дозволяє значно прискорити процес проектування та дослідження теплових навантажень деталей газорозподільного механізму ДВЗ. Встановлено, що найбільш термонавантажений елемент клапана – тарілка клапана та місце її

примикання до ніжки клапана. Найбільше значення теплових навантажень має місце при підведенні теплоти під час процесу згорання: температура нижнього торця тарілки клапана  $2353,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температурний градієнт складає  $\Delta T = 100,24\text{ K/мм}$ .

## СЕКЦІЯ ТЕОРЕТИЧНА ТА ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

УДК 531 (075.8)

Омельченко О.С.<sup>1</sup>, Шалева Н.В.<sup>2</sup>, Черних Н.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>асист. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup>студ. гр. М-713 сп НУ «Запорізька політехніка»

### ТЕОРЕТИЧНО-МЕХАНІЧНИЙ АСПЕКТ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ ТА ЇЇ ВІДДАЧА

Основні принципи теоретичної механіки, такі як закони Ньютона, принципи роботи механічних систем, момент імпульсу, механічна енергія та інші, можуть бути застосовані до аналізу руху, взаємодії та конструкції вогнепальної зброї.

Під час стрільби важливо розуміти траєкторію руху кулі або снаряду. Для цього можна використовувати рівняння руху тіла вздовж горизонтальної та вертикальної осей, де враховуються сили, діючі на снаряд, такі як сила тяжіння та опір повітря.

Можна використовувати закони збереження енергії для визначення кінетичної енергії кулі або снаряду в момент вистрілу та в момент удару. Це дозволяє оцінити потужність удару та ефективність зброї.

Аналіз моменту імпульсу допомагає зрозуміти, які зміни швидкості відбуваються під час вистрілу та після удару. Це важливо для визначення відхилень від цільової траєкторії та можливостей корекції цих відхилень.

Крім аналізу руху снарядів, важливо також розглядати рух самої зброї. Наприклад, механізми затвору та ударника впливають на швидкість вистрілу та його точність.

Теоретична механіка дозволяє моделювати вплив різних параметрів зброї, таких як маса снаряду, довжина ствола, кут нахилу та інші, на характеристики стрільби, такі як дальність, точність та потужність.

Наприклад, для розуміння того, як працює вогнепальна зброя, можна розглянути механіку руху кулі, що виходить з ствола, враховуючи закони динаміки та закони збереження енергії. Також можна дослідити вплив різних параметрів, таких як маса кулі, кут відхилення ствола, сила вибуху пороху тощо, на траєкторію руху кулі та її енергію. Крім того, теоретична механіка може бути використана для аналізу механізмів спрацювання механізмів запалювання, механізмів витягування та викидання обойми чи магазину, а також інших аспектів функціонування вогнепальної зброї.

Зважаючи на те, що вогнепальна зброя базується на принципах механіки руху, одним із найбільш очевидних прикладів застосування теоретичної механіки є аналіз руху кулі, що виходить з ствола.

Моделювання руху кулі дозволяє прогнозувати її траєкторію та дальність польоту. Ці дані можуть бути корисними для стрільби на різні відстані, а також для розрахунку потенційної небезпеки відстрілу в конкретних умовах.

Одним з цікавих аспектів, пов'язаних з використанням теоретичної механіки у контексті вогнепальної зброї, є розвиток спеціалізованих програмних засобів для моделювання та аналізу. Наприклад, комп'ютерні симуляції динаміки стрільби можуть допомогти інженерам розробляти більш точні та ефективні зброї.

Ці програми враховують велику кількість фізичних параметрів, таких як маса снаряду, форма ствола, характеристики пороху, а також враховують фактори зовнішнього середовища, наприклад, вітер, температуру та вологість повітря. З їх допомогою можна визначити оптимальні параметри зброї для досягнення найкращих результатів у відповідних умовах.

Ще однією цікавою темою є вивчення впливу структури та матеріалів, з яких виготовлені стволи зброї, на їхню міцність та тривалість служби. Висока швидкість та тиск газів, що виникають при вибуху порохового заряду, ставить вимоги до вибору матеріалів та конструкції стволів, щоб забезпечити їхню безпеку та ефективність.

Також варто зазначити, що розвиток нових технологій, таких як 3D-друк, відкриває нові можливості для виробництва більш складних та оптимізованих деталей зброї, що може покращити її характеристики.

Таким чином, теоретична механіка може допомогти розуміти фізичні принципи, які лежать в основі роботи вогнепальної зброї, та вдосконалювати її ефективність та безпеку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карлуччі, [Дональд Е.](#) Ballistics: Theory and Design of Guns and Ammunition, Third Edition [Текст] / [Дональд Е. Карлуччі.](#) [Сідні С. Якобсон.](#) – 2018. -р. 671
2. Брайана Литца Applied Ballistics for Long Range Shooting / Брайана Литца. - 2011
3. Теоретична механіка: навчальний посібник [Текст] / П. К. Штанько, В. Г. Шевченко, О. С. Омельченко, Л. Ф. Дзюба, В. Р. Пасіка, О. М. Поляков ; за ред. П. К. Штанька. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 464 с.

УДК 531 (075.8)

Омельченко О.С.<sup>1</sup>, Шалева Н.В.<sup>2</sup>, Дука В.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>асист. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup>студ. гр. М-313 сп НУ «Запорізька політехніка»

## **ЯВИЩЕ ВІДДАЧІ ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З НЕЮ В СТРІЛЕЦЬКОЇ ТА ТАНКОВОЇ ЗБРОЇ**

У сучасному світі жодна держава не обходиться без збройних сил для захисту свого суверенітету, які постійно розвиваються та вдосконалюються. Дослідження та контроль над таким явищем механіки як віддача безпосередньо впливає на точність стрілецького і танкового озброєння. В роботі розглянуті методи та технології гасіння віддачі, які використовувалися в період Другої світової війни та сьогодення.

Віддача зброї є невід'ємним аспектом її роботи, але це також може бути недоліком, впливаючи на точність стрільби, стійкість та швидкість наведення. Явище віддачі взагалі базується на одному з фундаментальних законів механіки: законі збереження кількості руху системи: Цей закон стверджує, що сума імпульсів замкнутої системи залишається сталою без впливу зовнішніх сил. Якщо розглядати гвинтівку та кулю як одну систему, то дія порохових газів при пострілі є внутрішньою силою, яка не змінює сумарну кількість руху системи. Коли порохові гази діючи на кулю, надають їй деяку кількість руху напружену вперед, то вони повинні надати гвинтівці таку ж кількість руху в зворотному напрямку. Зброя завжди рухається в бік, протилежний руху кулі або снаряда [1].

Для управління віддачею розроблено різні методи, які дозволяють мінімізувати її вплив та збільшувати ефективність вогню.

Компенсатори віддачі. Використання законів збереження імпульсу та дії протилежних сил дозволяє компенсатору віддачі в ППШ-41 пом'якшувати віддачу, роблячи зброю більш керованою та ефективною на полі бою.

Пружинні амортизатори, які поглинали та амортизували частину віддачі під час пострілу, щ зменшувало різкість віддачі та допомагало зберегти стабільність бійця. Вони працюють за принципом перетворення кінетичної енергії, отриманої віддачею, на потенційну енергію пружини.

Револьверні або газові демпфери, які також сприяли зниженню віддачі за рахунок поглинання та розсіювання енергії, що виділяється під час пострілу.

Розробка нових типів боеприпасів, спрямованих на зменшення віддачі та підвищення ефективності зброї.



Гідравлічна амортизація, принцип дії якої полягає у використанні спеціальних гідравлічних систем, які поглинають та розсіюють енергію віддачі, створювану пострілом танкової зброї.

Маса танка відіграє важливу роль в управлінні віддачою під час стрільби з танкової зброї. Чим більша маса танка, тим стабільнішим і стійкішим він є під час пострілу. Це є дією закону інерції, згідно з яким маса танку допомагає утримувати його на місці та знижує швидкість його руху від дії віддачі.

Розвиток технологій, пов'язаних з розвитком зброї, зазнав величезний прорив, змінюються конструкції, матеріали, снаряди; з'явилися "розумні приціли", які оснащені штучним інтелектом, зброя стала модульною, компактною, а також зросла бойова міць.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

Танки, Крис Шант Ілюстрована енциклопедія [Текст] / Крис Шант Танки. – К. : Вид. Омега, 2005. - 256 с.

Теоретична механіка: навчальний посібник [Текст] / П. К. Штанько, В. Г. Шевченко, О. С. Омельченко, Л. Ф. Дзюба, В. Р. Пасіка, О. М. Поляков; за ред. П. К. Штанька. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 464 с.

УДК 669.620

Кононенко А.В.<sup>1</sup>, Скребцов А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>асп. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ЗАЛІКОВУВАННЯ ПОРИСТОСТІ ПРИ СПІКАННІ НЕСФЕРИЧНИХ ЧАСТИНОК ПОРОШКОВОГО ТИТАНУ**

Процес спікання порошків титану та легувальних елементів досліджують досить часто з метою встановлення розподілу хімічного складу. Але мало уваги приділяють дослідженням створення металевого контакту. У даній роботі запропоновано послідовність формування такого контакту.

Формування обрису титанового напівфабрикату здійснюється за технологією пресування. Саме на етапі формоутворення зусилля пресування передається на частинки порошку, що спричиняє накопиченню напружень в об'ємі кожної окремої частинки. Під дією цих напружень частинки порошку деформуються; з'являється, а потім

розвивається поверхня контакту. Така поверхня є перенапруженим мікрооб'ємом металевго матеріалу. Більшість частинок порошку мають неправильну форму, тому при їх деформації під час формування утворюється пористість. Пори будуть на поверхні матеріалу і всередині напівфабрикату. На етапі формування за рахунок сили пресування і, як наслідок, деформації частинок порошку рушійною силою буде контактна сила частинок. Ця сила включає сили тертя і капілярні сили. Надлишкові деформації (тобто пластична деформація частинок порошку) забезпечують текучість металу та пластичні мікропереміщення об'єму металу.

У подальшому процесі, а саме під час спікання, підвищення температури призводить до руйнування оксидів на поверхні частинок. Елементи, з яких складаються оксиди, мігрують у кристалічну решітку титану та спотворюють її. Тобто вони виступають в якості легуючих елементів і спотворюють решітку за механізмами, характерними для механізмів легування. Межі частинок порошку очищаються і під впливом напружень і температури починають дифундувати одне з одним. Тому до пластичної течії металевго мікрооб'єму додаються ще й дифузійні механізми. Утворена рушійна сила і напруження в металі при підвищенні температури активізують і інтенсифікують подальші процеси.

Під впливом поверхневої міграції атомів металу об'єм зразка «переміщується», а пори, що утворилися всередині зразка, поступово виходять на поверхню. Свідченням цього є ефект усадки. Одночасно з цим, триває спотворення міжчасткових пор. Їх поверхня, яка має розвинену геометрію і, як наслідок, підвищену вільну енергію, буде стискатися згідно з другим законом термодинаміки. Поряд з цим відбувається зменшення вільної енергії на поверхні пор. Ефект міграції атомів і зазначене зниження вільної енергії призводять до практично повного загоєння пор. Однак під час формування утворювалися пори різного розміру. Цілком зрозуміло, що час загоєння пор більшого початкового розміру буде довшим, оскільки у всьому матеріалі формуються однакові умови для перерахованих вище процесів. Тому умовно великі пори будуть зменшуватися, поки діє висока температура. Усадка збільшиться. Але режими спікання регламентовані і мають цілком визначені значення; зокрема час ізотермічної витримки. Тому умовно великі пори не встигають зарости і залишаються в об'ємі металевго напівфабрикату.

На практиці при виготовленні синтезованого напівфабрикату з порошку відомо, що збільшення тиску пресування (формування) призводить до утворення меншої пористості, яка загоюється під час ізотермічної витримки. Час ізотермічної витримки і температура

пов'язані наступним чином: підвищення температури дозволяє скоротити час витримки; і, навпаки, збільшення часу витримки дає можливість знизити температуру. Така поведінка можлива, коли відбуваються процеси, описані вище, і це не суперечить загальноприйнятим механізмам спікання.

З отриманих статистичних даних можна зробити висновок, що механізми формування металевого контакту частинок порошку титану подібні до описаних для мідних і залізних матеріалів в роботах Гіча Г.А. та Хегузіна Я.С.

УДК 669.620

Кононенко А.В.<sup>1</sup>, Кононенко Ю.І.<sup>2</sup>, Скребцов А.А.<sup>3</sup>, Ольшанецький В.Ю.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>асп. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup>канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>4</sup>д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТВОРЕННЯ МЕТАЛЕВОГО КОНТАКТУ ПРИ СПЕЧЕННІ ТИТАНУ. ЧАСТИНА 1**

Найважливішим фактором, що визначає властивості сплавів, є їхня структура, елементами якої є межі зерен. У металевих матеріалів, що отримують за порошковими технологіями, структуру слід поділяти на такі «підскладові», як самі зерна, пори та межі зерен.

При отриманні таких матеріалів на етапі спекання відбуваються процеси рекристалізації, які пов'язані з ростом зерен. Теоретичному розгляду процесів міграції меж зерен присвячено роботи [1–7]. В них ці процеси пов'язували із дифузійним перерозподілом елементів перед фронтом росту, тобто з елементарними фізичними процесами, що визначають мікроскопічну рухомість межового фронту реакції. Проте, ріст зерен не розглядався стосовно титанових сплавів, які, зокрема, отримуються шляхом застосування порошкової металургії.

В цій роботі була проведена спроба фундаментального дослідження процесу розвитку площі контакту титановий порошок – підкладинка. Для цього на титановий лист марки ВТ1-0 було насипано рівномірним тонким шаром порошок титану аналогічного хімічного складу. В вакуумній печі СНВЕ 1.3.1/16 при однаковій температурі (1200 °С) впродовж різного часу витримки проводили спекання. Після цього зразок охолоджувався разом із піччю до кімнатної температури, далі його готували до фотографування. Підготовка полягала у видаленні поверхневого шару

порошку, який не припікся (контакт порошку та підкладинки формувався без поверхневого тиску, тобто пресування відсутнє).

Встановлено, що при збільшенні часу витримки з 1 години до 3 годин при температурі дослідження 1200°C частина порошку, яка видалялася, зменшувалась, що свідчить про формування більшої кількості контактів частинка порошку – підкладинка та частинка порошку – частинка порошку.

Аналіз зображень зразків (при збільшенні у 50 разів) виявив формування контактів по викривленим поверхням змінного радіусу на межі частинка порошку – підкладинка. Причому, із збільшенням часу ізотермічної витримки кількість таких контактів збільшувалась. Це свідчить про наявність процесу переносу атомів титану з частинок порошку до підкладинки і в зворотному напрямку. Саме таке перенесення атомів забезпечує формування металевого контакту.

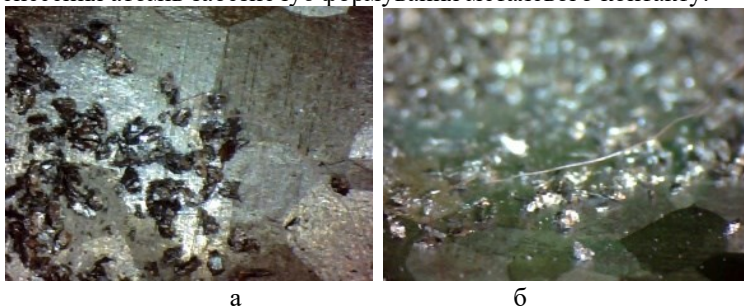


Рисунок 1 – Фотографія зразку при збільшенні 50 раз.  
а – вид згори, б – вид під кутом збоку.

Таким чином, в роботі проведено формування металевого контакту частинок порошку титану та підкладинки.

З метою вивчення механізмів формування контакту та подальшої рекристалізації під час створення спеченої заготовки було намічено ряд науково-експериментальних задач: дослідити формування металевого контакту частинок титану при різних поверхневих тисках; дослідити формування металевого контакту частинок титану при різних температурах ізотермічної витримки; дослідити вплив рекристалізаційних процесів на формування структури титану після спечення.

Вирішення цих задач дозволить розширити загальні уявлення про перебіг процесу спечення титану.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Люкке К. Теория движения границ зерен / К. Люкке, Г.-П. Штюве // Возврат и рекристаллизация металлов. – М.: Металлургия, 1966. – С.157-194.
2. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов / С.С. Горелик. – М.: Металлургия, 1978. – 568с.
3. Бурке Дж. Рекристаллизация и рост зерен / Дж. Бурке, Д. Тарнбалл // Успехи физики металлов. – М.: Металлургиздат, 1956. – Вып.1. – С. 368-456.
4. Ольшанецкий В.Е. О миграции межзеренных границ общего типа. 1. Потенциальные и реальные движущие силы миграции для различных двумерных и трехмерных моделей зеренной структуры / В.Е. Ольшанецкий // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2006. - № 1. – С.9-15.
5. Ольшанецкий В.Е. О миграции межзеренных границ общего типа. 2. Законы роста и их эволюция для двумерных и трехмерных моделей зеренной структуры / В.Е. Ольшанецкий // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2006. – № 2. – С.8-19.

УДК 621.519

Кружнова С.Ю.<sup>1</sup>, Фурсіна А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## ОЦІНКА СТАНУ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО ОБЛАДНАННЯ ЧЕРЕЗ МОЖЛИВИЙ РИЗИК ВИНИКНЕННЯ АВАРІЇ

Статистика аварійності на підйомних спорудах свідчить про необхідність пошуку додаткових методів зниження аварійності та підвищення безпеки парку вантажопідймальних кранів. «Безпека вантажопідймальних кранів» - це стан крана при якому ризик виникнення аварії обмежений допустимим (прийнятним) рівнем.

З досвіду спостереження за вантажопідйомним обладнанням, що має незначну кількість відступів параметрів від допустимих норм проектування, відомо, що несучі конструкції, розраховані на різні поєднання навантажень, мають певний коефіцієнт запасу міцності і тому при нормальній експлуатації протягом терміну служби будь-яких суттєвих пошкоджень не отримують.

Таким чином, можна припустити, що поява випадкових навантажень, що обмежено перевищують допустимий рівень і мають

незначну частоту їх впливу, не призведе до будь-яких руйнувань, тобто умова безпеки - відсутність ризику аварії вантажопідйомного обладнання - у цьому випадку можна записати в наступному вигляді:

$$N \leq [N] \text{ за умови, що } p_{N \geq [N]} \leq [p] \quad (1)$$

де  $p_{N \geq [N]}$  - ймовірність появи навантаження  $N$  більше за допустиме значення  $[N]$

$[p]$  - допустима ймовірність появи навантаження більшого за його розрахункове значення.

Можна визначити значення ризику для конкретних умов:

$$R = Z[p] \quad (2)$$

де  $Z$  - можливі збитки від аварії, пов'язаної з перевищенням допустимого навантаження.

Тоді умова безпеки, що враховує шкоду від можливої події – аварії, пов'язаної з перевищенням допустимого навантаження на елемент вантажопідйомного обладнання, що розглядається, набуде вигляду:

$$N \leq [N] \text{ при } R_{N \geq [N]} \leq [R] \quad (3)$$

тут  $[R]$  - допустиме значення ризику, яке може бути визначене або встановлене для кожного типу вантажопідйомного обладнання залежно від його призначення та відповідальності.

Якщо під  $N$  розуміти будь-який із можливих силових факторів у розрахунковому елементі вантажопідйомного обладнання, наприклад, навантаження, напруга або деформації, то узагальнено вплив  $N$  на ризик експлуатації можна подати у вигляді функції щільності розподілу.

Встановивши розрахунковим чи експериментальним шляхом щільність розподілу силових чинників  $N$  можна визначити ймовірність знаходження величини  $N$  в інтервалі від  $[N]$  до  $N[p]$

$$p_N = \int_{[N]}^{N[p]} f(N) dN \quad (4)$$

Таким чином, завдання оцінки ризику зводиться до знаходження функції розподілу  $f(N)$  випадкової величини силового фактора  $N$ , яка після підтвердження закону розподілу, може бути задана за допомогою набору обчислювальних статистичних характеристик.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. – М.: Стройиздат, 1965. – 279 с.
2. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
3. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем - М.: Мир, 1980. - 604с.

УДК 534.1

Фурсіна А.Д.<sup>1</sup>, Кружнова С.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

## ОСЕСИМЕТРИЧНІ КОЛИВАННЯ НАПІВСФЕРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ

При дослідженні напівсферичної оболонки з відношенням діаметра до товщини порядку 1000 використовується динамічна теорія тонких оболонок Лява. Основні рівняння осесиметричних коливань сферичної оболонки мають вигляд:

$$\frac{d^2 \omega}{d\theta^2} + \cot\theta \frac{d\omega}{d\theta} + \frac{[2 - (1 - \nu)\Omega_s^2]}{1 - \Omega_s^2} \frac{[1 + (1 + \nu)\Omega_s^2]}{\omega} = 0 \quad (1)$$

$$u = \frac{1 - \Omega_s^2}{1 + (1 + \nu)\Omega_s^2} \frac{d\omega}{d\theta} \quad (2)$$

Розв'язання системи рівнянь (1), (2) має вигляд:

$$\omega = A_n P_n(\cos\theta) \quad (3)$$

$$u = A_n \frac{1 - \Omega_s^2}{1 + (1 + \nu)\Omega_s^2} \frac{d}{d\theta} P_n(\cos\theta) \quad (4)$$

де порядок  $n$  поліномів Лежандра  $P_n(\cos\theta)$  пов'язаний з безрозмірною частотою  $\Omega_s$  наступною залежністю:

$$n(n+1) - 2 = \frac{(1 + \nu)\Omega_s^2}{1 - \Omega_s^2} [3 - (1 - \nu)\Omega_s^2] \quad (5)$$

Розглядається напівсферична посудина, яка є оболонкою, сполученою з основною конструкцією вздовж екваторіальної лінії  $\theta = \pi/2$ .

Крайова умова для переміщень оболонки має вигляд:

$$\omega = 0 \quad \text{при} \quad \theta = \pi/2.$$

Щоб вираз (3) для переміщення  $\omega$  задовольняв зазначену крайову умову, необхідно щоб виконувалася умова  $n = 1, 3, 5, \dots$ . Тоді відповідно до залежності (5), виходять дві серії відповідних значень власної частоти.

У більшості основних форм коливань величини  $u$  істотно менше величин  $\omega$ . Крім того, підкріплення оболонок, що зазвичай використовуються поблизу лінії закріплення  $\theta = \pi/2$  знижують загальне переміщення  $u$ .

Список використаної літератури

1. Каудерер Г. Нелинейная механика. - М.: ИЛ, 1961 – 780 с.
2. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. - М.: Высшая школа, 1980 – 408 с.
3. V.F.Meish, T.V.Shypitsyna Осесиметричні коливання циліндричних оболонок змінної товщини під дією нестационарного навантаження // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій, №21, 2013, с. 167-177.



## РОЗРАХУНКОВЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗНОШЕНОГО ШАРУ НА АКТИВНИХ ПОВЕРХНЯХ ЗУБІВ ПАРИ КОСОЗУБИХ КОЛІС

Зубчасті передачі багатьох машин функціонують в умовах, коли неможливо повністю захистити зону зачеплення коліс від потрапляння абразивних часток, тому зуби коліс таких передач мають бути достатньо стійкими до зношування поверхневого шару.

Ми застосували відомі з трибології формули для товщини зношеного шару в довільній точці на активному профілі зуба колеса [1] та для інтенсивності лінійного зношування, а також відомий з механіки деформівного тіла вираз для контактних напружень у випадку притискання одне до одного двох пружних тіл, коли площадка контакту являє собою прямолінійну смужку. Було враховано відому з теорії евольвентних зубчастих передач [2] формулу для нормальної сили взаємодії пари циліндричних косозубих коліс (лінія дії цієї сили лежить у площині зачеплення та перпендикулярна до прямої теоретичного дотику гвинтових евольвентних поверхонь зубів цих коліс), а також вираз для сумарної довжини контактних площадок у циліндричній косозубої передачі, в якій коефіцієнт осьового перекриття близький до натурального числа. В результаті ми отримали [3] формулу для розрахунку товщини  $h_{ny\lambda}$  зношеного шару у довільній точці  $Y$  на активному профілі зуба циліндричного косозубого колеса  $\lambda$  у такому вигляді:

$$h_{ny\lambda} = \frac{2 \cdot k_{Int} \cdot T_2 \cdot \theta_{y\lambda} \cdot \omega_\lambda \cdot t}{\pi^2 \cdot \varepsilon_\alpha \cdot b_w \cdot r_{b2} \cdot H_{B\lambda}}, \quad (1)$$

де  $k_{Int}$  – безрозмірний коефіцієнт пропорційності між середньою по ширині площадки контакту інтенсивністю лінійного зношування для колеса  $\lambda$  та величиною  $(\sigma_H/H_{B\lambda})$ , який враховує шорсткість поверхонь зубів коліс і властивості мастильного матеріалу;  $T_2$  – тривало діючий постійний або еквівалентний обертальний момент на веденому валу;  $\theta_{y\lambda}$  – питомі ковзання при дотику евольвентних профілів зубів

коліс у довільній точці  $Y$ ;  $\omega_\lambda$  – кутова швидкість обертання колеса  $\lambda$ ;  $t$  – тривалість роботи косозубої передачі;  $\varepsilon_\alpha$  – коефіцієнт торцевого перекриття;  $b_w$  – ширина зубчастих вінців коліс;  $r_{b2}$  – радіус основного циліндру веденого косозубого колеса;  $\sigma_H$  – значення нормального напруження на серединній лінії смужки контакту зубів;  $H_{B\lambda}$  – твердість поверхневого шару матеріалу колеса  $\lambda$ , яку виражено в тих самих одиницях вимірювання, що і напруження  $\sigma_H$ .

Символ  $\lambda$  в нижньому індексі біля фізичної величини позначає зубчасте колесо, до якого має відношення ця величина ( $\lambda=1$  – ведуче,  $\lambda=2$  – ведене колесо). Значення  $k_{Int}$  не залежить від величини  $\sigma_H$ , воно однакове для обох коліс передачі для будь-якої ділянки активних поверхонь зубів.

Ми підставили у вираз для питомих ковзань  $\theta_{y\lambda} = V_y^{sl} / V_{y\lambda}^{pr}$  відомі з теорії евольвентних зубчастих передач [2] формули для швидкості ковзання  $V_y^{sl}$  між евольвентними профілями зубів ведучого та веденого коліс та швидкості переміщення  $V_{y\lambda}^{pr}$  точки теоретичного дотику профілів зубів вздовж профілю зуба колеса  $\lambda$ , коли ця точка займає довільне положення  $Y$  на прямій зачеплення.

Після цього ми отримали [3] формули для визначення товщин зношених шарів на поверхнях зубів ведучого та веденого коліс у нижніх активних точках евольвентних профілів ( $h_{nded1}$ ,  $h_{nded2}$ ) і у точках на вершинах зубів ( $h_{nadd1}$ ,  $h_{nadd2}$ ). Залежно від чисел зубів, коефіцієнтів зміщення твірної рейки для ведучого і веденого коліс та кута нахилу гвинтової лінії зуба на ділільних циліндрах, одна з чотирьох зазначених товщин зношеного шару буде найбільшою у порівнянні з усіма іншими ділянками на активних поверхнях зубів. Тому розрахунок чотирьох вказаних товщин та порівняння найбільшої серед них з допустимим значенням товщини зношеного шару надає можливість під час проектування циліндричної косозубої передачі перевірити, чи має вона достатню довговічність за критерієм зношування поверхневого шару.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kragelsky, I. V. Friction and Wear. Calculation Methods / I. V. Kragelsky, M. N. Dobychin, V. S. Kombalov. – Oxford : Pergamon Press, 1982. – 464 p.

2. Linke, H. Cylindrical Gears. Calculation, Materials, Manufacturing / H. Linke, J. Borner, R. Heb. – Munich: Carl Hanser Verlag, 2016. – 848 p.

3. Попович, О. Г. Коригування пари циліндричних косозубих коліс для зменшення зношування евольвентних поверхонь зубів [Текст] / О. Г. Попович, В. Г. Шевченко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2023. – № 4. – С. 40–49.

УДК 534.1

Фурсіна А.Д.<sup>1</sup>, Вищенко Є.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>студ. гр. ІФ 213сп НУ «Запорізька політехніка»

### **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА ТИПУ ВИРОБНИЦТВА НА ПЛАНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

Верстати з програмним керуванням дозволяють автоматизувати процеси механічної обробки навіть в умовах дрібносерійного виробництва. Гнучкість систем ЧПК і можливість підключення верстатів до загальної системи управління від однієї ЕОМ створюють перспективу використання цих верстатів і в умовах масового виробництва. Ефективність застосування верстатів з ЧПК досягається за рахунок зменшення витрат на технічне оснащення, втрат від браку, скорочення виробничих площ, підвищення режимів різання та концентрації операцій. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва складова машинного часу на універсальних верстатах складає 20–40 %, на верстатах з ЧПК вона збільшується до 50–70 %.

В роботі запропоновано удосконалення заводського технологічного процесу деталі вал-шестерня, яке полягає у заміні заготовки з круглого прокату діаметром 110 мм та довжиною 222 мм на заготовку поковку – кування вільне машинне. Ефективність цих змін в більш раціональному використанні матеріалу та зменшенні часу на чорнову обробку.

При виробництві деталі використовується два однакових верстата з ЧПК 16K20Ф3: для чорнової та чистої обробки циліндричних поверхонь точінням.

Деталь «Вал-шестерня» має циліндричну форму та відноситься до тіл обертання. Представляє з себе монолітне поєднання валу та шестерні. Відноситься до класу 72 – тіла обертання, що мають поверхні з елементами зубчастого зачеплення. Входить до двоступінчастого редуктора колісної пари трамваю моделі Т-3. Передає обертання та регулює окружну швидкість.

Оскільки ця деталь працює в умовах високих обертів при передаванні крутного моменту від двигуна на робочий орган, то передбачається перевірка на максимально допустиме напруження (перевірка на міцність) за формулою:

$$\tau_{\max} = M_{\text{кр}} / W_p,$$

де  $W_p$  – це полярний момент опору;

$M_{\text{кр}}$  – вхідний крутний момент.

Крім того робиться перевірка на жорсткість:

$$\theta = M_{\text{кр}} / G * J_p,$$

де  $\theta$  – це відносний кут закручування, нормований технічними умовами;

$G$  – модуль зсуву;

$J_p$  – полярний момент інерції.

Вал-шестерня виготовляється з конструкційної низьколегованої високоякісної сталі марки 12ХН2А ГОСТ 4543-2013. Ця сталь використовується для виготовлення цементованих деталей з високими вимогами до міцності, в'язкості, пластичності серцевини при твердій поверхні.

Прогресивні методи обробки забезпечується спеціально розробленими CAD-CAM системами, які встановлюються на верстати з ЧПК та об'єднуються в спеціальні автоматизовані модулі. Хоча верстати з ЧПК для своєї роботи потребують розробки спеціальних програм та наладки, але забезпечення високої точності та надійності визначає їх необхідність у виробництві подібних деталей.

Розрахований коефіцієнт серійності відповідає одиничному типу виробництва. На початку розробки технологічного процесу орієнтовано приймається дрібно-серійне виробництво. Зменшення норми часу на виготовлення деталі відбулося через використання верстатів з ЧПК, твердосплавного ріжучого інструмента, призначення високопродуктивних параметрів режимів часу, розрахунок за обґрунтованими нормами часу для серійного виробництва. Ознаки дрібно-серійного та одиничного виробництва збігаються за більшістю ознак. Тому можна вважати, що представлений технологічний процес відповідає і одиничному типу виробництва.

УДК 621.783.001

Ryagin S.<sup>1</sup>, Onyshchenko R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

<sup>2</sup>Postgraduate student of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

## **IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF THE SPECIAL TECHNOLOGICAL CONTAINERS FOR CHEMICAL HEAT TREATMENT**

The special technological containers for chemical heat treatment of workpieces belong to specialized equipment. That's why their design is not covered by standards [1], [2]. The particular character of this containers caused by complex thermomechanical influences during operation, including heating, chemical surface saturation, holding, and quenching processes. Stresses from temperature gradients under the quenching are the most significant factor that influence on an operation life of the special technological containers for chemical heat treatment. These stresses are significantly increased at stress concentration spots, such as sharp edges, small radius transitions, structural bends, thickness variations, and welds. Such stress concentrators are mostly located at gripping nodes of the special technological container for chemical heat treatment.

A good way to decrease stress concentration is to produce the special technological containers for chemical heat treatment by casting. But sometimes this is not possible due to technological limitations.

A comprehensive set of measures to reduce thermomechanical stresses in a typical special technological container for chemical heat treatment have been proposed. It includes creation of special cavities to improve the circulation of quenching liquid, ensuring more uniform cooling of the gripping node during quenching and, as a result, significant stress reduction. More extensive redesign of the gripping node of the special technological containers for chemical heat treatment is required for further reduction of the thermal stresses. This implies simultaneous modification of a design of the lifting device.

### **REFERENCES**

1. (2002). Pravyla budovy ta bezpechnoyi ekspluatatsiyi vantazhopidymal'nykh kraniv. DNAOP 0.00-1.03-02 [Rules for the design and safe operation of lifting cranes]. Kyiv, 209.
2. (2002). Pravyla bezpechnoyi pratsi z instrumentom ta prystroyamy. DNAOP 1.1.10-1.04-01 [Rules of safe work with tools and devices]. Kyiv, 90.

УДК 621.783.001

Shevchenko V.<sup>1</sup>, Onyshchenko R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”,

<sup>2</sup>Postgraduate student of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

## **CHOICE OF THE OPTIMAL MATERIAL FOR THE SPECIAL TECHNOLOGICAL CONTAINERS FOR CHEMICAL HEAT TREATMENT**

The special technological containers are one of the most critical kind of equipment for performing chemical heat treatment of workpieces. They are subjected to a complex set of thermomechanical loads in combination with the chemical saturation of the surface.

Attempts to make the special technological containers for chemical heat treatment of the structural steel are usually lead to their critical warping and embrittlement with the appearance of numerous cracks after few heat treatment cycles.

It was found that usage of the austenitic creep resisting steels would be most convenient for this type of equipment. Such steels are more expensive, but they provide much more long operation life.

This result is supported by experience in global practice, in particular, the material choice for this type of equipment by the German company Lohmann. The above also corresponds to the data of the following foreign and domestic standards for steels: European [1], US [2], Ukrainian [3].

It was determined that the following steels have the greatest resistance to creep at temperatures up to 1000°C and the highest silicon content required to slow down the diffusion of carbon during carburization: GX40NiCrSi25-20(1.4848) by EN 10295, HL by ASTM A297/A297M, 20X25H19C2J1 by ДСТУ 8781.

### **REFERENCES**

1. (2002). Heat resistant steel castings EN 10295:2002. European Committee for Standardization. 15.
2. (2017). Standard Specification for Steel Castings, Iron-Chromium and Iron-Chromium-Nickel, Heat Resistant, for General Application. ASTM A297/A297M-17. ASTM Committee on Standards. 4.
3. (2018). Vylyvky zi stali. DSTU 8781:2018 [Steel castings]. Kyiv, 38.

Наукове електронне видання  
Можна використовувати в локальному та  
мережному режимах

## **ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2024** **Транспортний факультет**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед студентів,  
викладачів, науковців, молодих вчених та аспірантів

*15–19 квітня 2024 року*

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM); супровідна  
документація.

Тираж 100 прим. Зам. №544.

Видавець і виготовлювач  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.