

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Ткаченко Ірина Олександрівна

УДК 331.461: 614.8

**ОЦІНКА РИЗИКУ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ
ВИПАДКІВ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

05.26.01 – Охорона праці

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Донецьк, 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному університеті міського господарства ім. О.М.Бекетова Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, професор

Коржик Борис Михайлович,

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М.Бекетова,
професор кафедри «Безпека життєдіяльності».

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Ковальов Олександр Петрович,

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», професор кафедри

«Електропостачання промислових підприємств та міст»;

доктор технічних наук, професор

Ворожбіян Михайло Іванович,

Українська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища».

Захист відбудеться «10» жовтня 2013 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д11.052.05 при ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83001, м. Донецьк, вул. Артема 58, I навчальний корпус, ауд. 1.203 (МАЗ).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83001, м. Донецьк, вул. Артема 58, II навчальний корпус.

Автореферат розісланий «9» вересня 2013р.

Вчений секретар
спеціалізованої
вченої ради Д11.052.05
д.т.н., проф.



В.П. Кондрахін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

В останні роки стан виробничої безпеки в Україні можна охарактеризувати як незадовільний. Щорічно на виробництві виникають тисячі тяжких аварій, в результаті яких гине велика кількість людей. Так, у 2012 році в робочі органи виконавчої дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні надійшло 12970 повідомлень про нещасні випадки на виробництві, в яких постраждало 13313 осіб, у тому числі 1766 – із смертельним наслідком.

Високим рівнем травматизму характеризується і транспортна галузь, в т.ч. підприємства транспорту загального користування.

Негативний вплив на рівень виробничого травматизму на підприємствах даної галузі мають наступні фактори:

– недостатнє оновлення основних фондів рухомого складу усіх видів транспорту. Ступінь зношеності транспортних засобів становить близько 50% від загального числа рухомого складу, а на деяких підприємствах і значно більше. Протягом останніх шести років випуск трамвайних вагонів і тролейбусів на маршрути скоротився в середньому в 1,5 рази. Значно погіршилися регулярність руху і культура обслуговування пасажирів. Насиченість транспортної мережі трамвайними вагонами і тролейбусами скоротилась у середньому на 26 %.

– зниження рівня комфортності, якості пасажирських перевезень та їх безпеки. Наповнення салонів автобусів загального користування в годину пік досягає 6 чоловік на квадратний метр, що майже вдвічі перевищує світовий рівень.

– незадовільна якість доріг. Так, порівняно з країнами ЄС, Україна має один з найбільших рівнів травматизму і загибелі внаслідок дорожньо-транспортних пригод. За даними Європейської економічної комісії ООН, в 2009 р. в Україні сталося 37049 ДТП з потерпілими, у яких загинуло 5348 осіб (0,1 в розрахунку на 1 ДТП), тоді як, наприклад, у Німеччині рівень загибелі на одну ДТП в десять разів нижче.

Вивчивши і проаналізувавши значний обсяг теоретичних та експериментальних досліджень в даному напрямку, викладений в роботах Водяника А.О., Ковальова О.П., Баскакова В.П., Кружилко О.Є., Подобеда І.М., Мигаль Г. В., Москальця В.М., Касьянкової Н. А., Звягинцевої Г. В., Гунченко О.М., Корецької Н.А., Мартинюка В.Ф., Вороб'йова М.М. можна зробити висновок, що успішно вирішити цю задачу можливо при комплексному підході, який включає в себе теоретичні та експериментальні дослідження з вдосконалення методів оцінки ризику виробничого травматизму. Так при аналізі та оцінці ризику травмування працівника при виконанні їм своїх посадових обов'язків не враховується випадкова природа виникнення аварійних ситуацій, складність їх прогнозування в умовах невизначеності та присутність фактора раптовості. Відсутність об'єктивної інформації щодо помилок людини, які призводять до аварії; оцінки існуючих засобів та заходів, що здатні запобігати аварійним ситуаціям, не дозволяють з прийнятною для практичних розрахунків точністю прогнозувати виникнення небажаних подій (випадків виробничого травматизму, в т.ч. зі смертельним наслідком). Це, в свою

чергу, не дає можливості розробляти ефективні організаційно-технічні рекомендації щодо попередження випадків виробничого травматизму.

Тому робота, спрямована на створення нових і вдосконалення відомих математичних моделей і методів оцінки ризику виникнення аварій, а також розробку технічних рішень щодо зменшення рівня травматизму на підприємствах транспорту загального користування є актуальною науково-технічною задачею, рішення якої дозволить знизити імовірність виникнення несприятливих подій у даній галузі до нормованого.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Безпека життєдіяльності» Харківського національного університету міського господарства ім. О.М.Бекетова впродовж 2006 – 2013 рр. у відповідності до завдань Національної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2006 -2011 рр. (затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 11.05.2006 р. №269-р), Галузевої програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2007 – 2011 рр. (затвердженої Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 28.12.2006 р. № 1217), Концепції Загальнодержавної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012 – 2016р.р. (затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.08.20011 р. №889-г).

У дисертаційну роботу ввійшли результати досліджень рівня виробничого травматизму, аналізу та оцінки ризику виникнення аварій на виробництві (науково - дослідні роботи № 15/97, 21/98), що виконані під керівництвом проф. Коржика Б.М. з особистою участю автора.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є прогнозування випадків виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування та обґрунтування ефективних заходів і засобів щодо їх попередження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Встановити статистичний рівень безпеки на підприємствах, що займаються пасажирськими перевезеннями в Україні, в т.ч. в Харківській області.
2. Розкрити механізм впливу параметрів потоку появи помилок працівника і тривалість їх існування на процес формування випадків виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування.
3. Встановити залежність ймовірності виникнення випадків виробничого травматизму протягом часу від частоти та тривалості появи працівника в "небезпечній" зоні, частоти появи і тривалості існування загрози для життя працівника, що випадково опинився в "небезпечній" зоні.
4. Отримати аналітичну залежність для визначення середнього часу до настання першої виробничої травми та дисперсію від частоти і тривалості знаходження працівника в "небезпечній" зоні, частоти появи загрози для його життя і тривалості її існування.
5. Розробити методику оцінки і вибору оптимальної стратегії управління виробничими ризиками з метою їх мінімізації.

Об'єкт дослідження – процеси виникнення випадків виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування при збігу в просторі і часі помилок як мінімум двох людей.

Предмет дослідження – умови виникнення випадків виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використаний комплекс методів дослідження: наукове узагальнення і аналіз фундаментальних досліджень, проведених в області оцінки виробничих ризиків; застосування математичних методів обробки отриманих результатів та оцінки ефективності розроблених моделей; положення та методи теорії ймовірностей і математичної статистики; теорії складних систем, теорії нечітких множин, теорії обробки нечіткої інформації та теорії прийняття рішень; математичне моделювання процесів за допомогою комп'ютерних прикладних програм.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше отримана аналітична залежність ймовірності виникнення випадків виробничого травматизму від часу з урахуванням частоти і тривалості знаходження працівника в "небезпечній" зоні, від частоти появи і тривалості існування загрози для життя працівника, що випадково опинився у цій зоні, яка дозволила розробити рекомендації, спрямовані на попередження виникнення аварійних ситуацій.

2. На основі експериментальних даних встановлено, що статистична функція розподілу інтервалів часу між аваріями, що спричинили виникнення виробничих травм та загибель працівника на підприємствах транспорту загального користування не суперечить експоненційній функції розподілу ймовірностей за критерієм згоди Бартлетта з параметром $\lambda = 7,54 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹, що стало основою для розробки рекомендацій щодо зниження рівня виробничого травматизму на етапі планування технічних заходів.

3. Запропонована узагальнена математична модель системи управління виробничими ризиками на підприємствах транспорту загального користування України, яка відрізняється від відомих тим, що включає в себе аналіз і кількісну оцінку виробничого ризику, розробку стратегій його управління.

Практичне значення одержаних результатів полягає у:

З урахуванням досліджень, проведених на підприємствах транспорту загального користування, розроблена Методика вибору оптимальної стратегії управління ризиками виробничого травматизму з метою їх мінімізації, яка прийнята до використання на підприємствах, що займаються пасажирськими перевезеннями у м. Харків, таких як ВАТ ХАТП «16327», ТОВ «Фін», а також на КП «КиївПасТранс» – підприємстві, що здійснює пасажирські перевезення в м. Києві. Зазначена Методика дозволила удосконалити автоматизацію системи управління виробничими ризиками на даних підприємствах.

Запропонована система попередження перевищення швидкості руху транспортного засобу, що інформує водіїв про порушення встановленого швидкісного режиму на маршруті.

Використання запропонованої системи на маршруті №608 «м. Харків – смт. Високий» дозволило скоротити кількість ДТП за участю автобусів в 2012 році

порівняно з 2011 роком у 1,8 рази, це в свою чергу знизило рівень виробничого травматизму та загибель водіїв у 2 рази. Економічний ефект від застосування даної системи склав 25 тис. грн.

Результати роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі «Безпека життєдіяльності» Харківського національного університету міського господарства ім. О.М.Бекетова при підготовці фахівців за курсом «Потенційно небезпечні виробничі технології та їх ідентифікація», «Надійність технічних систем і техногенний ризик», «Основи охорони праці».

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі вітчизняних та зарубіжних науково - технічних літературних джерел, проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, в прийнятті участі в розробці Методики вибору оптимальної стратегії управління ризиками виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування з метою їх мінімізації.

Самостійно розроблені алгоритм та комп'ютерна програма Optis для проведення експертного оцінювання стратегій управління ризиками виробничого травматизму, проведений аналіз рівня травматизму за період 2004 – 2008 рр. на підприємствах транспорту загального користування, за період 2001 – 2010 рр. на підприємствах та організаціях, які займаються пасажирськими перевезеннями в Харкові та Харківській області, проведений аналіз причин виникнення аварій за участю водіїв пасажирського транспорту в м. Харків за 2008 – 2012р.р.

Внесок автора у роботи, виконані у співавторстві, складається у постановці задач, виборі шляхів їх вирішення, проведенні експериментів, обробці, аналізі та інтерпретації отриманих результатів.

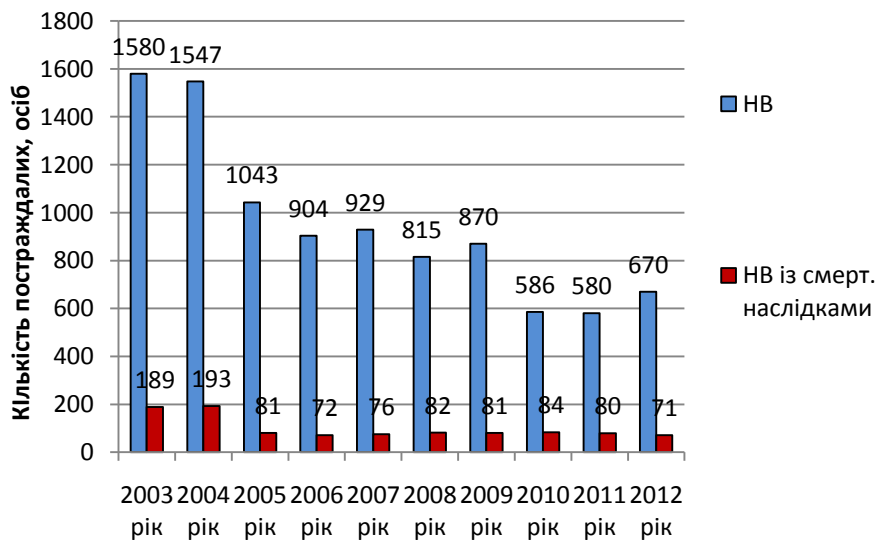
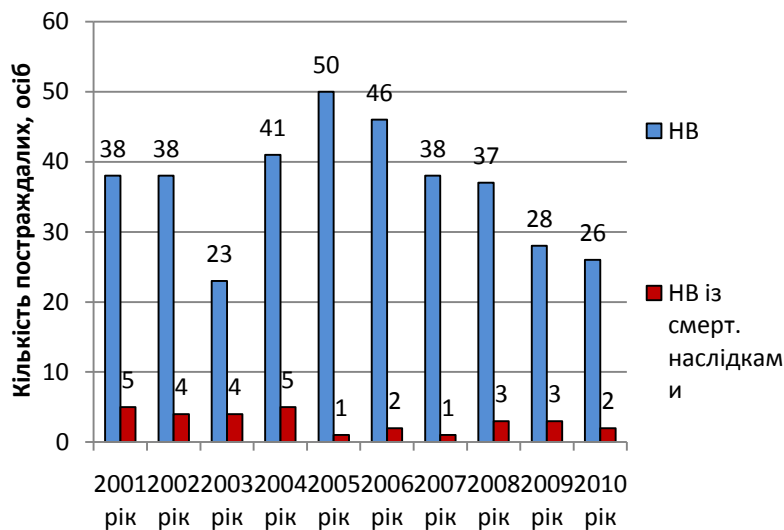
Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і отримали позитивну оцінку на: II, III, IV Міжнародних науково - практичних конференціях «Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства» (Дніпропетровськ, 2007р., Харків, 2009р., Харків, 2010р.); XXXV науково - технічній конференції викладачів, співробітників, аспірантів ХНАМГ (Харків, 2010 р.); Міжнародній науково - практичній інтернет - конференції «Безпека життєдіяльності в навколишньому та виробничому середовищах» (Харків, 2011р.); Міжнародній науково - практичній конференції «Технічний прогрес в АПК» (Харків, 2012р.); Міжнародній науково - практичній конференції «Удосконалення підготовки спеціалістів автомобільно - дорожньої галузі в питаннях охорони праці» (Харків, 2012); Міжнародній науково - практичній інтернет - конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012» (Проект SWorld, Одеса); XXXVI науково - технічній конференції викладачів, співробітників, аспірантів ХНАМГ (Харків, 2012 р.); Міжнародних наукових читаннях «Белые ночи» Международної академії наук екології, безпеки людини та природи (Київ, МАНЕБ, 2012 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів «Проблеми та перспективи розвитку охорони праці» (Львів, 2013р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані в 13 наукових працях, з яких 8 у фахових наукових виданнях, 2 опубліковані у збірниках, що входять до міжнародних наукометричних баз.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків по роботі, переліку літературних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 185 сторінок. Крім основного тексту, викладеного на 125 сторінках, дисертаційна робота містить 17 рисунків, 25 таблиць, перелік літературних джерел із 126 найменувань на 14 сторінках і 4 додатків на 46 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ «Аналіз травматизму на підприємствах транспорту загального користування». У розділі наведено результати аналізу рівня виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування в Україні (рисунок 1 – 2). Визначено, що кількість нещасних випадків із смертельними наслідками залишається стабільно високою, незважаючи на такі фактори, як зменшення загальної кількості випадків виробничого травматизму, зменшення штату працюючих та зниження обсягів виробництва.



Встановлено, що статистична функція розподілу інтервалів часу між аваріями, які є причиною виникнення травми або загибелі працівника на зазначених підприємствах не суперечить експонентній функції розподілу ймовірностей за критерієм згоди Бартлетту з параметром $7,54 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

Статистична і теоретична функції розподілу зображені на рисунку 3.

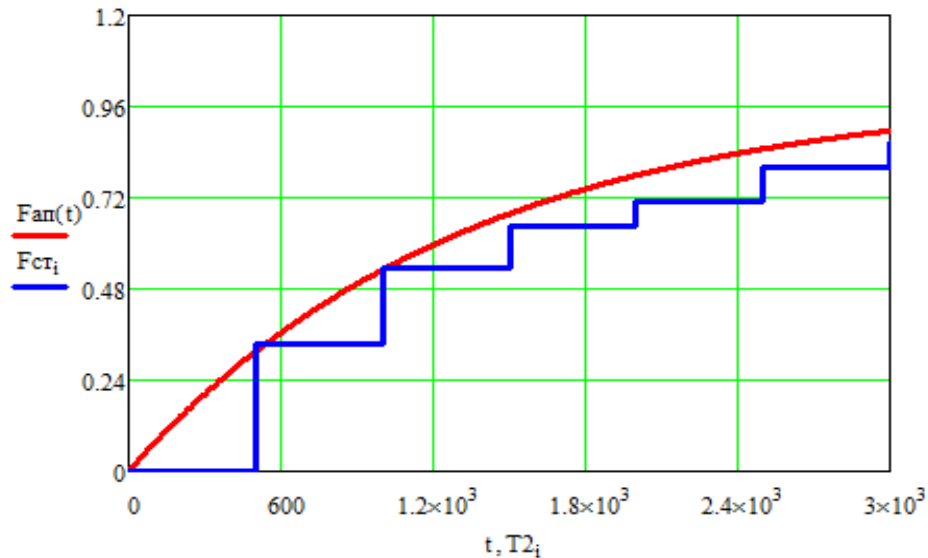


Рисунок 3. Функції розподілу інтервалів часу між випадками виробничого травматизму, в тому числі із смертельними наслідками, на підприємствах і в організаціях, що займаються пасажирськими перевезеннями, за період 2004-2010 рр.

Проведений аналіз нормативних документів, що встановлюють припустимі рівні ризику, існуючих методів визначення ризику небажаних подій на виробництві, засобів комплексного аналізу потенційних небезпек та запобігання виробничому травматизму у різних галузях промисловості України та Росії.

Недоліком практично усіх методів і методик є відсутність можливості їх практичного застосування, складність впровадження на виробництві: не враховується тривалість існування небезпечних факторів, що сприяють виникненню випадків виробничого травматизму, а також імовірний характер процесів, що досліджуються. Все це не дозволяє розробляти ефективні організаційні та технічні заходи щодо попередження виникнення виробничого травматизму.

На основі проведеного аналізу та виявлення недоліків сформульовані мета і завдання дослідження.

Другий розділ «Аналіз та методика дослідження небажаних подій на підприємствах транспорту загального користування». У розділі визначені поняття, що обумовлюють кількісну характеристику ризику виникнення травми або загибелі людини на виробництві.

Виявлені основні види подій, що сприяють виникненню травми або загибелі людини на підприємствах транспорту загального користування (рис.4).

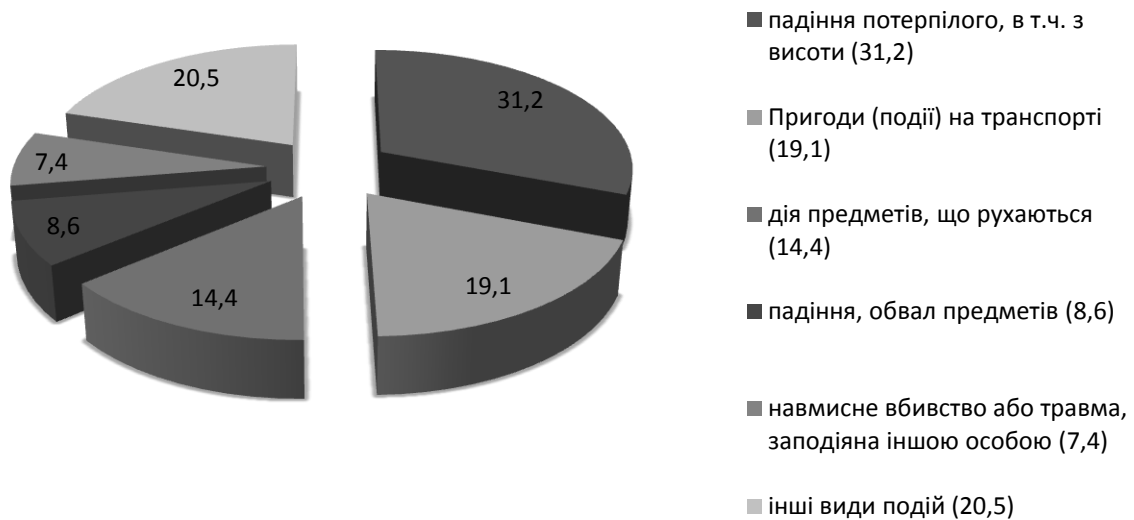


Рисунок 4. Процентне відношення нещасних випадків на підприємствах транспорту загального користування України за 2004-2008рр.

Визначено, що ризикоутворююча причина ROP характеризується двома показниками: частотою кількості потерпілих r_{rop}^n та частотою кількості загиблих r_{rop}^{nc} від травматизму під впливом даної причини за обраний час T .

Доведено, що розрахункові значення частоти r_{rop}^n та r_{rop}^{nc} можливо розглядати як значення імовірності виникнення небажаної події $H(C_{rop}^n)$ та $H(C_{rop}^{nc})$ з кількістю потерпілих r_{rop}^n та загиблих r_{rop}^{nc} відповідно.

Згідно з прийнятим у дисертаційній роботі визначенням, виробничий ризик – це імовірність виникнення небажаної події, слідує, що $H(C_{rop}^n)$ та $H(C_{rop}^{nc})$ – це ризик виникнення небажаної події C_{rop}^n та C_{rop}^{nc} відповідно.

Кількісна характеристика небажаних подій визначена як чотирьохмірна величина. Перша пара параметрів кількісної характеристики небажаної події буде характеризувати імовірність виникнення події з певною кількістю потерпілих, друга – з певною кількістю загиблих за певний період часу:

$$NCob_j \approx (H^n(NCob_j), Q^n(NCob_j), H^{nc}(NCob_j), Q^{nc}(NCob_j)), \quad (1)$$

де $NCob_j$ – найменування j - ї небажаної події;

$H^n(NCob_j)$ та $H^{nc}(NCob_j)$ – імовірність виникнення j - ї небажаної події з кількістю потерпілих – $kn(NCob_j)$ та $knc(NCob_j)$ відповідно;

$Q^n(NCob_j)$, $Q^{nc}(NCob_j)$ – розмір шкоди, що нанесено підприємству виникненням j - ї небажаної події з кількістю потерпілих – $kn(NCob_j)$ та $knc(NCob_j)$ відповідно;

$j = \overline{1, m}$, m – кількість небажаних подій, що розглядаються.

Проведено ранжирування ризикоутворюючих причин *ROP* та небажаних подій *NCob_j*, введена класифікація кількісних інтервальних значень та якісних оцінок ступеня виробничого ризику.

Визначено, що небажаною подією з найбільшою шкодою для підприємств транспорту загального користування України, є пригоди (події) на транспорті, в т.ч. ДТП на шляхах загального користування та наїзд на потерпілого.

«Подія на транспорті», а саме ДТП за участю водія пасажирського транспорту у зв'язку з порушенням ним швидкісного режиму, є найнебезпечнішою, тобто характеризується найбільшим числом нещасних випадків із смертельними наслідками для робітників даної галузі.

Згідно з даними ДАІ Харківської області за 2008 –2012 р.р. основними причинами виникнення аварійних ситуацій, що призвели до травмування водіїв при виконанні ними своїх посадових обов'язків, є причини, зазначені у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні причини аварій за участю водіїв транспорту загального користування за період 2008-2012 р.р.

№ п/п	Основні причини	2008		2009		2010		2011		2012	
		Усього ДТП	Загиблих/травмованих	Усього ДТП	Загиблих/травмованих	Усього ДТП	Загиблих/травмованих	Усього ДТП	Загиблих/травмованих	Усього ДТП	Загиблих/травмованих
1	Порушення швидкісного режиму	72	1/18	62	2/7	9	2/4	8	2/0	13	1/4
2	Порушення правил маневрування	103	1/25	97	1/35	82	0/20	56	0/35	56	2/26
3	Не дотримання безпечної дистанції	68	0/14	54	0/14	37	0/9	20	0/7	14	1/11
4	Порушення правил проїзду перехрестя	24	1/3	15	0/8	26	0/4	8	0/7	7	0/5
5	Інші причини	7	0/6	5	0/4	15	0/2	6	0/1	0	0/2
Усього за рік		274	3/66	233	3/68	169	2/39	98	2/50	90	4/48

Травмування водія пасажирського транспорту, в т.ч. із смертельними наслідками, може наступати при збігу в просторі і часі як мінімум двох незалежних і несумісних випадкових подій, які мають різну частоту появи і тривалість існування (рисунок 5).

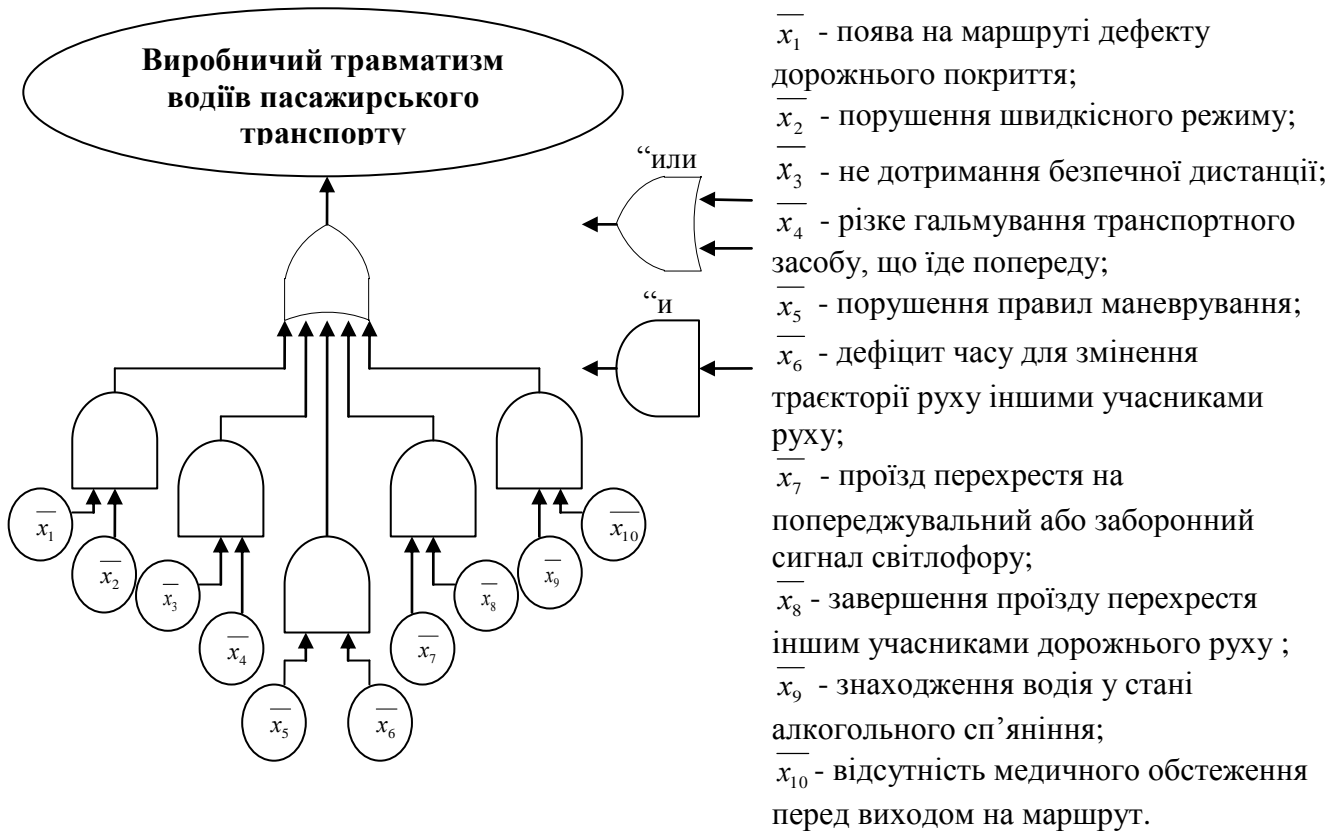


Рисунок 5. Причино – наслідковий зв'язок виникнення випадків виробничого травматизму за участю водіїв пасажирського транспорту

Таким чином, виникнення нещасних випадків, в т.ч. із смертельними наслідками, за участю водіїв рухомого складу на підприємствах транспорту загального користування в більшості випадків виникає при збігу у просторі та часі наведених вище подій.

Третій розділ «Розробка математичної моделі процесу формування виникнення несприятливої події в одиницю часу». Ризик для працівника розглянутий як ймовірність загинути або бути травмованим протягом часу t при заданих умовах і певному виді діяльності.

Визначити ризик можна частотою появи небажаної події в одиницю часу при заданих умовах і певному виді діяльності людини, або ймовірністю появи небажаної події протягом визначеного відрізка часу.

В роботі розглянутий найбільш поширений варіант, коли «Подія на транспорті» за участю водія пасажирського транспорту на маршруті відбувається при збігу в просторі і часі двох випадкових процесів: руху транспортного засобу з порушенням швидкісного режиму і виникненням на маршруті дефекту дорожнього покриття.

Прийнято допущення про те, що якщо водій пасажирського транспорту не перевищує швидкості, то в разі появи на маршруті дефекту дорожнього покриття, водій встигає зреагувати (загальмувати або об'їхати яму, нерівності і т.п.).

Через $\xi(t)$ позначена випадкова функція, яка може приймати два значення: 0 – інтервал часу між появами транспортних засобів (автобусів), що їдуть з перевищенням швидкості (порушення швидкісного режиму) і 1 – тривалість перетину транспортним засобом кордонів «небезпечної» зони, тобто ділянки дороги з дефектами покриття.

Характер зміни функції $\xi(t)$ впродовж часу наступний: існують відрізки часу $\xi_1^{(0)}, \xi_2^{(0)}, \dots, \xi_n^{(0)}$ і $\xi_1^{(1)}, \xi_2^{(1)}, \dots, \xi_n^{(1)}$ для яких послідовно $\xi_i(t)=0$ і $\xi_i(t)=1$, де $\xi_i^{(0)}$ – випадковий інтервал часу між суміжними появами транспортних засобів, що їдуть з порушенням швидкісного режиму; $\xi_i^{(1)}$ – тривалість руху транспортного засобу з неприпустимо високою швидкістю на маршруті.

Випадкова поява дефекту дорожнього покриття на маршруті позначено функцією $\alpha(t)$. Характер зміни даної функції з плином часу наступний: існують відрізки часу між появою дефектів дорожнього покриття, тобто: $\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_m^{(0)}$ для цих інтервалів часу – $\alpha(t)=0$. Через $\alpha_1^{(1)}, \alpha_2^{(1)}, \dots, \alpha_m^{(1)}$ позначимо випадкові інтервали часу існування дефекту дорожнього покриття, в цьому випадку $\alpha(t)=1$.

Аварійна ситуація за участю водія пасажирського транспорту відбудеться в момент збігу проміжків часу випадкових величин $\xi_i^{(1)}$ і $\alpha_j^{(1)}$.

Процеси $\xi(t)$ і $\alpha(t)$ не суперечать однорідним марковським випадковим процесам із дискретним числом станів і безперервним часом з параметрами λ_1, μ_1 і λ_2, μ_2 відповідно.

В початковий момент часу $\xi(t)=0, \alpha(t)=0$. Припустимо, що $\lambda_1, \mu_1; \lambda_2, \mu_2$ – параметри процесів $\xi(t), \alpha(t)$ відомі і потрібно визначити ймовірність виникнення аварійної ситуації протягом часу t , тобто $F(t)$, середній час τ_1 і дисперсію D_1 до настання небажаної події (отримання травми, в т.ч. із смертельним наслідком).

Ймовірність виникнення випадку виробничого травматизму з водієм пасажирського транспорту при виконанні ним службових обов'язків (робота на маршруті) протягом часу t знаходимо за допомогою формули:

$$F(t) = 1 - \sum_{k=1}^3 \frac{G(S_k)}{Z(S_k)} \cdot e^{S_k \cdot t}, \quad (2)$$

де $G(S) = S^2 + a \cdot S + b_1$; $Z(S) = S^3 + a \cdot S^2 + b \cdot S + c$;

$$a = 2 \cdot \lambda_1 + \mu_1 + 2 \cdot \lambda_2 + \mu_2; \quad b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 + (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2);$$

$$c = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2); \quad b_1 = 2 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 + b.$$

S_k - корені кубічного рівняння $S^3 + a \cdot S^2 + b \cdot S + c = 0$.

Середній час до першої травми, в т.ч. із смертельним наслідком, τ_i , якщо в початковий момент часу система «водій – траса» перебувала в стані i ($i=1,2,3$) визначимо, за допомогою формул:

$$\tau_1 = \frac{(\mu_1 + \lambda_2) \cdot (\lambda_1 + \mu_2) + \lambda_1 \cdot (\lambda_1 + \mu_2) + \lambda_2 \cdot (\mu_1 + \lambda_2)}{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}; \quad (3)$$

$$\tau_2 = \frac{\mu_1 \cdot (\lambda_1 + \mu_2) + \lambda_1 \cdot (\lambda_1 + \mu_2 + \lambda_2) + \lambda_2 \cdot \mu_1}{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}; \quad (4)$$

$$\tau_3 = \frac{\mu_2 \cdot (\mu_1 + \lambda_2) + \lambda_1 \cdot \mu_2 + \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \mu_1 + \lambda_2)}{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}. \quad (5)$$

де τ_1, τ_2, τ_3 – середній час до отримання травми, якщо в початковий момент часу система перебувала в стані $e_1(0,0)$; $e_2(1,0)$; $e_3(0,1)$ відповідно.

У тому випадку, якщо виконується умова: $\lambda_i \leq 100 \cdot \mu_i$, $i=1,2,3$, тоді

$$\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 \cong \frac{\mu_1 \cdot \mu_2}{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\mu_1 + \mu_2)}, \quad (6)$$

Дисперсію часу до настання небажаної події D_1 , якщо в початковий момент часу система перебувала в стані $e_1(0,0)$:

$$D_1 = \left[\frac{2 \cdot (\mu_1 + \lambda_2) \cdot (\lambda_1 + \mu_2)}{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)} - 1 \right] \cdot \tau_1 + \left[\frac{2 \cdot (\lambda_1 + \mu_2)}{\lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)} - 1 \right] \cdot \tau_2 + \left[\frac{2 \cdot (\mu_1 + \lambda_2)}{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)} - 1 \right] \cdot \tau_3. \quad (7)$$

У тому випадку, якщо $\tau_1 \cong \sqrt{D_1}$ тоді

$$F_1(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{1}{\tau_1} \right) \cdot t \right]. \quad (8)$$

Отримані в роботі формули (2 – 8) дозволяють оцінити ризик травмування водія громадського транспорту при порушенні ним правил дорожнього руху.

Так, використовуючи реєстратор швидкості на небезпечній ділянці маршруту, довжина якої складає 1 км, фіксувались рухомі одиниці пасажирського транспорту, що проїжджали дану ділянку зі швидкістю, що перевищує 60 км/год.

Середній інтервал часу між транспортними засобами, що їдуть із порушенням швидкісного режиму, складає $\bar{d}_1 = 2,4$ год., середній час проходження ділянки дороги із дефектом покриття – $d_1 = 3,6$ с.

Середній інтервал часу між появою на ділянці дороги дефекту дорожнього покриття складає $\bar{d}_2 = 2730$ год., а середній час існування дефекту – $d_2 = 8$ год.

Експериментально встановлено, що на даній ділянці маршруту у середньому через 3420 годин виникає одна крупна аварія, у якій отримує травму водій пасажирського транспорту.

Визначимо ймовірність виникнення аварійної ситуації, що призвела до травмування водія протягом року при порушенні ним правил безпеки (порушення швидкісного режиму) і ймовірність виникнення на маршруті дефекту дорожнього покриття, середній час τ_1 і дисперсію D_1 до зіткнення автомобіля з людиною.

Згідно формулам (2 - 8) отримано, що $\tau_1 = 3500$ год., а імовірність виникнення аварії на цій ділянці впродовж року складає $F(8760) = 0,918$.

На рисунку 6 наведений графік зміни частоти $H = 1/\tau_1$ появи аварійної ситуації на маршруті залежно від зміни середнього часу між появою транспортного засобу, що рухається із порушенням швидкісного режиму на маршруті \bar{d}_1 , а також при зміні середнього інтервалу часу між появою на ділянці дороги дефекту дорожнього покриття \bar{d}_2 .

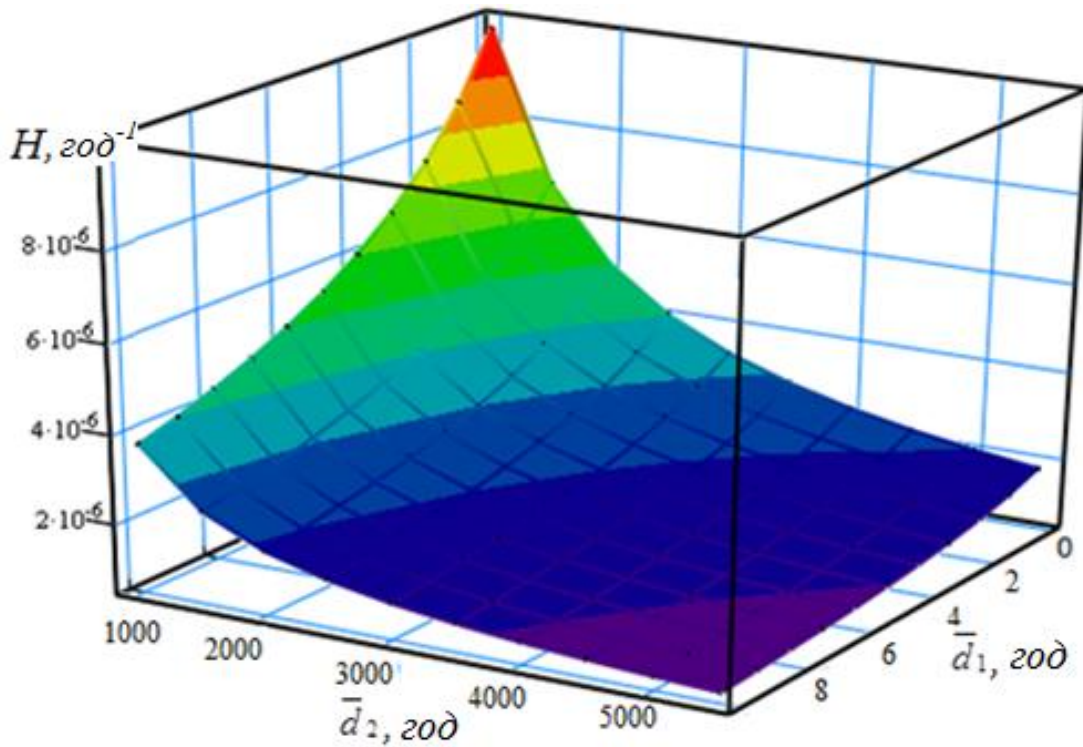


Рисунок 6. Інтенсивність появи аварій на дорозі в залежності від зміни \bar{d}_1 і \bar{d}_2 .

Запропонована в роботі математична модель дозволяє прогнозувати впродовж певного інтервалу часу імовірність виникнення аварії на ділянці дороги, що досліджується, з метою зниження ризику травмування водіїв рухомого складу.

Четвертий розділ «Розробка оптимальних стратегій управління ризиками небажаних подій в умовах невизначеності». В даному розділі розглянуті фактори та критерії, що враховуються при моделюванні стратегій управління виробничими ризиками (сукупності попереджувальних організаційно - технічних заходів).

Насамперед, це:

- неможливість точного визначення значення виробничого ризику в момент часу t на момент t_k ;
- невизначеність виникнення аварії на момент часу t_k (може бути, а може ні);
- невизначеність технічної надійності виробничих фондів;
- невизначеність людської поведінки;
- політична та економічна нестабільність в країні.

У зв'язку з цим групове експертне оцінювання є найефективнішим засобом вирішення цієї проблеми.

Для спрощення математичного апарату, що використовується при проведенні експертизи розроблена програма Optis за допомогою системного продукту Borland Delphi 7. Зазначена програма автоматично проводить розрахунки коефіцієнту погодженості, проміжні математичні розрахунки та виводить на екран стратегії управління в послідовності від найефективніших до менш пріоритетних.

Проведення експертного оцінювання показало, що при плануванні організаційно - технічних заходів щодо зниження ризику виникнення несприятливої події «Пригода на транспорті», а саме порушення швидкісного режиму водіями громадського транспорту, необхідно, в першу чергу, застосування системи попередження перевищення встановленої швидкості руху на маршруті, а також проведення моніторингу дотримання швидкісного режиму водіями транспортних засобів на найбільш небезпечних ділянках дороги.

Результати отриманих досліджень та експериментів стали основою в розробці Методики вибору оптимальної стратегії управління ризиками виробничого травматизму з метою їх мінімізації, що була впроваджена та прийнята до використання КП «КиївПасТранс». Застосування даної Методики дало можливість автоматизувати проведення експертного оцінювання стратегій управління, а також збільшити точність та спростити процедуру прогнозування можливих аварійних ситуацій у майбутньому.

Запропоновано удосконалення системи попередження перевищення швидкості руху за рахунок впровадження в модель нових конструктивних елементів.

Впровадження даних елементів дає можливість визначати перевищення заданої швидкості руху на транспортних засобах зі спідометрами, мають прозорі стрілки з підсвічуванням або на транспортних засобах, обладнаних сучасними цифровими спідометрами.

Використання запропонованої системи на маршруті №608 «м. Харків – смт. Високий» дозволило скоротити кількість ДТП за участю автобусів в 2012 році порівняно з 2011 роком у 1,8 рази, це в свою чергу знизило рівень виробничого травматизму та загибель водіїв у 2 рази. Економічний ефект від застосування даної системи склав 25 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій дано теоретичне обґрунтування і практичне рішення актуальної науково - технічної задачі, що полягає у розкритті особливостей виникнення випадків виробничого травматизму, в т.ч. із смертельними наслідками, при збігу в просторі і часі незалежних помилок різних людей (наприклад, порушення швидкісного режиму водієм транспортного засобу і не усунення дефекту дорожнього покриття дорожнім працівником).

Це дозволило отримати ряд аналітичних залежностей ризику виникнення випадків травматизму на виробництві протягом часу: від частоти і тривалості появи

працівника в «небезпечній» зоні, а також частоти появи і тривалості існування загрози в цій зоні для його життя. Дані залежності дозволили розробити організаційні та технічні заходи щодо зменшення виробничих травм на підприємстві.

Основні результати виконаної роботи полягають у наступному:

1. Встановлено, що статистична функція розподілу інтервалів часу між нещасними випадками, пов'язаними з виробництвом, на підприємствах транспорту загального користування Харківської області не суперечить експоненційній функції розподілу за критерієм згоди Бартлетту з параметром $7,54 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹.

2. Отримані системи лінійних диференціальних рівнянь, за допомогою яких можна оцінити ймовірність появи випадків виробничого травматизму, в т.ч. зі смертельними наслідками, протягом часу t при експлуатації рухомого складу на підприємствах транспорту загального користування.

3. Отримані системи лінійних алгебраїчних рівнянь, за допомогою яких можна визначити середній час до виникнення випадку виробничого травматизму зі смертельними наслідками на підприємстві транспорту загального користування.

4. Експериментально встановлено: на небезпечній ділянці маршруту довжиною 1 км при порушенні швидкісного режиму водієм та при появі дефекту дорожнього покриття крупна аварія відбувається в середньому кожні 3420 год. Аналогічний результат ($\tau_1 = 3500$) був отриманий при використанні математичного апарату, що запропонований, та отриманих експериментальних даних по трасі: $\lambda_1 = 0,42$ год⁻¹; $\lambda_2 = 3,7 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹; $\mu_1 = 1000$ год⁻¹; $\mu_2 = 0,125$ год⁻¹.

5. Запропонована узагальнена модель системи управління виробничими ризиками на підприємствах транспорту загального користування України, що включає в себе: аналіз і кількісну оцінку виробничого ризику НСоб; розробку стратегій управління виробничим ризиком, спрямованих на зниження значень виробничого ризику небажаної події, з наступною оцінкою ступеня ефективності запропонованих стратегій.

6. Розроблена комп'ютерна програма Optis, що дозволяє проводити експертне оцінювання стратегій управління виробничими ризиками з метою визначення найбільш оптимальної. В основі розробленої програми лежить метод простого ранжування об'єктів з використанням дисперсійного коефіцієнта конкордації, що дає можливість визначити міру узгодженості думок групи експертів.

7. Розроблена Методика вибору оптимальної стратегії управління ризиками виробничого травматизму з метою їх мінімізації. Зазначена Методика була впроваджена ВАТ ХАТП «16327», ТОВ «Фін», КП «КиївПасТранс», що дозволило автоматизувати систему управління виробничими ризиками на даних підприємствах.

8. Запропонована нова більш досконала і проста в експлуатації система попередження перевищення встановленої швидкості руху, що інформує водіїв про перевищення встановленого швидкісного режиму.

9. Результати роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі «Безпека життєдіяльність» Харківського національного університету міського

господарства при підготовці фахівців за курсом «Потенційно небезпечні виробничі технології та їх ідентифікація», «Надійність технічних систем і техногенний ризик», «Основи охорони праці».

ПУБЛІКАЦІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Александрікова І.О. Характеристика методів аналізу ризику небезпечних промислових об'єктів / І.О. Александрікова // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Дн., 2007. – Вып. 40. – С.188–192.

2. Александрікова І.О. Актуальність застосування ризик орієнтованого підходу у забезпеченні безпеки промислових об'єктів, зокрема атомних станцій/ І.О. Александрікова // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: науково – технічний збірник. – Дн., 2007. – Вип. 42.– С.212–215.

3. Ткаченко І.О. Оцінка ризиків виробничого травматизму/ Б.М. Коржик, І.О.Ткаченко // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сборник. – К. – Х., 2010.– С. 14–18.

4. Ткаченко І.О. Застосування системи менеджменту професійного здоров'я та безпеки на виробництві/ І.О.Ткаченко // Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов, ч.2: научное издание. – Х., ХНАГХ, 2010. – С. 195–196.

5. Ткаченко І.О. Важливі аспекти оцінки ризику виробничого травматизму / Б.М. Коржик, І.О.Ткаченко // Безпека життєдіяльності в навколишньому і виробничому середовищах. – Х., 2011. – С.105–108.

6. Ткаченко І.О. Деякі аспекти аналізу ризику травматизму на виробництві/ І.О.Ткаченко, Б.М. Коржик, О.Ю. Нікітченко // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства: науково - технічний збірник. – К., 2011.– С. 49– 52.

7. Ткаченко І.О. Комплексна оцінка ризику виробничого травматизму / Б.М. Коржик, І.О.Ткаченко // Комунальне господарство міст: наук. - техн. збірник. – Х., 2011. – В. 99.– С. 219–223.

8. Ткаченко И. А. Моделирование вероятности влияния рискообразующих причин на возникновение неблагоприятных событий на предприятии/ Б.М. Коржик, И.А.Ткаченко //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка: наук. - фахове видання. – Х., 2012. – В.124. – С. 397–401.

9. Ткаченко И.А. Моделирование количественных характеристик неблагоприятных событий на производстве в транспортной отрасли Украины/ И.А.Ткаченко // Вестник Харьковского национального автомобильно - дорожного университета: сборник научных трудов. Х., 2012. – Вип. 59. – С.138–141.

10. Ткаченко И.А. Моделирование оптимальных стратегий управления производственными рисками в условиях неопределенности/ Б.М. Коржик, И.А.Ткаченко // Международные научные чтения «Белые ночи – 2012». – К., 2012. – С. 254-260.

11. Ткаченко И.А. Применение экспертных оценок в решении задач безопасности на предприятиях транспортной отрасли Украины/ И.А. Ткаченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2012». Выпуск 4. Том 1. – Одесса: Куприенко, 2012.– С. 39–42.

12. Ткаченко И.А. Экспертное оценивание эффективности стратегий управления производственными рисками/ Б.М. Коржик, И.А.Ткаченко // Комунальне господарство міст: наук. – тех. збірник, В. 107. – Х., 2013.– С. 502-505.

13. Ткаченко И.А. Об оценке степени риска для человека при определенном виде его деятельности/ И.И.Лехтман, И.А.Ткаченко // Матеріали I міжнародної Науково-практичної конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів «Проблеми та перспективи розвитку охорони праці» Львів, 2013. – С.40-41.

В научных работах, написанных у соавторстве автору належить: [3] – проведенный анализ несчастных случаев на предприятиях, что занимаются пассажирскими перевозками у м. Харків; [5] – визначені методи оцінки ризиків виробничого травматизму; [6] – досліджені методи визначення кількісних показників стану умов праці; [7] – проведенный анализ возможных причин возникновения несчастных случаев; [8] – описана процедура оцінки ризиків небажаних подій на виробництві; [10] – застосований метод попарних порівнянь для проведення планування заходів щодо попередження травматизму на виробництві; [12] – розроблена процедура проведення експертного оцінювання ефективності організаційно - технічних заходів, спрямованих на зниження рівня травматизму; [13] – розроблена математична модель процесу формування випадків виробничого травматизму.

АННОТАЦИЯ

Ткаченко И.А. Оценка риска и предупреждение случаев производственного травматизма на предприятиях транспорта общественного пользования. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – Охрана труда. – ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г.Донецк, 2013.

Диссертация является завершённой научно-исследовательской работой, в которой дано теоретическое обоснование и практическое решение актуальной научно-технической задачи: оценки риска появления травм на предприятиях транспорта общественного пользования Украины и раскрытия особенностей возникновения случаев производственного травматизма, в том числе и со смертельным исходом, при совпадении в пространстве и времени независимых ошибок двух различных людей.

Выявлены несчастные случаи, возникшие в результате наступления основных неблагоприятных событий под влиянием основных причин согласно статистическим

данным уровнем производственного травматизма на предприятиях транспорта общего пользования Украины.

Определены неблагоприятные события с наибольшим ущербом для предприятий транспорта общего пользования Украины (происшествия на транспорте) на основании проведенного ранжирования причин и событий травматизма.

Введена классификация количественных интервальных значений и качественных оценок степени производственного риска, что позволило комплексно оценить риск их возникновения.

Впервые получен ряд аналитических зависимостей вероятности появления травм на производстве в течение времени от частоты появления работника в "опасной" зоне, длительности нахождения его там, а также частоты появления угрозы для его жизни и длительности ее существования.

Получены системы линейных алгебраических уравнений, с помощью которых можно определить среднее время до наступления случая производственного травматизма со смертельным исходом на предприятии транспорта общественного пользования и дисперсию.

Предложена обобщенная модель системы управления производственными рисками на предприятиях транспорта общественного пользования Украины, включающая в себя: анализ и количественную оценку производственного риска НСоб; разработку стратегий управления производственным риском, направленных на снижение значений производственного риска НСоб, с последующей оценкой степени эффективности предложенных стратегий.

Разработана компьютерная программа Optis, позволяющая проводить экспертное оценивание стратегий управления производственными рисками с целью определения наиболее оптимальной.

Разработана Методика выбора оптимальных стратегий управления рисками производственного травматизма на предприятиях транспорта общего пользования с целью их минимизации, которая позволяет автоматизировать систему управления производственными рисками на данных предприятиях.

Предложена новая, более совершенная и простая в эксплуатации, система предупреждения превышения установленной скорости движения, информирующая водителя о превышении установленного скоростного режима на маршруте.

Результаты работы используются в учебном процессе на кафедре «Безопасность жизнедеятельность» Харьковского национального университета городского хозяйства им. А.Н.Бекетова при подготовке специалистов по курсу «Потенциально опасные производственные технологии и их идентификация», «Надежность технических систем и техногенный риск», «Основы охраны труда».

Ключевые слова: риск, производственный травматизм, неблагоприятное событие на производстве, случайная ошибка, стратегия управления.

АНОТАЦІЯ

Ткаченко І.О. Оцінка ризику та попередження випадків виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук з спеціальності 05.26.01- Охорона праці. - ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, 2013.

Дисертація є закінченою науково - дослідною роботою, в якій дано теоретичне обґрунтування та практичне рішення актуальної науково - технічної задачі: оцінки ризику виникнення травми на підприємствах транспорту загального користування України та розкриття особливостей виникнення випадків виробничого травматизму, у т.ч. із смертельними наслідками, при збігу у просторі та часу незалежних помилок двох осіб.

Вперше отриманий ряд аналітичних залежностей ризику виникнення травм на виробництві протягом часу від частоти появи працівника в «небезпечній» зоні, тривалості знаходження його там, а також частоти появи та тривалості існування загрози для його життя.

Розроблена Методика вибору оптимальних стратегій управління ризиками виробничого травматизму на підприємствах транспорту загального користування з метою їх мінімізації, яка дозволяє автоматизувати систему управління виробничими ризиками на даних підприємствах.

Запропонована нова, більш досконала і проста в експлуатації, система попередження перевищення встановленої швидкості руху, що інформує водія про перевищення встановленого швидкісного режиму на маршруті.

Ключові слова: ризик, виробничий травматизм, несприятлива подія на виробництві, незалежна помилка, стратегія управління.

SUMMARY

Tkachenko I.O. Risk assessment and prevention of occupational accidents in transport public use. – As the manuscript.

The dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences, specialty 05.26.01 – Labor protection. – «Donetsk national technical university», Donetsk, 2013.

The dissertation is complete research work in which theoretical justification and the practical solution of an actual scientific and technical problem of the assessment the risk of adverse events by public transport and explain the formation of these events by the disclosure of the features of cases of industrial injuries including death, at coincidence in space and time of independent mistakes of two people.

For the first time a number of analytical dependences of probability of emergence of an adverse event for working during time from the frequency of emergence it in a "dangerous" zone, duration of its stay there, and also frequencies of emergence and

duration of existence of threat for the human life, casually got to a "dangerous" zone is received.

The developed Method of choosing optimal strategies for risk management of occupational injuries in enterprises of public transport in order to minimize them, which allows automated management system of production risks in public transport.

It is offered new, more perfect and easy-to-work, system of the prevention of excess of the established speed of the movement, informing the driver about excess of the established high-speed mode on a route.

Keywords: risk, occupational injuries, adverse events at work, independent error management strategy.

Підп. до друку 02.09.2013
Друк на ризографі.
Зам. № 9028

Формат 60x84 /16
Ум. друк. арк. 1,15
Тираж 100 пр.

Видавець та виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, м. Харків, 61002
Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 4064 від 12.05.2011