

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний Університет  
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет  
(факультет)

Кафедра Управління на транспорті  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня магістра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Вагана Дмитра Романовича  
(ПІБ)

академічної групи 275м - 23 - 1  
(шифр)

спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»  
(код і назва спеціальності)

на тему: Обґрунтування проекту вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу підрозділу ДСНС України з надзвичайних ситуацій (для умов 2-ї пожежно-рятувальної частини 8 Дніпровського Пожежно-рятувального загону ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області, м. Дніпро, Україна)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>Дерюгін О.В.</i>			
розділів:				
1 Розділ	<i>Дерюгін О.В.</i>			
2 Розділ	<i>Дерюгін О.В.</i>			
3 Розділ	<i>Дерюгін О.В.</i>			
4 Розділ	<i>Романюк Н.М.</i>			

Рецензент	<i>Ащеулова О.М.</i>			
-----------	----------------------	--	--	--

Нормоконтролер	<i>Федоряченко С.О.</i>			
----------------	-------------------------	--	--	--

Дніпро  
2024

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
Управління на транспорті

(повна назва)

*Таран І.О.*

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року

(дата)

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеня магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Вагану Д.Р.  
(прізвище та ініціали)

академічної групи 275м - 23 - 1  
(шифр)

спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»  
(код і назва спеціальності)

на тему: Обґрунтування проєкту вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу підрозділу ДСНС України з надзвичайних ситуацій (для умов 2-ї пожежно-рятувальної частини 8 Дніпровського Пожежно-рятувального загону ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області, м. Дніпро, Україна)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
1 Розділ	Див. додаток до завдання	
2 Розділ	Див. додаток до завдання	
3 Розділ	Див. додаток до завдання	
4 Розділ	Див. додаток до завдання	

Завдання видано

\_\_\_\_\_

(підпис керівника)

*Дерюгін О.В.*

(прізвище, ініціали)

Дата видчі завдання: \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання

\_\_\_\_\_

(підпис студента)

*Ваган Д.Р.*

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота:** 111 стор. (основна частина 81 стор.), 27 рис., 31 табл., 4 додатків, 38 джерел та 19 листів графічного матеріалу, оформленого у вигляді альбому (матеріали для презентації).

**Об'єкт дослідження** – процес визначення базових показників для побудови алгоритму вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля (далі - ПРА).

**Предмет дослідження** – базові показники вибору ефективного пожежно-рятувального обладнання (далі - ПРО) на прикладі ПРА у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників.

**Метою кваліфікаційної роботи** є обґрунтування проекту вибору ефективного ПРА при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу (далі - РС) підрозділу ДСНС України з надзвичайних ситуацій (далі - НС) за рахунок розробки процесу визначення базових показників для вибору ПРО на прикладі ПРА у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників.

**Методи дослідження** - достовірність і обґрунтованість дослідження забезпечено використанням наступних методів - логічного узагальнення; системного аналізу; теорії прийняття управлінських рішень, математичного моделювання, методів нечіткої логіки - методу "fuzzy Decision Making Trial and Evaluation" (далі – метод "fuzzy Dematel), методу аналізу ієрархій (далі – метод МАІ) і методу "Gray Relational Analysis" (далі – метод GRA).

**Наукове значення роботи** полягає у поєднанні для вибору основних груп і базових показників ПРО методів МАІ та fuzzy Dematel, що дозволило проаранжувати групи показників з виявленням вагових коефіцієнтів та визначити базові показники ПРО на основі їх причинно-наслідкових взаємозв'язків.

**Практичне значення отриманих результатів.** Визначено п'ять основних груп показників і із них сім базових показників для вибору ПРО на прикладі ПРА у відповідності до умов НС.

ПРОЦЕС, ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬ, МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ, МЕТОД FUZZY DEMATEL, МЕТОД GRAY RELATIONAL ANALYSIS, УПРАВЛІНСЬКЕ РІШЕННЯ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1. РОЗДІЛ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПРИ ООНОВЛЕННІ/РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПОЖЕЖНО РЯТУВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ МЕТОДОМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.....	
1.1 Теоретичний аналіз актуальність теми дослідження.....	
1.2 Теоретичний аналіз методології дослідження показників, які впливають на прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу пожежно- рятувального підрозділу методом нечіткої логіки.....	
1.2.1 Теоретичний аналіз використання методу аналізу ієрархій для прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу пожежно рятувального підрозділу.....	
1.2.2 Теоретичний аналіз використання методу fuzzy Decision Making Trial and Evaluation для прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу пожежно рятувального підрозділу.....	
Висновки по розділу.....	
2. РОЗДІЛ АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ. ПРОЦЕС ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ВИБОРУ ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ПРИКЛАДІ ПОЖЕЖНОЇ МАШИНИ.....	
2.1 Аналіз сучасного стану пожежної безпеки в м. Дніпро.....	
2.2 Аналіз сучасного стану пожежної безпеки в Самарському районі м. Дніпро.....	

2.3	Розрахунок необхідної кількості пожежних автомобілів для ефективного обслуговування населення Самарському районі м. Дніпро
2.4	Визначення базових показників для вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля.....
2.5	Постановка задачі дослідження в кваліфікаційній роботі.....
	Висновки по розділу.....
3	РОЗДІЛ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ МЕТОДОМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ...
3.1	Дослідження сучасних моделей пожежно-рятувальних автомобілів.....
3.2	Аналіз конструкції сучасного пожежно-рятувального автомобіля.....
3.3	Дослідження процесу вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля методом нечіткої логіки.....
3.3.1	Теоретичне дослідження методу нечіткої логіки, методу сірого аналізу
3.3.2	Теоретичне дослідження методології методу сірого аналізу.....
3.4	Результати розрахунку ефективного пожежного автомобіля методом сірого аналізу.....
	Висновки по розділу.....
4	РОЗДІЛ Економічне обґрунтування ефективності прийняття управлінських рішень з вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля.....
4.1	Розрахунок інвестиційного проекту з оновлення парку рухомого складу пожежного підрозділу.....
	Висновки по розділу.....
	ВИСНОВКИ.....
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....
	СПИСОК РИСУНКІВ І ТАБЛИЦЬ.....

## ДОДАТКИ

### Додаток А

Результати розрахунку методом fuzzy Dematel «причинно-наслідкових» взаємозв'язків факторів впливу вибору ефективного пожежно-рятувального автомобіля.....

### Додаток Б

Техніко-експлуатаційна характеристика пожежно рятувальних автомобілів.....

### Додаток В

Відзив керівника кваліфікаційної роботи.....

### Додаток Г

Рецензія на кваліфікаційну роботу.....

## ВСТУП

ПРО має високий вплив на боєздатність пожежно-рятувального підрозділу і відіграє важливу роль, як з рятувальної діяльності (швидка доставка рятувального підрозділу до місця виникнення НС, так і безпеки (забезпечення безпеки особистого складу). Боєздатність пожежно-рятувального підрозділу ґрунтується на наступних вимогах [1]:

- ефективна організація оперативно-рятувальних дій в умовах конкретного виду та рівня відповідної НС;
- оснащення сучасними засобами ПРО (засоби пожежогасіння, пожежно-рятувальна автомобільна техніка, засоби зв'язку та ін.);
- наявний підготовлений кваліфікований особистий склад підрозділу Держаної служби надзвичайних ситуацій (далі - ДСНС);

Саме ПРО - технічне оснащення пожежно-рятувального підрозділу сучасними ПРА суттєво підвищує його боєздатність і безпеку [2, 3]. Тому питанню переоснащення ПРО зокрема, оновлення автомобільного парку підрозділу ДСНС приділяється багато уваги.

Сучасний ПРА - це багатоцільовий автомобіль, який поєднує автомобільне механічне шасі і від свого цільового призначення (основні пожежні автомобілі, спеціальні пожежні аварійно-рятувальні автомобілі, допоміжні пожежні аварійно-рятувальні автомобілі, аварійно-рятувальні автомобілі, аварійно-рятувальні автомобілі цільового призначення) обладнаний спеціальним ПРО (цистерна, pompa, пожежні рукава для подачі рідини для гасіння пожеж, засобами зв'язку, системою GPS навігації та ін.). ПРА можна поділити на 3 основні блоки: основні, спеціальні та допоміжні [4]. Основні ПРА поділяються на загального призначення (автоцистерни, автонасоси, автомобілі першої допомоги) та автомобілі цільового призначення (порошкового гасіння, пінного гасіння, пожежні автонасосні станції та інші) та слугують для пересування особового складу до/з місця пожежі, подачі вогнегасних речовин для гасіння, пожежно-технічного оснащення. Вибір ПРА повинен базуватися на

багатофакторному аналізі значної кількості різних показників, які поєднують його використання у відповідності до умов НС: оперативно-тактичні, транспортні; експлуатаційні, соціальні та ін. [5, 6]. Наприклад, на пожежу квартири в багатоповерхівці виїжджає основний ПРА та спеціальний ПРА (автодробина), який призначений для доставки особового складу, вогнегасних речовин та пожежно-технічного обладнання на необхідну висоту, а також евакуації потерпілих. Для гасіння паливно-мастильних матеріалів призначені ПРА пінного гасіння. З вище наведеного можна зробити висновок щодо актуальності завдання з визначення основних груп показників і базових показників для вибору ПРА, які поєднують його ефективно використання у відповідності до умов відповідної НС.

**Об'єктом дослідження** є процес визначення базових показників для побудови алгоритму вибору ефективного ПРА.

**Предметом дослідження** є базові показники вибору ефективного ПРО на прикладі ПРА у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників.

**Наукове значення роботи** полягає у поєднанні для вибору основних груп і базових показників ПРО методів МАІ та fuzzy Dematel, що дозволило проаранжувати групи показників з виявленням вагових коефіцієнтів та визначити базові показники ПРО на основі їх причинно-наслідкових взаємозв'язків.

**Практичне значення отриманих результатів.** Визначено п'ять основних груп показників і із них сім базових показників для вибору ПРО на прикладі ПРА у відповідності до умов НС.



## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи – є обґрунтування проекту вибору ефективного ПРА при оновленні/реструктуризації парку РС підрозділу ДСНС України з НС за рахунок розробки процесу визначення базових показників для вибору ПРО на прикладі ПРА у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників.

В першому розділі кваліфікаційної роботи проведені дослідження, які спрямовані на визначення теоретичних аспектів алгоритму прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку РС пожежно рятувального підрозділу методами нечіткої логіки.

Проведено аналіз літературних джерел, в яких розглянуті розв'язання аналогічних завдань. Визначенні їх переваги і недоліки, а також аргументовано вказано про відмінність запропонованого алгоритму дослідження від відомих досліджень.

Проведено теоретичний аналіз методології дослідження показників, які впливають на прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку РС пожежно рятувального підрозділу методами нечіткої логіки. Для вирішення запропонованого завдання проведено теоретичне дослідження використання методів нечіткої логіки - методу МАІ і методу fuzzy Dematel.

Виходячи з аналізу предметної області, можна визначена мета дослідження в кваліфікаційній роботі, яка полягає у розробці процесу визначення базових показників для вибору ПРО на прикладі ПРА у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників. Поставлена мета потребує вирішення наступних задач:

- перша - ранжування груп показників і визначення основних методом МАІ;
- друга - ранжування самих показників і визначення базових методом fuzzy Dematel;
- вибір ПРА на основі базових показників.

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз сучасного стану пожежної безпеки Самарського району м. Дніпра, а також проаналізовано процес

визначення базових показників для вибору ПРО (на прикладі ПРА). За результатами проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Визначено, що в наступний час різко збільшується кількість техногенних катастроф і НС на території України. Статистичні дані свідчать про те, що у 2023 році в Україні зареєстровано 143 НС, внаслідок яких загинуло 287 осіб та постраждало 680 осіб. У порівнянні з 2022 роком зареєстровано збільшення кількості загиблих у НС на 13,4 %, що обумовлює важливість завдань підвищення технічного забезпечення пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України. Основними проблемами, які повинні бути негайно вирішені є наступні:

- Забезпеченість ДРПЧ. В великих містах України в наступний час в умовах розширення житлового будівництва, є відповідна недостатність відповідної кількості пожежних частин.

- Невідповідність технічного оснащення, що є в наявності вимогам сучасних стандартів, які регламентують відповідні технічні заходи для локалізації і гасіння пожеж. Великий знос і невідповідальність сучасним технологіям локалізації і гасіння пожеж. Не відповідальність вимогам технологіям висотного сучасного будівництва.

- Недостатнє фінансування з державного резерву міського бюджету для оновлення ПРО, яке використовується для локалізації НС.

2. Розроблено процес з обґрунтування вибору основних груп і базових показників ПРО, який складається з восьми кроків, зокрема підбір експертів; формування каталогу показників, які характеризують умови експлуатації; виявлення основних груп показників підхід з ранжування альтернатив з урахуванням вагових коефіцієнтів; виявлення експертами «причинно-наслідкових» взаємозв'язків серед сукупності показників ПРО з метою виділення найвпливовіших – базових.

3. Наведено приклад визначення основних груп і базових показників вибору ПРА.

4. Визначено основні п'ять основних груп (оперативно-тактичні, транспортні, ергономічні експлуатаційні, економічні) і сім базових показників (оперативно-тактична характеристика району, ємність цистерни, потужність насосу, потужність двигуна, максимальний крутний момент двигуна, вартість ПРА) для вибору ефективно ПРА у

відповідності до умов НС у разі оновлення або реструктуризації парку РС пожежного підрозділу.

5. Запропоновано на основі поєднання методів нечіткої логіки - методів МАІ та fuzzy Dematel прийняти управлінське рішення до вибору показників для ПРО на основі виявлення - базових показників, що полегшують і зменшують час процесу вибору ефективного ТЗ.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження процесу вибору ПРА методом нечіткої логіки.

1. Проведено дослідження сучасних моделей пожежно-рятувальних автомобілів. Проведено аналіз конструкції сучасного ПРА.

2. Розроблено процес визначення ефективного ПРА із сукупності альтернативних методом сірого реляційного аналізу, який передбачає оцінювання фактичних показників з цільовими (еталонними) для забезпечення вибору найкращої альтернативи.

3. Запропоновано проведення визначення коефіцієнта сірого аналізу показників за кожною групою фактичних показників ПРА, що оцінюється для зменшення впливу людського чинника.

4. Запроваджено для ранжування показників два кроки з визначення вагових коефіцієнтів як для кожного показника, так і для кожної групи показників, що дозволить посилити вплив важливих критеріїв при обранні альтернатив.

5. За представленим алгоритмом було проведено оцінювання 4 моделей ПРА з метою вибору найбільш ефективного для використання у якості ПРА загального користування за оперативно-тактичним призначенням - обслуговування міської забудови. З проведених розрахунків, можна зробити висновок, що позицію лідера займає ПРА моделі MAN механічне шасі TGA 33.480 6x4 BBS- (значення розрахованої величини індексу - 4,25). На другому місці ПРА моделі MB Astros механічне шасі 2548 6x4 (значення розрахованої величини індексу -4,03). Третє місце займає ПРА моделі Tatra Terra (значення розрахованої величини індексу - 3,99).

В економічному розділі кваліфікаційної роботи проведено економічне обґрунтування ефективності прийняття управлінських рішень з вибору ефективного

ПРА. На основі результатів аналізу запропонованого дослідження проведений розрахунок показників інвестиційного проекту з оновлення парку РС пожежного підрозділу який передбачає придбання 1 одиниці ПРА. Забезпечення фінансовими ресурсами здійснювалось за рахунок коштів держбюджету, що передбачає низьку ставку дисконтування грошових потоків. Це дозволило визначити період окупності інвестиційних проектів, їх чисту теперішню вартість, індекс прибутковості та внутрішню норму прибутку. Проекти розглянуті у різних варіантах (тобто враховувались різні типи ПРА).

Отримані показники ефективності інвестиційного проекту свідчать про можливість його реалізації з використанням ПРА моделі MAN TGA 33.480 6x4 BBS-WW: період окупності інвестиційного проекту, що складатиме - 1,92 роки; його чисту теперішню вартість, що дорівнює - 12628255,52 грн.; індекс прибутковості, що становить - 3,56; внутрішню норму прибутку, що дорівнює – 93,23 %.

Експлуатація запропонованої моделі ПРА дозволить не тільки оновити парк РС пожежного підрозділу, а й своєчасно і безпечно виконувати обов'язки пожежної допомоги. Показники з точки зору оцінки інвестиційного проекту не самі найкращі за ПРА моделі MAN TGA 33.480 6x4 BBS-WW, але розглядається технічна сторона даного ТЗ, яка підтверджується у 3 розділі і показує безпечність експлуатації даного ПРА та економічність зі сторони витрат коштів держбюджету. Тобто незважаючи на значне вкладення фінансових ресурсів на теперішній час, відбувається економія коштів при експлуатації оскільки термін експлуатації ПРА моделі MAN TGA 33.480 6x4 BBS-WW значно більш ніж усіх, що розглядаються.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Huang, A.-C., Huang, C.-F., & Shu, C.-M. (2023). A Case Study for an Assessment of Fire Station Selection in the Central Urban Area. *Safety*, 9(4), 84. <https://doi.org/10.3390/safety9040084>.
2. Wiśnios, M., Tatko, S., Mazur, M., Paś, J., Łukasiak, J.M., & Klimczak, T. (2024). Identifying Characteristic Fire Properties with Stationary and Non-Stationary Fire Alarm Systems. *Sensors*, 24(9), 2772. <https://doi.org/10.3390/s24092772>.
3. Liu, D., Xu, Z., Yan, L., & Fan, C. (2020). Dynamic estimation system for fire station service areas based on travel time data. *Fire Safety Journal*, 118, 103238. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103238>.
4. Ренкас, А.А. (2023). Метод підвищення експлуатаційної надійності пожежних автоцистерн на основі аналізу їх несправностей. *Пожежна безпека*, 43, 137-143. <https://doi.org/0000-0002-5518-3508>.
5. Дерюгін, О.В., Чеберячко, С.І. (2015). Обґрунтування вибору вантажного автомобіля за критерієм мінімізації психофізіологічного навантаження на водія. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 3(3(75)), 15-22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42127>.
6. Nyimbili, P.H., & Erden, T. (2020). GIS-based fuzzy multi-criteria approach for optimal site selection of fire stations in Istanbul, Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71, 100860. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100860>.
7. Sivrikaya, F., & Küçük, Ö. (2022). Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region. *Ecological Informatics*, 68, 101537. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101537>.
8. Yao, J., Zhang, X., & Murray, A.T. (2019). Location optimization of urban fire stations: Access and service coverage. *Computers, Environment and Urban Systems*, 73, 184-190. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.10.006>.
9. Stofkova, J., Krejnus, M., Stofkova, K.R., Malega, P., & Binasova, V. (2022). Use of the Analytic Hierarchy Process and Selected Methods in the Managerial Decision-Making

Process in the Context of Sustainable Development. *Sustainability*, 14, 11546. <https://doi.org/10.3390/su141811546>.

10. Yuan, Z., Wen, B., He, C., Zhou, J., Zhou, Z., & Xu, F. (2022). Application of Multi-Criteria Decision-Making Analysis to Rural Spatial Sustainability Evaluation: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 6572. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116572>.

11. Cheberiyachko, S., Yavorska, O., Deryugin, O., Lantukh, D., Bas, I., Kruzhylo, O., & Melnyk, V. (2023). Improving safety of passenger road transportation. *Transactions on transport sciences*, 14(2), 11-20. <https://doi.org/10.5507/tots.2023.003>.

12. Tsopa, V., Cheberiyachko, S., Litvinova, Y., Vesela, M., Deryugin, O., & Bas, I. (2023). The dangerous factors identification features of occupational hazards in the transportation cargo process. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 25(3), F64-F77 <https://doi.org/10.26552/com.C.2023.058>.

13. Tsopa, V., Nehrii, T., Cheberiyachko, S., Litvinova, Ya., Deryugin, O., & Horoshko, N. (2024). Improving the risk assessment process of road accidents involving trucks. *Transactions on transport sciences*, 3, on-line. <https://doi.org/10.5507/tots.2024.011>.

14. Rodrigues, D., Godina, R., & da Cruz, P.E. (2021). Key Performance Indicators Selection through an Analytic Network Process Model for Tooling and Die Industry. *Sustainability*, 13, 13777. <https://doi.org/10.3390/su132413777>.

15. Tsopa, V., Cheberiyachko, S., Litvinova, Y., Vesela, M., Deryugin, O., & Bas, I. (2023). The Dangerous Factors Identification Features of Occupational Hazards in the Transportation Cargo Process. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 25(3), F64-77. <https://doi.org/10.26552/com.C.2023.058>.

16. Рудасьов В.Б., Редчиць В.В., Коробочка О.М. Автомобіль. Теорія експлуатаційних властивостей. – Навчальний посібник для студентів вузів фаху «Автомобілі і автомобільне господарство». – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2001. – 287 с.

17. Сахно В.П., Поляков В.М., Головань В.Г., Сакно О.П. та інші. Автомобілі. Теорія. Навчальний посібник. Військова академія. 2017. 453 с.

18. Marto, A., Hajihassani, M., Jahed Armaghani, D., Tonnizam Mohamad, E., & Makhtar, A.M. (2014). A novel approach for blast-induced fly rock prediction based on imperialist competitive algorithm and artificial neural network. *The Scientific World Journal*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/643715>.

19. Trivedi, R., Singh, T.N., & Raina, A.K. (2014). Prediction of blast-induced flyrock in Indian limestone mines using neural networks. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6(5), 447-454. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2014.07.003>.

20. Цопа, В., Бородіна, Н., Чеберячко, С., Дерюгін, О., Гільперт, В., & Боровицький, О. (2022). Оцінка професійних ризиків водія технологічного вантажного автомобіля для умов лісового господарства. *Social Development and Security*, 12(5), 93-110. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.9>.

26. Дерюгін, О., Столбченко, О., Лябах, Д., & Чеберячко, Л. (2024). Обґрунтування ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, (48), 120–134. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.48.2024.310696>.

27. Цопа, В., Бородіна, Н., Чеберячко, С., Дерюгін, О., Гільперт, В., & Боровицький, О. (2022). Оцінка професійних ризиків водія технологічного вантажного автомобіля для умов лісового господарства. *Social Development and Security*, 12(5), 93-110. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.9>.

21. Xia, Z., Li, H., & Chen, Y. (2017). An Integrated Spatial Clustering Analysis Method for Identifying Urban Fire Risk Locations in a Network-Constrained Environment: A Case Study in Nanjing, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 370. <https://doi.org/10.3390/ijgi6110370>.

22. Bazaluk, O., Pavlychenko, A., Yavorska, O., Nesterova, O., Cheberichko, S., Deryugin, O. & Lozynskyi, V. (2024). Improving the risk management process in quality management systems of higher education. *Scientific Reports*, 14, 3977. DOI: 10.1038/s41598-024-53455-9.

23. Аналітичні розрахунки для обґрунтування оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів: Практикум / Сировий В.В., Сенчихін Ю.М., Ушаков Л.В., Бабенко О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 236 с (260 с).

24. Офіційний сайт ТОВ "ПК "ПОЖМАШИНА". Режим доступу: <https://pkpm.com.ua/uk/pro-kompaniy/istoriya-uspikhu/>.

25. Гащук, П.М., Сичевський, М.І. Загальні світові тенденції в царині проектування й виготовлення мобільної пожежно-рятувальної техніки. Європа. Режим доступу:

<https://sci.lidubgd.edu.ua/bitstream/123456789/4480/1/%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97%20%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B8%20-%20New2.pdf>.

26. Silva, F., Raposo, J., Farinha, J.T., Raposo, H., Reis, L. (2023). Study of the Condition of Forest Fire Fighting Vehicles. Fire, 6(7), 274. <https://doi.org/10.3390/fire6070274>.

27. EN 1846-2:2009+A1:2013; Firefighting and Rescue Service Vehicles Common Requirements. Safety and Performance. Comite Europeen de Normalisation: Paris, France, 2013.

28. Škrinjarić, T., & Šego, B. (2019). Using Grey Incidence Analysis Approach in Portfolio Selection. International Journal of Financial Studies, 7, 1. <https://doi.org/10.3390/ijfs7010001>.

29. Kaur, P., Dutta, V., Pradhan, B.L., Haldar, S., Chauhan, S. (2021). A Pythagorean Fuzzy Approach for Sustainable Supplier Selection Using TODIM. Mathematical Problems in Engineering, 2021, 254894. <https://doi.org/10.1155/2021/4254894>.

30. Nayakappa P.A., Gaurish A.W., & Mahesh G. (2019). Grey Relation Analysis Methodology and its Application. Research Review International Journal of Multidisciplinary, 4(02), 409-411. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2578088>.

31. Tsopa, V., Cheberiachko, S., Cheberiachko, Y., Deryugin, O., Chencheva, O., Rieznik, D., Klimov, E., Lashko, Y., Pashko, D., & Biliaieva, V. (2024). Development of a new ergonomic risks management algorithm on the example of drivers. Eastern-European



Journal of Enterprise Technologies, 2(3 (128), 38–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.302886>.

32. Kose, E., Vural, D., & Canbulut, G. (2020). The most livable city selection in Turkey with the grey relational analysis, *Grey Systems: Theory and Application*, 10(4), 529-544. <https://doi.org/10.1108/GS-04-2020-0042>.

33. Škrinjaric, T. (2020). Dynamic Portfolio Optimization based on Grey Relational Analysis Approach. *Expert Systems With Applications*, 147, 113207. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113207>.

34. Grdinić-Rakonjac, M., Antić, B., Pešić, D., & Pajković, V. (2021). Construction of Road Safety Composite Indicator Using Grey Relational Analysis. *Promet – Traffic & Transportation Archives*, 33(1), 103-116. <https://doi.org/10.7307/ptt.v33i1.3587>.

35. Canbulut, G., Köse, E., & Arik, O.A. (2022). Public transportation vehicle selection by the grey relational analysis method. *Public Transport*, 14, 367-384. <https://doi.org/10.1007/s12469-021-00271-3>.

36. Guo, X., Xu, P., Shao, X. (2022). Comprehensive evaluation of power quality of coal mine power grid based on equilibrium empowerment and improved grey relational projection method. *Energy Reports*, 8(4), 1680-1688. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.287>.

37. Feng, S., Chen, Z., Guan, Q., Yue, J., & Xia, C. (2022). Grey Relational Analysis-Based Fault Prediction for Watercraft Equipment. *Frontiers in Physics*, 10, 885768. <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.885768>.

38. Zhu, R., Bhutta, Z.M., Zhu, Y., Ubaidullah, F., Saleem, M., & Khalid, S. (2022) Grey relational analysis of country-level entrepreneurial environment: A study of selected forty-eight countries. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 985426. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.985426>.