

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ НА ПРОФЕСІЙНИЙ РИЗИК ПРАЦІВНИКІВ АВТОТРАНСПОРТУ

О. В. Войналович<sup>1</sup>, В. С. Хмельовський<sup>1</sup>, М. М. Мотрич<sup>1</sup>, Т. П. Федорина<sup>2</sup>, М. Б. Клименко<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

<sup>2</sup> ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», Ніжин, Україна

<sup>3</sup> Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

\* E-mail для листування: klymenko\_mike@ukr.net

**Отримано:** 08 квітня 2026; **Прийнято:** 23 травня 2026;

: 31 2026

**Цитувати як:** Войналович, О. В., Хмельовський, В. С., Мотрич, М. М., Федорина, Т. П., Клименко М. Б. (2026). Моделювання впливу виробничих чинників на професійний ризик працівників автотранспорту. *Проблеми охорони праці в Україні*, 42(1), 79–86

**Мета.** Розробити методологію кількісного оцінювання впливу несприятливих чинників системи «водій-автомобіль-довкілля» на ймовірність дорожньо-транспортних пригод за участі вантажного автотранспорту.

**Методологія.** У цій роботі для розрахунку професійних ризиків водіїв вантажного автотранспорту запропоновано методика, в якій передбачено можливість враховувати організаційні, технічні та психофізіологічні причини травматизму в автотранспортній галузі. Методика базується на аналізі дерева подій (Event Tree Analysis), як індуктивному графічному методі. Застосування такого підходу для оцінювання показників професійного ризику на автотранспорті дозволяє порівняти вплив небезпечних чинників різних природи і виду, визначити, з урахуванням внеску кожного окремого чинника, загальний ступінь небезпеки.

**Висновки.** Проаналізовано низку небезпек і шкідливостей на автомобільному транспорті, охарактеризовано найбільш суттєві з них та оцінено професійні ризики на автотранспорті залежно від умов виконання транспортних робіт. Показано, що на достовірність моделювання суттєво впливає недостатня обґрунтованість причин дорожньо-транспортних пригод та велика кількість елементів системи «водій-автомобіль-середовище».

**Наслідки дослідження.** Наукова новизна дослідження полягає у вдосконаленні підходу до оцінювання професійного ризику працівників автомобільного транспорту завдяки застосуванню логіко-імітаційного моделювання з використанням програмного комплексу SAPHIRE, що дає змогу визначити ймовірність настання небезпечних ситуацій у системі «водій-автомобіль-середовище» на основі статистично обґрунтованих даних про причини виробничого травматизму.

**Оригінальність.** Практична значимість отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу до моделювання та оцінювання професійних ризиків для підвищення рівня безпеки праці працівників автомобільного транспорту. Отримані результати можуть бути використані під час удосконалення СУОП (Системи управління охороною праці) на підприємствах автомобільного транспорту, розроблення профілактичних заходів із запобігання виробничому травматизму та підвищення ефективності управління ризиками у транспортній галузі.

**Ключові слова:** охорона праці, професійний ризик, моделювання небезпечних ситуацій, оцінювання професійних ризиків, автомобільний транспорт.

## MODELING THE IMPACT OF PRODUCTION FACTORS ON THE OCCUPATIONAL RISK OF MOTOR TRANSPORT WORKERS

O. Voinalovych<sup>1</sup>, V. Hmelovskiy<sup>1</sup>, M. Motrych<sup>1</sup>, T. Fedoryna<sup>2</sup>, M. Klymenko<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Of the National University of bioresources and nature management of Ukraine «Nizhyn agrotechnical institute», Nizhyn, Ukraine

<sup>3</sup> Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

\* E-mail for correspondence: klymenko\_mike@ukr.net

**Received:** 08 April 2026; **Accepted:** 23 May 2026; **Published:** 31 May 2026

**Cite as:** Voinalovych, O., Hmelovskiy, V., Motrych, M., Fedoryna, T., Klymenko, M. (2026). Modeling the impact of production factors on the occupational risk of motor transport workers. *LabourProtection Problems in Ukraine*, 42(1) 79–86

**Purpose.** To develop a methodology for the quantitative assessment of the impact of adverse factors within the «driver-vehicle-environment» system on the probability of road traffic accidents involving heavy-duty vehicles.

**Methodology.** In this study, a method for calculating the professional risks of heavy-duty vehicle drivers is proposed, which provides for the consideration of organizational, technical, and psychophysiological causes of injuries in the motor transport industry. The methodology is based on Event Tree Analysis (ETA) as an inductive graphical method. Applying this approach to assess professional risk indicators in motor transport allows for comparing the influence of hazardous factors of different natures and types, and determining the overall degree of danger, taking into account the contribution of each individual factor.

**Findings.** A number of hazards and harmful factors in motor transport were analyzed, the most significant of which were characterized, and professional risks in motor transport were evaluated depending on the conditions of transport operations. It was shown that the reliability of modeling is significantly affected by the insufficient justification of road traffic accident causes and the large number of elements in the «driver-vehicle-environment» system.

**Practical implications.** The scientific novelty of the study lies in improving the approach to assessing the professional risk of motor transport workers through the application of logic-simulation modeling using the SAPHIRE software suite. This enables the determination of the probability of hazardous situations arising in the «driver-vehicle-environment» system based on statistically sound data on the causes of occupational injuries.

*Originality.* The practical significance of the results lies in the possibility of using the proposed approach for modeling and assessing professional risks to increase the level of occupational safety for motor transport workers. Significance of Results. The obtained results can be utilized in improving Occupational Health and Safety Management Systems (OHSMS) at motor transport enterprises, developing preventive measures to avoid occupational injuries, and enhancing risk management efficiency in the transport industry.

**Keywords:** occupational safety, occupational risk, modeling of dangerous situations, assessment of occupational risks, road transport.

**Постановка проблеми.** Серед елементів ефективного управління системою охорони праці на автотранспорті потрібно вказати необхідність безперервного виявлення виробничих небезпек та оцінювання професійних ризиків; а на цій основі обґрунтованого впровадження запобіжних та захисних заходів безпеки праці. Під час перевезень автотранспортом вантажів аграрного виробництва трапляються дорожньо-транспортні пригоди (ДТП), важкість наслідків яких посилюється у разі транспортування небезпечних вантажів. Щоб розробити заходи, що знижують ризик ДТП за участі вантажного автотранспорту, потрібно враховувати комплекс чинників, пов'язаних з автомобільними перевезеннями, виокремити найбільш значущі з них та оцінити професійні ризики на автотранспорті залежно від умов виконання транспортних робіт [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для аналізу впливу несприятливих чинників у системі «водій-автомобіль-довкілля» («В-А-Д») ефективним є математичне моделювання небезпечних (аварійних) ситуацій, зокрема із залученням логічних операторів та апарату теорії ймовірностей [3, 4]. Однак достовірність моделювання нині обмежує недостатня обґрунтованість величин ймовірностей прояву причин ДТП, що є у розрахунках базовими подіями, та велика кількість впливів на професійний ризик окремих елементів системи «В-А-Д» [5].

Нині для моделювання небезпечних виробничих ситуацій розроблено різні підходи, що дозволяють описати зв'язки у межах запропонованих моделей [6, 7]. У багатьох роботах [8–10], присвячених проблемі оцінювання професійних ризиків, не просто обговорюють визначення професійного ризику, а й пропонують методи врахування впливу численних обставин небезпечних ситуацій. Але, незважаючи на велику кількість алгоритмів оцінювання професійних ризиків, нині в Україні не запропоновано до впровадження прийнятні для практики об'єктивні методики оцінювання ризику для виробничих процесів із застосуванням техніки, зокрема для автотранспортної галузі. Для багатьох методик характерним є наявність істотних недоліків щодо їх практичного застосування (через трудомісткість, некоректність задавання початкових даних у розрахунках, не враховують тривалість впливу небезпечних чинників та ін.) [11, 12].

Варто вказати на дослідження [13, 14], які спрямовано на розвиток методів моделювання небезпечних ситуацій на автотранспорті. Методи, які було використано у цих дослідженнях, ґрунтуються на графічному та логіко-імітаційному моделюванні характерних для автотранспорту ДТП, що дозволяє розробити більш ефективні системи управління безпекою руху [15, 16]. У цих методах виявляють виробничі небезпеки внаслідок поглибленого логічного аналізу небезпечних ситуацій, обставин та умов їх утворення і розвитку. У розроблених схемах, де враховують відмови техніки і помилкові дії операторів різних складних систем, передбачають математичне оброблення параметрів моделей для оцінювання кількісних значень ймовірностей виникнення небажаних випадкових подій [17]. Оцінені рівні небезпеки важливі для планування

організаційних працезохоронних заходів і улаштування технічних засобів безпеки [18].

Для оцінювання професійних ризиків працівників автотранспорту застосовують різні якісні методи, що здебільшого є видозмінами методу експертних оцінок [19], а також кількісні методи [20], в яких на основі показників, що відображають частоту настання небезпечної події та її ймовірної важкості, розраховують орієнтовне значення професійного ризику.

Оцінювання ризиків небезпечних ситуацій на автотранспорті має ґрунтуватися на статистичних даних про причини і обставини ДТП, на результатах контролю технічного стану транспортних засобів, а також на результатах моделювання небезпечних подій, їхнього впливу на рівень виробничого травматизму.

**Мета та методи дослідження.** Розробити методологію кількісного оцінювання впливу несприятливих чинників системи «водій-автомобіль-довкілля» на ймовірність дорожньо-транспортних пригод за участі вантажного автотранспорту.

У цій роботі для розрахунку професійних ризиків водіїв вантажного автотранспорту запропоновано методику, в якій передбачено можливість враховувати організаційні, технічні та психофізіологічні причини травматизму в автотранспортній галузі. Методика базується на аналізі дерева подій (Event Tree Analysis), як індуктивному графічному методі [21]. Застосування такого підходу для оцінювання показників професійного ризику на автотранспорті дозволяє порівняти вплив небезпечних чинників різних природи і виду, визначити, з урахуванням внеску кожного окремого чинника, загальний ступінь небезпеки.

Для розрахунку професійного ризику водіїв вантажного автотранспорту було використано адаптовану комп'ютерну програму SAPHIRE, що дозволяє розрахувати ймовірність настання травмонебезпечної ситуації з урахуванням множини ймовірностей базових подій [22].

У розроблених моделях настання ДТП ймовірності базових подій задавали згідно зі статистичними показниками причин виробничого травматизму в автотранспортній галузі.

**Виклад основного матеріалу.** Перевагою розробленого у цій роботі методу логічного моделювання процесів формування і можливого настання травмонебезпечних та аварійних ситуацій є те, що метод дозволяє виявити найбільш значущі (визначальні) події, з яких починається небезпечний процес, а отже й оцінити несприятливі наслідки цього процесу.

У моделях, в яких враховують обставини ДТП, потрібно розглядати ймовірність потрапляння автомобіля у ДТП та прогнозовану важкість аварії. Тобто як складники моделі має бути враховано такі обставини:

- перевищення допустимої швидкості руху автомобілем;
- можливі алкогольне або наркотичне сп'яніння водія, його втома чи погіршення видимості на дорозі (у темний час доби чи через погодні умови);
- несправний стан гальмівної системи автотранспортного засобу, недотримання встановленої періодичності проходження технічних оглядів;
- незадовільний стан доріг;
- недостатня закріпленість вантажу тощо.

Але встановлення значущості кожного із зазначених чинників ризику ДТП, як і його кількісне представлення, є складним завданням.

Ступінь важкості наслідків ДТП може збільшитися, зокрема, внаслідок:

- виникнення пожежі після аварії, що призвело до витікання з автомобіля легкозаймистих рідин;
- запізнення з наданням домедичної допомоги потерпілому;
- складнощів під час рятування потерпілих з понівеченого автомобіля тощо.

Залежності ризику травмування водія від цих чинників не є лінійними.

На безпеку дорожнього руху може суттєво впливати психофізіологічний стан водія, зокрема: почуття внутрішнього дискомфорту, втома, швидкість реакції, культура та навички керування автомобілем, використання пасків безпеки тощо.

Вищезазначені та інші обставини ДТП можна відобразити у багатфакторних моделях створення небезпечних ситуацій на дорогах, але для кількісного оцінювання ризику настання ДТП до моделі мають входити певні кількісні значення визначальних параметрів, які потрібно обґрунтувати. То ж у розробленому в цій роботі методі розрахунку професійного ризику запропоновано відобразити у моделях дерева подій (*Event Tree*) як основні причини ДТП ті, що узагальнено наведено в актах розслідування нещасних випадків на автотранспорті та кількісно статистично оцінено у річній галузевій звітності.

Серед основних (загальних) причин ДТП за участі автотранспорту найчастіше вказують:

- незадовільний технічний стан транспортних засобів;
- порушення трудової та виробничої дисципліни учасниками дорожнього руху;
- порушення правил дорожнього руху;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів;

– порушення технологічного процесу перевезення вантажів;

– психофізіологічні причини, пов'язані з втомою чи хворобливим станом водія тощо.

У цій роботі зазначений перелік причин ДТП було співставлено з основними причинами виробничих нещасних випадків, зазначених у статистичній інформації на сайті <https://stat.gov.ua/uk/datasets/travmatyzm-navyrobnytstvi>, де остання статистика виробничого травматизму (кількість потерпілих) стосувалася 2022 року. Потрібно вказати, що структура причин виробничого травматизму в річній статистиці з виробничого травматизму за останні 5–6 років суттєво змінилася внаслідок пандемії та бойових дій на території України. Нині у цій статистиці 37 % причин виробничих нещасних випадків припадає на техногенні, природні, екологічні та соціальні причини, де основна частина – це наслідки бойових дій. Внаслідок цього значно зменшилася частка організаційних (до 45,5 %) та технічних причин (до 4,45 %) травматизму на виробництві.

Тому доцільніше аналізувати статистику виробничого травматизму до 2022 року. У таблиці 1 представлено результати розрахунку частки окремих причин виробничого травматизму за 2017–2021 рр. на основі даних, які наведено у відповідних статистичних збірниках «Травматизм на виробництві в Україні у 20\_\_ році» Держпраці України. Результати виконаного статистичного аналізу показали, що співвідношення організаційних, технічних та психофізіологічних причин смертельних виробничих травм протягом досліджуваного періоду змінилося незначно (значення дисперсії досить малі), кінетичні діаграми, які можна побудувати за даними таблиці 1, будуть близькими до горизонтальних (їх кут нахилу становить -0,5336; -0,665 та 0,49 відповідно). Співвідношення часток окремих груп причин травматизму можна вважати практично незмінними. Це твердження можна поширити також на аналіз причин загальновиробничого травматизму

Таблиця 1 - Кінетика частки (у відсотках) груп причин смертельних виробничих травм в Україні за період 2017 – 2021 рр.

Групи причин виробничого травматизму	Роки					Результати статистичних розрахунків		
	2017	2018	2019	2020	2021	Середнє значення	Кут нахилу графіків	Дисперсія
Організаційні	76.23	74.08	73.46	73.54	73.832	74,23	-0,5336	1,31
Технічні	14.21	14.18	13.51	10.05	12.95	12,98	-0,665	2,95
Психофізіологічні	9.56	11.74	13.03	12.96	11.4	11,74	0,49	2,01
Загалом	100	100	100	96.55	98.182			

Організаційні причини виробничого травматизму суттєво переважають технічні та психофізіологічні причини, але для автомобільного транспорту також важливою профілактика технічних причин.

А отже у моделях дерева подій можна використати відсотки (частки) основних причин виробничого травматизму, як досить сталі величини. Звичайно повної відповідності основних (загальних) причин ДТП за участі автотранспорту з основними причинами виробничого травматизму немає. Але оскільки логіко-імітаційне моделювання небезпечних ситуацій передбачає порівняння розрахованих значень професійного ризику за

різних значень базових подій, то запропоновано увести до розрахункових моделей найближчі відповідники із статистично визначеними частками причин виробничого травматизму. Умовою такого співставлення є дотримання одиниці сумою коефіцієнтів, що відповідають певним часткам причин виробничого травматизму.

Як ілюстрація зазначеного підходу в цій роботі представлено розрахунок ризику перекидання вантажного автомобіля внаслідок занесення під час руху на повороті за несприятливих погодних умов. Такі ДТП трапляються, зокрема, на дорогах поза населеними пунктами, де улаштовано малі радіуси поворотів та мають місце інші

ускладнення дорожнього руху. Логіко-імітаційну модель проаналізованої травмонебезпечної ситуації представлено на рис. 1.

Організаційні причини виробничого травматизму суттєво переважають технічні та психофізіологічні причини, але для автомобільного транспорту також важливою профілактика технічних причин.

А отже у моделях дерева подій можна використати відсотки (частки) основних причин виробничого травматизму, як досить сталі величини. Звичайно повної відповідності основних (загальних) причин ДТП за участі автотранспорту з основними причинами виробничого травматизму немає. Але оскільки логіко-імітаційне моделювання небезпечних ситуацій передбачає порівняння розрахованих значень професійного ризику за різних значень базових подій, то запропоновано увести до

розрахункових моделей найближчі відповідники із статистично визначеними частками причин виробничого травматизму. Умовою такого співставлення є дотримання одиниці сумою коефіцієнтів, що відповідають певним часткам причин виробничого травматизму.

Як ілюстрація зазначеного підходу в цій роботі представлено розрахунок ризику перекидання вантажного автомобіля внаслідок занесення під час руху на повороті за несприятливих погодних умов. Такі ДТП трапляються, зокрема, на дорогах поза населеними пунктами, де улаштовано малі радіуси поворотів та мають місце інші ускладнення дорожнього руху. Логіко-імітаційну модель проаналізованої травмонебезпечної ситуації представлено на рис. 1.

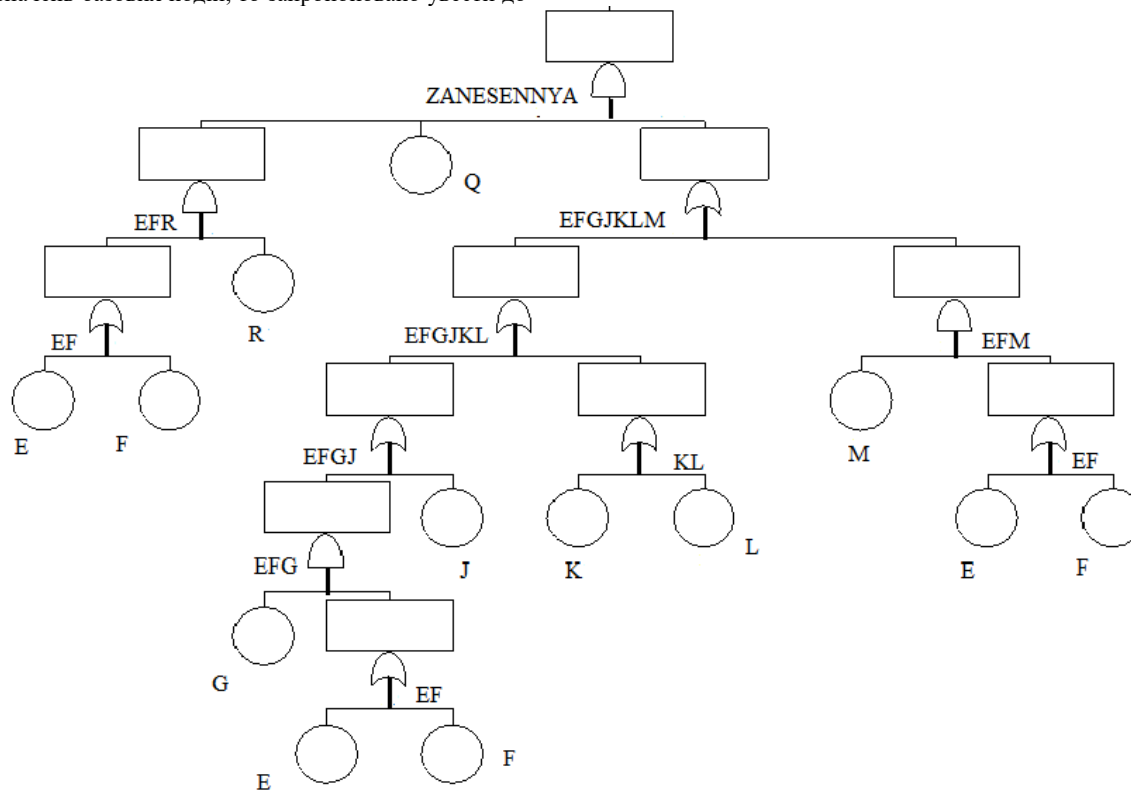


Рисунок 1 - Блок-схема логіко-імітаційної моделі небезпечної ситуації «перекидання вантажного автомобіля внаслідок занесення на повороті»

Смислове значення елементів логіко-імітаційної моделі небезпечної ситуації «перекидання вантажного автомобіля внаслідок занесення на повороті» представлено у таблиці 1, де наведено кількісні значення базових подій. У таблиці 2 для певних елементів моделі кількісні значення ймовірності базових подій було

об'єднано, щоб зберегти відповідність даним статистичних збірників «Травматизм на виробництві в Україні у 20\_\_ році», підготовлених на основі інформації з форм державного статистичного спостереження № 7-тнв «Звіт про травматизм на виробництві».

Таблиця 2 - Смислове значення елементів логіко-імітаційної моделі ДТП

Символ елементів (базових подій)	Короткий опис елементів (базових подій)	Кількісне значення ймовірності базових подій
E	Недоліки під час навчання водіїв безпечним способам праці (за фактичної відсутності служби охорони праці на підприємстві)	0,15
F	Відсутність або неякісне проведення медичного обстеження чи профвідбору водіїв (незадовільна діяльність служби охорони праці)	0,05
EF	Незадовільний стан працезахоронного контролю на підприємстві	
G	Порушення технології перевезення вантажів (через відсутність відповідно підготовлених водіїв, здатних керувати вантажним автомобілем за складних умов)	0,12

Символ елементів (базових подій)	Короткий опис елементів (базових подій)	Кількісне значення ймовірності базових подій
EFG	Низький професійний рівень працівників, яких приймають на роботу	
J	Незадовільний технічний стан автомобілів (через недостатність коштів на оновлення матеріально-технічної бази підприємства)	0,13
EFGJ	Виїзд у рейс автомобіля з несправностями (наприклад, зі зношеними протекторами коліс чи дефектами у деталях системи рульового керування та гальмівної системи)	
K	Невиконання вимог інструкцій з охорони праці	0,19
L	Водій перебуває в рейсі понад встановлену кількість годин	0,11
KL	Накопичена втома під час тривалих рейсів	
EFGJKL	Виїзд у рейс автомобіля з технічними несправностями	
M	Низький рівень трудової дисципліни та культури праці водія (вживання алкоголю, психотропних чи наркотичних речовин під час роботи)	0,1
EFM	Перебування водія під час роботи у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння (порушення виробничої дисципліни)	
EFGM	Порушення правил безпеки руху – перевищення допустимої швидкості руху автомобіля та раптове (екстремне) гальмування	
EFGJKLM	Перебування у рейсі технічно несправного автомобіля з водієм, який не може швидко реагувати на зміни у системі «В-А-Д»	
R	Несприятливі атмосферні явища на дорозі чи виконання робіт у темний час доби	0,1
EFR	Погана видимість дороги	
Q	Недосконалість технологічного процесу, його невідповідність вимогам безпеки (наявність крутих поворотів на дорогах чи дефектність дорожнього покриття)	0,05
ZANESENN YA	Перекидання автомобіля внаслідок занесення на повороті	

Виконаний розрахунок показав, що ймовірність настання головної події-наслідку (травмування водія вантажного автомобіля внаслідок його перекидання) за заданих значень ймовірностей базових подій становитиме  $P=6,561 \cdot 10^{-4}$ .

Також у роботі було розраховано ризик настання небезпечної ситуації (перекидання вантажного автомобіля) для двох дискретних випадків, що характеризують вплив небезпечного виробничого

чинника: його практично відсутність дії (ймовірність впливу дорівнює 0,01) та його визначальна дія (ймовірність впливу 0,5). У таблиці 3 показано, як змінився ризик перекидання вантажного автомобіля внаслідок переважної дії певних елементів моделі, зокрема після суттєвого погіршення технічного стану автотранспорту через наявність дефектів у відповідальних деталях його систем.

Таблиця 3 - Зміни окремих показників ризику для логіко-імітаційної моделі небезпечної ситуації «перекидання автомобіля внаслідок занесення на повороті»

Символ елементів (базових подій)	Кількісне значення ймовірності базових подій	Розрахований показник ризику, $P$	Зміна показника ризику за наявності безпеки, рази
E	0,01	$2,887 \cdot 10^{-4}$	–
	0,5	$1,574 \cdot 10^{-3}$	5,45
F	0,01	$4,2 \cdot 10^{-4}$	–
	0,5	$1,705 \cdot 10^{-3}$	4,06
G	0,01	$2,062 \cdot 10^{-4}$	–
	0,5	$1,125 \cdot 10^{-3}$	5,45
J	0,01	$3,432 \cdot 10^{-4}$	–
	0,5	$1,268 \cdot 10^{-3}$	3,69
R	0,01	$4,375 \cdot 10^{-5}$	–
	0,5	$2,186 \cdot 10^{-3}$	49,97
M	0,01	$4,874 \cdot 10^{-4}$	–
	0,5	$1,406 \cdot 10^{-3}$	2,88
Q	0,01	$1,312 \cdot 10^{-4}$	–
	0,5	$6,548 \cdot 10^{-3}$	49,91

У таблиці 4 представлено ризики настання небезпечної події (ймовірність впливу 0,5) у вигляді зменшуваного ряду, що дозволяє оцінити найбільш значущі ризики.

Таблиця 4 - Ряд зростання ризиків настання небезпечної події  
у логіко-імітаційній моделі

Елемент моделі	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>G</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>
Розрахунковий показник ризику	2,88	3,69	4,06	5,45	5,45	49,91	49,97

Важливими, показовими і необхідними для подальшого аналізу є не абсолютні величини розрахованого ризику, які залежать від структури запропонованої моделі настання аварійної ситуації, зміни показників ризику, що характеризують вплив певного виробничого чинника. До розгляду необхідно брати задану на основі статистики значущість чинника з урахуванням зміни ризику в межах замкненої системи базових подій.

Зазначені результати проведених досліджень дозволяють зосередити увагу на найбільш ризиконебезпечних первинних (базових) подіях для розроблення ефективних профілактичних заходів щодо запобігання нещасним випадкам.

Застосування логіко-імітаційного моделювання з використанням програмного комплексу SAPHIRE дозволяє визначати найбільш небезпечні виробничі чинники, оцінювати їх вплив на ймовірність настання небезпечних ситуацій та обґрунтовувати ефективні заходи щодо зниження рівня професійного ризику.

**Висновки.** Розроблено методологію кількісного оцінювання впливу несприятливих чинників системи «водій-автомобіль-доріжля» на ймовірність дорожньо-транспортних пригод за участі вантажного автотранспорту. Запропоновано увести до розрахункових моделей як ймовірності базових подій найближчі відповідники із статистично визначеними частками причин виробничого травматизму. Умовою такого

співставлення є дотримання одиниці сумою коефіцієнтів, що відповідають певним часткам причин виробничого травматизму. Результати розрахунку елементів логіко-імітаційної моделі дозволяють оцінити ризик нещасного випадку під час ДТП внаслідок певного співвідношення причин організаційного, технічного та психофізіологічного характеру.

Для оцінювання професійного ризику працівників автотранспорту використано комп'ютерну програму SAPHIRE, в якій розраховують ймовірність настання небезпечної ситуації на основі множини ймовірностей базових подій. Застосування цього підходу щодо оцінювання параметрів професійного ризику дозволяє порівняти вплив різних небезпечних чинників та визначити загальний рівень безпеки, враховуючи внесок кожного окремого чинника.

Отримані значення, що відповідають недопустимому професійному ризику, мають бути підставою для обґрунтування роботи служби охорони праці, запровадження працезохоронного контролю на автотранспортному підприємстві, неухильного дотримання встановлених термінів проходження технічного обслуговування транспортних засобів.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність будь-яких фінансових, особистих або інших конфліктів інтересів, які могли б вплинути на результати цього дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА

- Хітров І. О. Дослідження впливу конструктивної надійності і безпечності транспортного засобу для здійснення перевезень та пристосованості до технічного обслуговування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, 2024. С. 214–222. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.214-222](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.214-222)
- Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В. Критерії реалізації процесів забезпечення та підвищення надійності і ефективності функціонування транспортних систем. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. Луцьк. 2018. Вип. 62. С. 12–16. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn\\_2018\\_62\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2018_62_4)
- Малько О. Д., Артем'єв С.Р., Цимбал Б.М., Рибалова О.В. Дворівнева математична модель прогнозування ризику аварій на потенційно-небезпечному об'єкті. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 2019. 1(59). С. 98–103. DOI: 10.30748/zhups.2019.59.14
- Bazaluk O., Koriashkina L., Cheberyachko S., Deryugin O., Odovol M., Lozynskyi V., Nesterova O. Methodology for assessing the risk of incidents during passenger road transportation using the functional resonance analysis method. *Heliyon*, 2022. Vol. 8. Iss. 11. e11814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11814>
- Цопа В., Чеберячко С., Яворська О. та ін. Особливості оцінки професійних ризиків при вантажних автомобільних перевезеннях. *Екологічна безпека та природокористування*. 2023. Вип. 46. № 2. С. 85–99. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.2.85-99>
- Бочковський А. П. Теоретичні аспекти універсализації оцінки професійного ризику в системах управління охороною праці. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2018. 14. 134–151. <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/325>
- Зоря М. В., Райко В. Ф., Янчик О. Г. Вплив виробничих ризиків на безпеку виробничих процесів: аналіз та прогнозування. *Науково-виробничий журнал «Автошляховик України»*, 2024. № 1 (278). 74–83. DOI: 10.33868/0365-8392-2024-1-278-74-82
- Петренко І. С., Ченчева О. О., Зозуля С. В., Шевченко В. Г., Логвінков С. М. Методика визначення ризиків на основі аналізу травматизму працівників промислових підприємств. *Комунальне господарство міст*, 2024. Т. 1. Вип. 182. 215–222. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm\\_tech\\_2024\\_1\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2024_1_34)
- Полукаров О. І., Праховник Н. А., Полукаров Ю. О., Мітюк Л. О., Демчук Г. В. Оцінка професійних ризиків: нові підходи, удосконалення та методологія. *Law. Human. Environment*, 2022. Т. 13. № 2. 79–86. <https://doi.org/10.31548/law2022.02.006>
- Мовмига Н. Є., Мезенцева І. О., Панчева Г. М. Попередження суб'єктивних причин виробничого травматизму в системі працезохоронного менеджменту. *«Молодий вчений»*, 2022. № 1 (101). С. 111-119. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-1-101-24>

11. Черняк О. М., Сороколат Н. А., Багаєв І. О., Фатєєва Л. Ю. Застосування функціональної залежності для багатокритеріального оцінювання безпеки праці, як об'єкта кваліметрії. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, 2022. № 1 (19). С. 76–84. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076>
12. Бородіна Н. А., Чеберячко С. І., Дерюгін О. В., Алексєєв А. А. Розробка процедури керування психосоціальними ризиками на промислових підприємствах. *Науковий вісник ДонНТУ*, 2023. Вип. 1 (10). 16–27. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-1-16-27>
13. Кружилко О. Є., Полукаров О. І. Математичне моделювання виробничих ризиків, що виникають внаслідок технічних причин. Матеріали двадцять другої всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки», 2020. С. 212–216. <https://confopcbproc.iee.kpi.ua/article/view/212178>
14. Івасенко В., Завальний О. Методи транспортного моделювання як інструменти дослідження при створенні моделі безпеки руху в населених пунктах. *Містобудування та територіальне планування*, 2024. № 86. С. 284–299. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.284-299>
15. Бизкровий О., Смеляков К. Моделі класифікатора передумов виникнення ДТП для передбачення небезпечних ситуацій на перехрестях. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, 2025. № 2(32). С. 177–187. doi: 10.30837/2522-9818.2025.2.177
16. Віталій Цопа, Наталія Бородіна, Сергій Чеберячко та ін. Оцінка професійних ризиків водія технологічного вантажного автомобіля для умов лісового господарства. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 2022. Т. 12. № 5. С. 93–110. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.9>
17. Найко Д. А., Шевчук О. Ф. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 382 с.
18. Янчик О. Г., Краснокутський В. М., Куртов Д. А., Мартиненко М. М. Обґрунтування умов праці під час експлуатації транспортно-технологічних машин і обладнання. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування*, 2024. № 2. 108–118. <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2024.2.11>
19. Кружилко О., Володченкова Н., Токар О., Майстренко В. Удосконалення оцінки професійного ризику на основі експертних методів. *Проблеми охорони праці в Україні*, 2021. 37 (2). С. 3–8. DOI: 10.36804/nndipbor.37-2.2021.3-8
20. Черняк О. М., Сороколат Н. А., Бурдейна В. М., Фатєєва Л. Ю., Багаєв І. О. Застосування методу середніх прямокутників для отримання комплексного показника безпеки праці. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, 2023. № 1 (23). С. 115–122. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.115>
21. Zavgorodnii V., Zavgorodnya A., Maiko V., Malikov V., Zhuk D. Methods and models for assessment of reliability of structural-complex systems. *World Science*, 2018. №11 (39). 5–14. DOI: 10.31435/rsglobal\_ws/30112018/6227
22. Войналович О. В., Гнатюк О. А. Моделювання небезпечних ситуацій для оцінювання професійного ризику водіїв вантажного автотранспорту. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (19-21 квітня 2023 р.). НУБІП України. Київ, 2023. С. 166–168. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/zbirnik\\_tez\\_ati\\_2023.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/zbirnik_tez_ati_2023.pdf)
23. Oleksandr Voinalovych, Oleksandr Yerenenko, Tatyana Zubok, Mykhailo Motruch. Components of the system for identification and assessment of occupational risks in agricultural enterprises. 24th International Scientific Conference «Engineering for rural development», Jelgava, Latvia, 21-23.05.2025. Vol. 24. 185–191. <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2025/Papers/TF033.pdf>

#### REFERENCES

1. Khitrov I. O. (2024). Study of the influence of constructive reliability and safety of a vehicle for transportation and maintainability [Doslidzhennia vplyvu konstruktivnoi nadiinosti i bezpechnosti transportnoho zasobu dlia zdiisnennia perevezen ta prystosovanosti do tekhnichnoho obsluhovuvannia], *Tsentrálnoukrajinskij naukovij visnyk. Tekhnichni nauky*, pp. 214–222. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.214-222](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.214-222) (in Ukrainian).
2. Aulin V. V., Holub D. V., Hrynkiv A. V. (2018). Criteria for implementation of processes for ensuring and improving reliability and efficiency of transport systems functioning [Kryterii realizatsii protsesiv zabezpechennia ta pidvyshchennia nadiinosti i efektyvnosti funktsionuvannia transportnykh system], *Naukovi notatky*, 62, pp. 12–16. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn\\_2018\\_62\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2018_62_4) (in Ukrainian).
3. Malko O. D., Artemiev S. R., Tsymbal B. M., Rybalova O. V. (2019). Two-level mathematical model for predicting accident risk at a potentially hazardous facility [Dvorivneva matematychna model prohnozuvannia ryzyku avarii na potentsiino-bezpechnomu ob'ekti], *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl*, 1(59), pp. 98–103. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.14> (in Ukrainian).
4. Bazaluk O., Koriashkina L., Cheberyachko S., Deryugin O., Odovol M., Lozynskiy V., Nesterova O. (2022). Methodology for assessing the risk of incidents during passenger road transportation using the functional resonance analysis method, *Heliyon*, 8(11), e11814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11814>. (in English).
5. Tsopa V., Cheberiachko S., Yavorska O., et al. (2023). Features of occupational risk assessment in freight road transportation [Osoblyvosti otsinky profesiinykh ryzykiv pry vantazhnykh avtomobilnykh perevezenniakh], *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 46(2), pp. 85–99. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.2.85-99> (in Ukrainian).
6. Bochkovskiy A. P. (2018). Theoretical aspects of universalization of occupational risk assessment in occupational safety management systems [Teoretychni aspekty universalizatsii otsinky profesiinoho ryzyku v systemakh upravlinnia okhoronoiu pratsi], *Visnyk Lvivskoho derzhavnogo universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*, 14, pp. 134–151. <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnyk/article/view/325> (in Ukrainian).
7. Zoria M. V., Raiko V. F., Yanchuk O. H. (2024). Influence of industrial risks on safety of production processes: analysis and forecasting [Vplyv vyrobnychykh ryzykiv na bezpeku vyrobnychykh protsesiv: analiz ta prohnozuvannia], *Avtoshliakhovyk Ukrainy*, 1(278), pp. 74–83. <https://doi.org/10.33868/0365-8392-2024-1-278-74-82> (in Ukrainian).
8. Petrenko I. S., Chencheva O. O., Zozulia S. V., Shevchenko V. H., Lohvinkov S. M. (2024). Methodology for determining risks based on the analysis of occupational injuries of industrial enterprise workers [Metodyka vyznachennia ryzykiv na osnovi analizu travmatyzmu pratsivnykiv promyslovykh pidpriemstv], *Komunalne hospodarstvo mist*, 1(182), pp. 215–222. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm\\_tech\\_2024\\_1\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2024_1_34) (in Ukrainian).

9. Polukarov O. I., Prakhovnyk N. A., Polukarov Yu. O., Mitiuk L. O., Demchuk H. V. (2022). Occupational risk assessment: new approaches, improvement and methodology [Otsinka profesiinykh ryzykiv: novi pidkhody, udoskonalennia ta metodolohiia], *Law. Human. Environment*, 13(2), pp. 79–86. <https://doi.org/10.31548/law2022.02.006> (in Ukrainian).
10. Movmyha N. Ye., Mezentseva I. O., Pancheva H. M. (2022). Prevention of subjective causes of occupational injuries in the occupational safety management system [Poperedzhennia subiektyvnykh prychnyn vyrobnychoho travmatyzmu v systemi pratseokhoronnoho menedzhmentu], *Molodyi vchenyi*, 1(101), pp. 111–119. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-1-101-24> (in Ukrainian).
11. Cherniak O. M., Sorokolat N. A., Bahaiev I. O., Fatieieva L. Yu. (2022). Application of functional dependence for multicriteria assessment of occupational safety as an object of qualimetry [Zastosuvannia funktsionalnoi zalezhnosti dlia bahatokryterialnogo otsiniuvannia bezpeky pratsi yak obiekta kvalimetrii], *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*, 1(19), pp. 76–84. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076> (in Ukrainian).
12. Bochkovskiy A. P. (2018). Theoretical aspects of universalization of occupational risk assessment in occupational safety management systems [Teoretychni aspekty universalizatsii otsinky profesiinoho ryzyku v systemakh upravlinnia okhoronoiu pratsi], *Visnyk Lvivskoho derzhavnogo universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*, 14, pp. 134–151. (in Ukrainian).
13. Kruzhylo O. Ye., Polukarov O. I. (2020). Mathematical modeling of occupational risks arising due to technical causes [Matematychni modeliuvannia vyrobnychykh ryzykiv, shcho vynykaiut vnaslidok tekhnichnykh prychnyn], *Proceedings of the 22nd All-Ukrainian Scientific and Methodological Conference “Problems of Occupational Safety, Industrial and Civil Safety”*, pp. 212–216. <https://confopcbproc.iee.kpi.ua/article/view/212178> (in Ukrainian).
14. Ivasenko V., Zavalnyi O. (2024). Transport modeling methods as research tools in developing a traffic safety model in settlements [Metody transportnoho modeliuvannia yak instrumenty doslidzhennia pry stvorenni modeli bezpeky rukhu v naselenykh punktakh], *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 86, pp. 284–299. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.284-299> (in Ukrainian).
15. Byzkrovnyi O., Smeliakov K. (2025). Models of a classifier of prerequisites for traffic accidents to predict dangerous situations at intersections [Modeli klasyfikatora peredumov vynyknennia DTP dlia peredbachennia nebezpechnykh sytuatsii na perekhrestiakakh], *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*, 2(32), pp. 177–187. <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.2.177> (in Ukrainian).
16. Tsopa V., Borodina N., Cheberichko S., et al. (2022). Assessment of occupational risks of a technological truck driver in forestry conditions [Otsinka profesiinykh ryzykiv vodiia tekhnolohichnoho vantazhnogo avtomobilia dlia umov lisovoho hospodarstva], *Journal of Scientific Papers “Social Development and Security”*, 12(5), pp. 93–110. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.9> (in Ukrainian).
17. Naiko D. A., Shevchuk O. F. (2020). Probability theory and mathematical statistics: textbook [Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka], *Vynnytsia: VNAU*, 382 p. (in Ukrainian).
18. Yanchyk O. H., Krasnokutskiy V. M., Kurtov D. A., Martynenko M. M. (2024). Substantiation of working conditions during operation of transport and technological machines and equipment [Obgruntuvannia umov pratsi pid chas ekspluatatsii transportno-tekhnolohichnykh mashyn i obladnannia], *Visnyk NTU “KhPI”. Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannia*, 2, pp. 108–118. <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2024.2.11> (in Ukrainian).
19. Kruzhylo O., Volodchenkova N., Tokar O., Maistrenko V. (2021). Improvement of occupational risk assessment based on expert methods [Udoskonalennia otsinky profesiinoho ryzyku na osnovi ekspertnykh metodiv], *Problemy okhorony pratsi v Ukraini*, 37(2), pp. 3–8. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.37-2.2021.3-8> (in Ukrainian).
20. Cherniak O. M., Sorokolat N. A., Burdeina V. M., Fatieieva L. Yu., Bahaiev I. O. (2023). Application of the midpoint rectangle method to obtain an integrated indicator of occupational safety [Zastosuvannia metodu serednikh priamokutnykiv dlia otrymannia kompleksnoho pokaznyka bezpeky pratsi], *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*, 1(23), pp. 115–122. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.115> (in Ukrainian).
21. Zavgorodnii V., Zavgorodnya A., Maiko V., Malikov V., Zhuk D. (2018). Methods and models for assessment of reliability of structural-complex systems, *World Science*, 11(39), pp. 5–14. [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/30112018/6227](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30112018/6227) (in English).
22. Voinalovych O. V., Hnatiuk O. A. (2023). Modeling of hazardous situations for occupational risk assessment of freight vehicle drivers [Modeliuvannia nebezpechnykh situatsii dlia otsinennia profesiinoho ryzyku vodiiv vantazhnogo avtotransportu], *Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference “Automobile Transport and Infrastructure”*, Kyiv: NUBiP of Ukraine, pp. 166–168. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/zbirnik\\_tez\\_ati\\_2023.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/zbirnik_tez_ati_2023.pdf) (in Ukrainian).
23. Voinalovych O., Yeremenko O., Zubok T., Motruch M. (2025). Components of the system for identification and assessment of occupational risks in agricultural enterprises, *Engineering for Rural Development*, 24, pp. 185–191. <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2025/Papers/TF033.pdf> (in English).