

Відгук

офіційного опонента,
доктора технічних наук, старшого наукового співробітника
Антонова Анатолія Васильовича
на дисертаційну роботу Кацмана Михайла Давидовича за темою «Методологічні засади організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті»,
поданої на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

Для опонування було надано автореферат на 48 сторінках та дисертацію повним обсягом 420 сторінок, яка складається з анотації, вступу, п'яти розділів, 4 додатків, 73 рисунків, 16 таблиць і 338 посилань на використані джерела, а також ксерокопії наукових праць здобувача за темою. Дисертацію виконано в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України. Дисертацію та автореферат викладено державною мовою. Графічний матеріал виконано якісно, він повною мірою ілюструє наведені в дисертаційній роботі наукові положення та висновки.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю розроблення методологічних засад організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті як передумови зменшення негативного впливу на довкілля і населення навколо об'єктів та територій внаслідок аварійних ситуацій.

Зв'язок з науковими планами і темами

Дисертаційне дослідження виконувалось відповідно до Стратегії екологічної безпеки соціально-економічного розвитку України та Транспортної стратегії України на період до 2020 року в рамках наукової тематики Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України «Дослідження стану і тенденції розвитку транзитних перевезень та розроблення пропозицій щодо освоєння перспективних транзитних вантажопотоків через територію України» (державний реєстраційний номер 0112U006664), Академії внутрішніх військ МВС України: «Розроблення механізму взаємодії між підрозділами внутрішніх військ МВС України та спеціальними формуваннями сил цивільного захисту МНС України при виникненні надзвичайних ситуацій» (шифр «Ситуація»), 2010р., на замовлення начальника Головного управління – командувача внутрішніх військ МВС України, Концепції «Безпечна залізниця» Публічного акціонерного товариства «Українська залізниця» (ПАТ «Укрзалізниця»). У даних науково-дослідних роботах автор брав участь як виконавець.

Аналіз викладеного матеріалу за розділами дисертації

Аногацію до дисертації, як і надалі її текст викладено згідно з вимогами Наказу Міносвіти України «Про затвердження Вимог до оформлення

№ 518/51.02
23.11.2018р.

дисертації»12.01.2017 № 40, в ній стисло представлені основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичне значення роботи.

У вступі розкрито суть та стан проблеми, обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету, основні завдання дослідження, наукову новизну отриманих результатів. Розглянуто практичне значення та впровадження результатів дисертації. Наведено відомості про публікації та апробацію роботи.

У першому розділі наведено результати дослідження особливості функціонування залізничної транспортної системи, що впливають на безпеку перевезень, рухомий склад, об'єкти залізничної інфраструктури та навколишнє середовище. Встановлено, що залізничний транспорт є складною розосередженою, ергатичною, динамічною, самоорганізаційною системою, якій притаманна властивість збереження безпечності свого функціонування, що не виключає цілеспрямованих дій персоналу у аварійних ситуаціях. В таких ситуаціях поведінка системи стає нестійкою, виникає суперечність між природними механізмами утворення і розвитку цієї ситуації, відбувається залучення до неї об'єктів, рухомого складу залізниці та навколишнього середовища, які діють несвідомо за своїми різнохарактерними законами, та персоналом оперативного штабу із своїм керівником.

Запропонована класифікація причин виникнення, розвитку і наслідків залізничних аварійних ситуацій під впливом внутрішніх і зовнішніх ініціюючих подій, визначені заходи, спрямовані на забезпечення безпеки залізничних перевезень у сталому режимі функціонування та при регламентованих впливах, а також заходи щодо локалізації та ліквідації залізничних аварійних ситуацій.

Наведено дані, які свідчать, що за період з 2006 по 2017 рр. середня кількість транспортних подій на 100 млн. т. км. щодобових вантажних перевезень зменшилася з 2,44 у 2006 р. до 1,48 у 2017 р.

Характер зміни середньої вартості балансових збитків від однієї транспортної події за останні п'ять років свідчить про те, що при зменшенні числа транспортних подій їхні наслідки мали більш негативний характер впливу на навколишнє середовище і об'єкти залізничної інфраструктури. Для ліквідування наслідків цих подій необхідно було залучати велику кількість сил і засобів за більш тривалого часу проведення відновних робіт.

Також показано, що за період з 2006 по 2011 рр. частка небезпечних вантажів із загальної кількості вантажних перевезень становила у межах від 7,1% (2006р.) до 8,6% (2008р.). З 2012 р. намітилася тенденція до зменшення об'ємів вантажних перевезень, так частка небезпечних вантажів від усієї кількості вантажних перевезень становила: 2012 р. – 6,8%, 2013 р. – 6,3%, 2014 р. – 4%, 2015 р. – 3,6%, 2016 р. – 3,5%, 2017 р. – 3,7%

Результати аналізу динаміки кількості транспортних подій із характером викиду небезпечних вантажів у довкілля засвідчили, що витікання рідких займистих речовин траплялося у 80,8% випадків, самозаймання вантажу

відбувалося у 11,2% випадках, випаровування зчинилося у 5,9% випадках, розсипання – у 0,6% випадків. Інші випадки (пошкодження тари, рухомого складу) траплялися 1,5% випадків. Аналіз стану безпеки руху поїздів на залізничному транспорті України за період, що розглядається, показує, що на катастрофи припадає 2% від загальної кількості транспортних подій, серйозні інциденти виникали у 14% випадків, на інциденти припадає 84% транспортних подій.

Здійснено аналіз літературних джерел з питань теоретичних та практичних проблем управління екологічною безпекою при ліквідуванні наслідків аварійних ситуацій з небезпечними речовинами та формування наукових основ створення систем підтримки прийняття рішень.

Проблемам створення методів прогнозування наслідків аварійних ситуацій з небезпечними речовинами щодо забруднення довкілля і розповсюдження таких речовин в атмосфері, математичним моделям, які описують такі явища, й програмним комплексам, що реалізують такі моделі, нині приділяється значна увага (В.С.Бабков, 2011; А.Б.Белихов, 2013; Н.Л.Бизова,1991; Р.Zannetti, 1993;А.А.Шаталов, 2004).

Істотним для управління екологічною безпекою є дослідження розвитку небезпечних явищ у аварійних ситуаціях, оцінювання ймовірності переростання аварійної ситуації в аварію, прогнозування виникнення аварійних ситуацій на об'єктах промисловості і транспорту, а також ліквідування їхніх наслідків (В.Г. Попов, 2012; В.І. Медведєв, 2001; В.А.Акімов, 2004; О.В. Лаврухін, 2006; А.Н. Цуріков, 2013).Окремої уваги заслуговує ліквідування розливів нафтопродуктів (М. Л. Сорока, 2012; Ю.В.Зеленько, 2011;Є.І.Макарова, 2007).Вагомим напрямом наукових досліджень є напрям, присвячений науково-методичним підходам до створення експертних систем, систем підтримки прийняття рішень, застосуванню інформаційних технологій, моніторингу стану об'єктів і рухомому складу залізничного транспорту (В.А.Гапанович, 2011; Д.А. Моїсеєнко, 2007; О.І.Горяєв, 2010; Т.В.Бутько, 2003).

За результатами досліджень, викладених у розділі, сформульовано мету і задачі досліджень.

У другому розділі наведено результати дослідження впливу на довкілля наслідків аварійних ситуацій під час транспортування небезпечних вантажів.

Показано, що відносна кількість вантажів різних класів безпеки, транспортування яких залізничним транспортом України здійснювалося у період 2006 – 2017 рр., становить: клас 1 – 0,09%, клас 2 – 11%, клас 3 – 45%, клас 4.1 – 7 %, клас 4.2 – 5%, клас 4.3 – 0,12%, клас 5.1 – 7%, клас 5.2 – 0,002%, клас 6.1 – 2%, клас 6.2 – 0,001%, клас 7 – 0,005%, клас 8 – 5%, клас 9 – 18%, тобто класи 3, 9 та 2 є переважаючими за об'ємами перевезень.

До вантажів цього класу належать стиснені (22%) і скраплені гази високого та низького тиску (43,9%); охолоджені рідкі гази (7,3%); гази, розчиненні під тиском (2,4%), аерозольні упакування і малі ємкості з газом (4,9%); інші вироби, що містять газ під тиском (12,2%) та зразки газів (7,3%).

Визначено основні ймовірні процеси типових сценаріїв розвитку аварійних ситуацій з небезпечними вантажами, що надало можливість виявити причинно-

наслідкові зв'язки розвитку процесів у цих ситуаціях з характеристиками їхніх наслідків для довкілля та розробити теоретичну основу для створення бази знань СППР керівників оперативних штабів з ліквідації наслідків аварійних ситуацій усіх рівнів управління.

Для прогнозування розвитку небезпечних чинників аварійних ситуацій під час транспортування вантажів другого і третього класів безпеки, а також сильнодіючих отруйних речовин, на залізничному транспорті використовуються методичні вказівки щодо визначення зон впливу небезпечних чинників аварій з такими вантажами.

На базі цих вказівок вперше запропоновано структурно-аналітичні моделі методів визначення величин небезпечних для довкілля та життєдіяльності людини чинників залізничних аварійних ситуацій з легкозаймистими вантажами і газами.

За запропонованими розрахунковими формулами, визначаються розміри вибухонебезпечних зон $R_{\text{нкмр}}(\tau)$, площі розлиття $S_p(\tau)$, мас розлитої речовини $M(\tau)$ і випару $M_p(\tau)$, а також величини радіусів зон надлишкового тиску R_i при вибуху паливо-повітряної суміші. З метою розширення прогностичних можливостей цієї моделі вона доповнена структурними блоками оцінювання ймовірностей ушкоджень об'єктів довкілля $P_{\text{об}}$ та ураження людей $P_{\text{л}}$ від вибуху паливо-повітряної суміші та щільності теплового випромінювання з використанням розрахункових співвідношень, що представлені у відповідних методах і моделях.

З урахуванням необхідності визначення характеристик забруднення верхньої будови колії нафтопродуктами при аварійному руйнуванні залізничних цистерн модель доповнена структурним блоком з використанням отриманих автором розрахункових співвідношень щодо визначення об'єму $V_v(\tau)$, маси $M_v(\tau)$ і глибини просочення речовини у ґрунт. Для визначення величин концентрацій небезпечних величин в атмосфері під час аварійних ситуацій з легкозаймистими речовинами модель доповнена відповідним структурним блоком з використанням наведених нижче співвідношень. Введені структурні блоки показані на рис. 8 пунктиром.

Наведено результати досліджень небезпечних для довкілля чинників аварійної залізничної ситуації, пов'язаної з витіканням легкозаймистої речовини (бензину А-95) через пошкоджений зливний пристрій ($S_0 = 78,5$ см) стандартної цистерни об'ємом $V_{\text{ц}} = 61,2$ м³ на одній із залізничних станцій Південно-Західної залізниці з нахилом місцевості менше 1% ($f = 5$). Інші умови досліджень: температура повітря $T_{\text{п}} = 28^{\circ}\text{C}$, швидкість повітряного потоку $V_{\text{п}} = 0$ м/с. Площа зливного пристрою $S_0 = 78,5$ см², внутрішній діаметр цистерни $H = 2,8$ м, ступінь заповнення цистерни $e = 0,85$.

Зокрема, показано, що у штильових умовах, які є найнебезпечнішими навколо аварійної цистерни, найбільш негативний вплив на довкілля за цей період розвитку аварійної ситуації спричиняють випари легкозаймистої речовини в атмосферне повітря.

Подальший розвиток аварійної ситуації характеризується великою кількістю пари бензину, яка надходить у навколишнє середовище. Маса бензину, що всмоктується у баластну призму залізничного полотна, є незначною: на 60-й хв. – 1,2 кг, на 100-й хв. – 1,9 кг, на 140-й хв. – 27 кг; на 240-й хв. – 4,42 кг. Маса

легкозаймистої рідини на поверхні ґрунта знижується з 41,2 т на 60-й хв. до 40,3 т на 240-й хв., а радіус зони загазування збільшується відповідно з 62 м до 98 м.

Недоліком існуючої структурно-аналітичної моделі щодо розрахунку величин небезпечних для довкілля чинників залізничних аварійних ситуацій з отруйними легкозаймистими речовинами є відсутність можливості визначення параметрів забруднення атмосфери у результаті викиду таких речовин.

У роботі проаналізовано методи і створені на їхніх основах програмні комплекси, які дозволяють моделювати розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері. Для цього детально розглянуті Ейлерові, Гауссові та Лагранжеві математичні моделі розсіювання небезпечних речовин в атмосфері та моделі забруднення атмосферного повітря.

Для моделювання розповсюдження пари бензину у визначених умовах використані лагранжево-ейлерові моделі атмосферного переміщення небезпечних речовин, які у світовій літературі також називають моделями гауссових «клубів» («puffs»). До моделей такого класу належать такі відомі моделі як DIPLOT і RIMPUFF, що є складовими системи Євросоюзу з ядерного аварійного реагування РОДОС, модель CALPUFF та деякі інші. Модель CALPUFF, яка прийнята Агентством з охорони довкілля США, визнана за кращу серед аналогічних моделей для оцінювання переносу забруднювачів та їхнього впливу на довкілля, вона є добре верифікованою. Розрахунок тривалого викиду здійснено шляхом обчислення послідовності миттєвих викидів – так званих лагранжево-ейлерових частинок, центри мас яких рухаються за вітром. Відмінність лагранжево-ейлерових частинок від звичайних лагранжевих частинок нескінченно малого розміру є те, що у даному випадку частинки характеризуються розмірами та розподілом концентрації у частинці. У системі координат, пов'язаній з центром мас, поле концентрації у кожній частинці розподілено у відповідності до поля концентрації миттєвого викиду, яке розраховується за гауссовою формулою.

У розділі також розглянуто основні фізико-хімічні процеси горіння і вибуху небезпечних вантажів різних агрегатних станів. З розглянутих процесів розвитку таких аварійних ситуацій можна дійти до висновку, що навколишнє природне середовище має деяку інерційність реагування на зовнішню дію небезпечних чинників аварії, протидіє ним щодо зміни свого стану тобто має властивості самопідтримання і саморегуляції, що, за певних умов, може призвести до гальмування катастрофічних процесів аж до їх припинення.

Для прогнозування наслідків залізничних аварійних ситуацій за участю небезпечних вантажів у роботі розглянуто екологічну систему «аварійний рухомий склад – навколишнє середовище» як марковську систему масового обслуговування, що дало змогу виявити співвідношення між параметрами цієї системи, які призводять до катастрофічного наслідку.

В третьому розділі висвітлено науково-методичні основи управління реагуванням на аварійні ситуації на залізничному транспорті під час транспортування небезпечних вантажів.

Ліквідація наслідків залізничних аварійних ситуацій з небезпечними вантажами є взаємопов'язаними процесами, що потребують проведення комплексу заходів, спрямованих на запобігання загрозі людям, захист довкілля,

збереження вантажу, відновлення руху поїздів і маневрової роботи у можливо короткий термін. При цьому важливе значення має й раціональне використання різноманітних ресурсів, необхідних для виконання цих заходів.

Запропоновано концептуальну схему моделі організації реагування на залізничну аварійну ситуацію.

У запропонованій моделі визначено основні етапи підготовки рішення керівника оперативного штабу з ліквідації наслідків залізничної аварійної ситуації з небезпечними вантажами і чинників, що впливають на ефективність здійснення цих етапів.

На підставі отриманої інформації оперативним штабом здійснюється оцінювання обстановки, що склалася, прогнозується найбільш імовірний стан розвитку такої ситуації, її фінальний стан, межі небезпечних зон, виявляються об'єкти, що потрапили у такі зони, приймається рішення щодо вжиття заходів, необхідних для ліквідування залізничної аварійної ситуації.

Розглянуто чинники аварійних ситуацій, які необхідно визначити для складання плану проведення ліквідаційних робіт.

Важливою складовою надійного функціонування залізничної транспортної системи є її спроможність реагувати на небезпечні чинники аварійних ситуацій за рахунок скоординованих дій ліквідаційних підрозділів. Тобто, надійність цієї системи під час перевезення небезпечних вантажів можна трактувати як її здатність у визначені терміни часу із заданою ймовірністю відновлювати своє безпечне функціонування після аварійних ситуацій, що супроводжуються дією небезпечних чинників, шкідливих для людей, довкілля, вантажів та об'єктів залізничного транспорту.

Розглянуто функціонування запропонованої моделі аварійної ситуації, пов'язаній з витіканням небезпечної рідини із залізничної цистерни, та реагування на таку ситуацію аварійно-рятувальних підрозділів.

Проведений в розділі аналіз дій оперативного штабу в типових ситуаціях свідчить, що основними стадіями підготовки рішення є отримання інформації про транспортну подію; збір даних про обстановку, її аналізування та оцінювання; організація постійного моніторингу за зміною обстановки; підготовка пропозицій членів оперативної штабу та фахівців організацій, які беруть участь у проведенні ліквідаційних та локалізаційних заходів; всебічний аналіз інформації та пропозицій; прийняття рішення; доведення завдань до виконавців; організація взаємодії між різнорідними силами і засобами; всебічне забезпечення визначених дій підрозділів; контроль за виконанням.

Розглянуті запропоновані автором структурно-логічні схеми дій оперативного штабу у аварійних ситуаціях, пов'язаних з виливанням (розсипанням), пожежею витікання та пожежею розливу небезпечного вантажу.

Структурно-логічна схема дій оперативного штабу у аварійній ситуації, пов'язаній з розливанням (розсипанням) небезпечного вантажу.

Під час організації ліквідування наслідків аварійних залізничних ситуацій з небезпечними вантажами керівник оперативного штабу здійснює управління географічно розосередженими різноманітними ліквідаційними підрозділами, об'єднаними у тимчасово організовану структуру. Успішне розв'язування завдань

управління цією структурою обумовлюється успішним виконанням окремим підрозділом завдань за призначенням при тісній взаємодії з іншими підрозділами.

Розглянуто напрями підвищення ефективності застосування пожежних та відновлювальних поїздів для ліквідації наслідків залізничних аварійних ситуацій з небезпечними вантажами.

Запропоновано використання на залізничному транспорті країни пожежних аварійно-рятувальних поїздів модульного типу, які нині широко застосовуються на залізницях більшості європейських країн, оснащення їх високопродуктивними установками подавання води, повітряно-механічної піни, порошкових складів, установками для подавання інертних газів та хімічної піни, а також пожежними роботами для гасіння продуктів газо-нафтопереробки, пожежна базах зберігання паливно-мастильних матеріалів та рухомого складу у залізничних тунелях.

Для модернізації пожежних поїздів залізничного транспорту необхідно розробити концепцію їх побудови, оснащення, утримання та бойового застосування, визначити місця дислокації та чисельність. З метою ефективного управління силами пожежної охорони усіх міністерств і відомств країни розробити і впровадити єдину автоматизовану систему аналізу обстановки та прийняття рішень на локалізацію наслідків аварій і катастроф, що супроводжуються пожежами небезпечних вантажів при їх перевезенні залізничним транспортом.

У четвертий розділ дисертаційної роботи обґрунтовано можливість застосування методів теорії систем масового обслуговування для формального опису процесів функціонування системи «навколишнє середовище – аварійний об'єкт – ліквідаційні підрозділи».

Типові аварійні ситуації, з погляду фізики процесів, які при них відбуваються, є нічим іншим, як більш чи менш інтенсивним потоком небезпечних чинників (отруйні гази, висока температура, розлиття небезпечних речовин тощо), що надходять від аварійного вантажу у навколишнє середовище та шкідливо впливають на людей, об'єкти інфраструктури та рухомий склад. Тому є усі підстави розглядати аварійний об'єкт (рухомий склад), на якому здійснюються роботи з локалізації аварійної ситуації та ліквідації її наслідків, як систему масового обслуговування (СМО). За такого теоретичного підходу можна використати класичні та адаптовані під конкретні задачі математичні методи теорії масового обслуговування.

Розглянуто функціонування СМО як об'єкту, на якому здійснюються локалізаційні роботи за умови, що є обмеження по довжині черги. Граф станів такої n -канальної СМО (де n – кількість ліквідаційних підрозділів) поданий на рис. 17. Стани СМО: S_0 – СМО вільна; S_{11} – у СМО одна вимога, обслуговування у першій фазі; S_{12} – у СМО одна вимога, обслуговування у другій фазі; S_{m1} – у СМО m вимог, обслуговування у першій фазі, черги немає; S_{m2} – у СМО m вимог, обслуговування у другій фазі, черги немає; $S_{(m+\chi)1}$ – у СМО $(m+\chi)$ вимог (m вимог обслуговуються, χ знаходяться у черзі), обслуговування у першій фазі; $S_{(m+\chi)2}$ у СМО $(m+\chi)$ вимог (m вимог обслуговуються, χ знаходяться у черзі), обслуговування у другій фазі.

Особливістю такої СМО є те, що випадкова величина часу проведення ліквідаційних робіт ($T_{лік}$) складається з двох фаз: часу зосередження ($T_{зос}$) ліквідаційних підрозділів та часу проведення ліквідаційних робіт ($T_{пр}$).

Тобто, випадкова величина $T_{лік}$ розподілена за узагальненим законом Ерланга 2-го порядку з параметрами ν та μ . Потік обслуговування у такій СМО не пуассонівський, тобто система не є марковською, і знайти ймовірності станів СМО за методами для марковських процесів з дискретними станами та безперервним часом можливості немає. Тому для аналізу таких СМО найбільш розповсюдженими є два напрями аналітичних методів аналізу немарковських систем: метод псевдостанів і метод напівмарковських процесів. У роботі використовується метод псевдостанів, який дозволяє достатньо просто, з математичного погляду, використовуючи звичайний запис рівнянь Колмогорова, аналізувати немарковську СМО як у сталому, так й не у сталому режимах функціонування.

Різноманітний характер наслідків аварійних ситуацій нерідко вимагає одночасного застосування різних за призначенням ліквідаційних підрозділів з неоднаковими продуктивностями. Наприклад, проведення робіт з відбудови контактної мережі, споруд і пристроїв сигналізації, централізації і блокування вимагають застосування ремонтно-відбудовних летючок зв'язку та відбудовних засобів контактної мережі. Тобто оперативне з'єднання таких відбудовних підрозділів з силами і засобами різної продуктивності ліквідує різні за характером наслідки аварійної ситуації.

Розглянемо мережу систем масового обслуговування, яка моделює функціонування одного з таких найбільш поширених оперативних з'єднань ліквідаційних підрозділів. На вхід мережі систем масового обслуговування надходить пуассонівський потік вимог з параметром.

У СМО-1 здійснюється попереднє оброблення вимог вхідного потоку. З ймовірністю $P_{л1}$ вимоги обслуговуються та залишають СМО. З ймовірністю $P_{відм1} = 1 - P_{л1}$ вимоги, які отримали відмову у СМО-1, надходять у СМО-2 для повторного обслуговування. Вимоги, які обслужені у СМО-2, з ймовірністю $P_{л2}$ залишають СМО.

Розглянемо, наприклад, результати функціонування системи масового обслуговування з обробленням однорідних вимог з повторним обслуговуванням у СМО-1, коли компонентами такої СМО є СМО-1 ($M/E_2/1/3$) та СМО-2 ($M/E_2/2/2$).

Дані свідчать про те, що із збільшенням величини інтенсивності ν зосередження ліквідаційних підрозділів на 43%, при відповідних значеннях інтенсивності μ проведення ліквідаційних робіт, діапазон ймовірності $P_{л}$ успішного проведення цих робіт значно розширюється. Так при $\nu = 0,7$ та $\mu = 0,4$ діапазон $P_{л}$ буде $0,80 \leq P_{л} \leq 0,95$, а при $\nu = 0,4$ та $\mu = 0,4$ він становить $0,54 \leq P_{л} \leq 0,68$. Збільшення величини інтенсивності μ від 25% до 33% призводить до зменшення сумарного часу проведення ліквідаційних робіт приблизно з 11% до 16% при $\nu = 0,4$. При $\nu = 0,7$ діапазон зменшення терміну проведення таких робіт становить від 12% до 15,5%.

Результати застосування запропонованих математичних моделей дозволяють визначити ймовірності станів залізничної транспортної системи, які обумовлені

діями небезпечних для довкілля й життєдіяльності людини чинниками аварійних ситуацій: властивостями небезпечних вантажів і неефективними діями ліквідаційних підрозділів та їхніх з'єднань. У зв'язку з цим виникає необхідність комплексного оцінювання таких чинників, тобто ризику завдання ними шкоди, у тому числі й у вартісному вимірі.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи доведено, що для ефективного управління діями ліквідаційних підрозділів під час реагування на залізничні аварійні ситуації з небезпечними вантажами доцільно застосовувати мережецентричний метод управління складними ергатичними ієрархічними системами. Реагуванню на залізничні аварійні ситуації, які супроводжуються пожежами або вибухами небезпечних вантажів, притаманна просторова масштабність і необхідність впровадження у контур управління прогностичної складової для оцінювання загроз від небезпечних чинників такої аварійної ситуації, а також моделювання можливого результату дій ліквідаційних підрозділів. Мережецентричний метод управління дозволяє реалізовувати режим ситуаційної поінформованості, який детально розглянутий в дисертаційній роботі. Втілення його у практику можливе завдяки формуванню і підтриманню цілісного контекстного інформаційного середовища та залучення у процес його актуалізації якомога більшого числа джерел первинної інформації. Він передбачає наявність єдиного інформаційного простору на мережі, до складу якої входить мережа управління, що об'єднує ситуаційні центри дирекцій залізничного транспорту, пункти управління регіональних філій залізниць з відповідним диспетчерським і черговим персоналом, необхідними засобами зв'язку та інформаційними технологіями, а також мережі ліквідаційних підрозділів з їхніми персоналом і технікою.

Скорочення часу на підготовку та прийняття раціонального рішення керівника оперативного штабу щодо організації узгоджених дій ліквідаційних підрозділів, а, отже, й зменшення терміну на відновлення сталого функціонування залізничного транспорту і зменшення шкідливого впливу на довкілля та життєдіяльність людини небезпечних чинників аварійних ситуацій неможливо без застосування цими підрозділами високопродуктивних технічних засобів і передових технологій проведення ліквідаційних робіт.

Кожен відновний та пожежний поїзди, інженерні машини, спеціальні автомотриси і дрезини ліквідаційних підрозділів необхідно оснастити комп'ютерною технікою з Wi-Fi, GPS та GSM-модулем, відповідними датчиками і системами відеоспостереження за допомогою яких інформація про хід робіт, обстановку на об'єкті і стан техніки через безпроводні мережі Wi-Fi надходять до сервера СППР, де опрацьовуються, створюючи загальну інформаційну картину, яка дозволяє приймати раціональне рішення.

Формування цілей та їх реалізація є однією з важливіших процедур прийняття управлінських рішень щодо реагування на аварійні ситуації. Мережецентричні методи комп'ютерної технології генерації цілей для проведення заходів реагування на залізничну аварійну ситуацію реалізуються у три етапи: формування можливих цілей паралельної локалізації аварійної ситуації та ліквідації її наслідків; комп'ютерне узгодження цілей з урахуванням їхньої

несуперечливості, результатів аналізу наслідків аналогічних аварійних ситуацій та обмежень, що виникають у процесі розвитку існуючої аварійної ситуації; комп'ютерне оцінювання, ранжування та вибір цілей.

Особливостями комп'ютерного ранжування цілей реагування на залізничні транспортні події є необхідність урахування можливості доступу до місць проведення ліквідаційних заходів. Наприклад, при сходженні з рейок поодинокого рухомого складу на одноколіїній залізничній колії, коли колія ушкоджена та узбіччя не дозволяють розташування відновної техніки, постановка рухомого складу на рейки за допомогою залізничного вантажопідйомного крана можлива тільки після відбудови залізничної колії.

Аналіз реалізації сценаріїв ліквідації наслідків залізничних транспортних подій свідчить про те, що вони здійснюються поетапно, з використанням на кожному етапі певних ресурсів протягом часу тривалості етапу. В разі нестачі ресурсів для кожного з таких етапів, реалізується більш пріоритетний етап.

Звідки виникає переборна задача знаходження етапів виконання сценаріїв залежно від необхідних ресурсів для кожного етапу та наслідків залізничних аварійних ситуацій. Тобто, задача зводиться до відомих методів сітьового планування виконання робіт.

Запропоновано формальний опис залізничної аварійної ситуації за допомогою системи продукційних правил для створення бази знань та опрацювання в середовищі СППР керівника оперативного штабу реагування на аварійну ситуацію рекомендацій щодо ліквідування такої ситуації.

Планування та виконання робіт на кожному етапі ліквідаційних робіт потребує обміну великою кількістю інформації (накази, доповіді тощо).

Отриманий результат щодо швидкої стабілізації інформаційного потоку із збільшенням числа ліквідаційних робіт, які знаходяться в межах горизонту планування, тобто при збільшенні граничного часу ефективної дії рішення керівника оперативного штабу (КОШ) на проведення більш ніж одного етапу робіт спонукає до розгляду необхідності прийняття ним рішення на проведення якомога більшої кількості послідовних етапів ліквідаційних робіт.

Запропоновано для опису інформаційних процесів та перевірено обчислювальними експериментами математичні моделі, що адекватно відображають динаміку обміну інформацією в контурі керування «пункт управління – ліквідаційні підрозділи» за будь-якої кількості служб та підрозділів, зайнятих ліквідаційними роботами, та етапів цих робіт.

На підставі даних моделювання визначається необхідна кількість ліквідаційних підрозділів та успішність їхніх дій з урахуванням необхідного часу зосередження на місці транспортної події та продуктивності засобів проведення робіт. З урахуванням обраних критеріїв здійснюється інтерактивна процедура вибору варіанта рішення, яке може змінюватися за рахунок отримання нових даних про ситуацію; згідно з рішенням здійснюється планування заходів реагування на аварійну ситуацію по горизонталі та вертикалі. Сітьові графіки проведення операцій (робіт) доводяться до виконавців у вигляді наказів (розпоряджень). На підставі інформації виконавців відслідковується ступінь

відповідності результатів дій підрозділів планам дій. У разі необхідності вносяться необхідні корективи.

Найбільш суттєві наукові результати, отримані особисто здобувачем і їх новизна. Дисертантом

уперше:

- проаналізовано функціонування системи залізничного транспорту як мегасистеми взаємодії з довкіллям та сучасний стан перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. Виявлено, що існує антагоністична суперечність між природними і техногенними чинниками аварійної ситуації, які створюють екологічну небезпеку розв'язування суперечності, та цілеспрямованими діями ліквідаційних підрозділів, на зосередження та організацію функціонування яких ще необхідні певні зусилля і час з боку органу управління;

- запропоновано метод оцінювання часової залежності інтенсивності викиду легкозаймистих речовин з аварійного рухомого складу, яка інтегрована у сучасну модель атмосферного перенесення таких речовин задля врахування часової мінливості джерела викиду і розрахування часової залежності концентрації цієї речовини в атмосфері на різних відстанях від аварійного рухомого складу;

- запропонована математична модель визначення ймовірності станів і рівня екологічної безпеки системи залізничних перевезень небезпечних вантажів під час аварійних ситуацій з такими вантажами залежно від ефективності реагування на ці аварійні ситуації;

- на основі принципу мережецентричного управління різнохарактерними силами і засобами створенні методологічні засади управління екологічною безпекою під час ліквідації наслідків залізничних аварійних ситуацій з небезпечними вантажами;

удосконалено:

- математичну модель у вигляді програмного комплексу прогнозування параметрів небезпечних чинників залізничних аварійних ситуацій при транспортуванні легкозаймистих і горючих речовин введенням у неї відповідних комп'ютерних процедур на основі розробленого методу визначення параметрів зон забруднення верхньої будови залізничної колії при аварійному розливі нафтопродуктів, а також комп'ютерні процедури оцінювання ймовірності ураження людини, будівель і споруд від вибуху паливо-повітряної суміші та теплового випромінювання;

- математичні моделі оцінювання ефективності дій ліквідаційних підрозділів та їхніх з'єднань, які ґрунтуються на використанні методу псевдостанів теорії систем масового обслуговування щодо опису їхнього функціонування при ліквідуванні наслідків залізничних аварійних ситуацій з небезпечними вантажами з урахуванням часових характеристик зосередження та продуктивності роботи, а також параметрів небезпечних чинників таких аварійних ситуацій;

- методи прогнозування параметрів небезпечних чинників аварійних ситуацій небезпечними речовинами на різних промислових об'єктах, які адаптовано до умов перебігу залізничних аварійних ситуацій з небезпечними вантажами, а також порядок визначення ситуативних критеріїв ефективності і

послідовності дій оперативних штабів пунктів управління ліквідуванням наслідків таких ситуацій з

метою створення інформаційної технології вироблення управлінських рішень для бази знань системи підтримки прийняття рішень (СППР).

набуло подальшого розвитку:

- визначення та обґрунтування, з урахуванням негативних властивостей небезпечних вантажів, основних ймовірних процесів типових сценаріїв розвитку залізничних аварійних ситуацій і виявлення причинно-наслідкових зв'язків цих процесів з характеристиками їхніх наслідків для створення теоретичної основи побудови бази знань системи підтримки прийняття рішень керівників оперативних штабів ліквідації наслідків таких аварійних ситуацій;

- застосування методу продукцій штучного інтелекту для формування бази знань системи підтримки прийняття рішень керівників оперативних штабів пунктів управління ліквідації наслідків залізничних аварійних ситуацій з небезпечними вантажами, яка відрізняється від існуючих використанням продукційних моделей знання, що дає змогу формального опису аварійної ситуації та опрацювання у середовищі системи підтримки прийняття рішень варіантів управлінських рішень задля зменшення шкідливого впливу на довкілля та життєдіяльність людини наслідків таких аварійних ситуацій.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів та висновків забезпечено ґрунтовним аналізом інформаційних джерел та нормативної бази, застосуванням апробованих методів досліджень та поширеною їх апробацією на наукових та науково-практичних національних та міжнародних конференцій.

Практичне значення результатів роботи та ступінь їх впровадження.

Практична цінність результатів досліджень полягає в тому, що для системи підтримки прийняття рішень керівника оперативного штабу ліквідування наслідків аварійних ситуацій при транспортуванні небезпечних вантажів використовуються математичні моделі прогнозування розвитку небезпечних для довкілля чинників типових аварійних ситуацій, математичні моделі визначення ефективності дії ліквідаційних підрозділів, аналізу обстановки і вироблення варіантів рішень. Запропонований принцип мережецентричного управління ліквідаційними підрозділами із ситуаційних центрів залізничних пунктів керування з використанням СППР у складі єдиної автоматизованої системи управління вантажними перевезеннями залізничного транспорту дає змогу скоротити час на підготовку і прийняття обґрунтованого рішення на 10–15 % у порівнянні з існуючою системою підготовки та прийняття рішень. Застосування СППР у системі навчально-бойової та спеціальної підготовки начальницького складу воєнізовано охорони дало можливість покращити навички під час навчання в оцінці обстановки виробленні рішення щодо ліквідації аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів залізничним транспортом, а також розвинути базу знань СППР.

Отримані результати роботи були використані при виконанні Державним економіко-технологічним університетом транспорту науково-дослідної роботи «Дослідження стану і тенденцій розвитку транспортних перевезень та розроблення пропозицій щодо освоєння перспективних транзитних

вантажопотоків через територію України» та науково-дослідної роботи (шифр «Ситуація») науково-дослідного, проектно-конструкторського та технологічного інституту мікрографії МНС України, розроблена концепція «Безпечна залізниця». Результати роботи використовуються у навчальному процесі в інституті залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій під час викладання дисциплін «Нормативні документи з безпеки руху поїздів» та «Транспортна екологія».

Результати роботи впроваджено у Головному управлінні воєнізованої охорони ПАТ «Укрзалізниця» та у Департаменті з питань екології, енергоменеджменту, охорони праці та цивільної безпеки Маріупольської міської ради, про що є відповідні акти впровадження.

Дискусійні положення та зауваження до автореферату та дисертації.

- принципів зауважень до автореферату та дисертації немає;
- актуальність теми в авторефераті та дисертації викладено дещо емоційно;
- не викладено ідею роботи, яка, на мою думку, полягає у створенні передумов зменшення негативного впливу на довкілля аварій на залізничному транспорті внаслідок перевезення небезпечних вантажів шляхом застосування методичних засад організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків таких подій із застосуванням інформаційних технологій на основі мережецентричного управління;
- коректніше було б викласти предмет дослідження в такій редакції: методи, моделі, та технології управління, які впливають на ефективність управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті під час перевезення небезпечних вантажів;
- у розділі «зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами» доречно було б навести відомості щодо виконання дисертаційної роботи в Національному авіаційному університеті за угодою про співробітництво.

Зауваження не впливають на цілком позитивне сприймання роботи.

Дисертацію та автореферат викладено у логічній послідовності сучасною українською науково-технічною мовою із застосуванням загальноприйнятою термінології.

Повнота викладених основних результатів наукових досліджень дисертації в опублікованих працях та особистий внесок у роботі за співавторства.

Основні результати дисертаційних досліджень достатньо повною мірою опубліковано дві монографії, 29 наукових статей, з яких: 5 наукових статей у закордонних наукових виданнях, 10 наукових статей у виданнях, які індексуються науково-метричними базами даних. Додатково дисертаційні дослідження викладено у 18 публікаціях матеріалів наукових конференцій.

Особистий внесок у статтях, матеріалах та тезах, опублікованих за співавторства відображено в авторефераті, а також в дисертації.

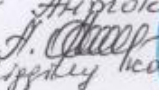
Загальний висновок.

Дисертаційна робота за темою «Методологічні засади організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті» є кваліфікованою науковою працею, виконаною особисто здобувачем у вигляді рукопису, вона відповідає формулі і напрямам досліджень, регламентованих паспортом спеціальності, за якою її представлено до захисту, вона містить висунуті здобувачем нові науково обґрунтовані результати досліджень, які у комплексі вирішують актуальну наукову проблему зменшення негативного впливу на довкілля і населення навколо об'єктів та території внаслідок аварійних ситуацій на залізничному транспорті шляхом застосування створених методичних засад організації управління екологічною безпекою під час таких подій з використанням інформаційних технологій на основі мережецентричного управління. Зміст автореферату і дисертації відповідають вимогам пп. 9-10, 12-14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р., № 567 зі змінами, а її автор, Кацман Михайло Давидович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Професор кафедри екологічного аудиту
та експертизи Державної екологічної академії
іспіядипломної освіти та управління, доктор
технічних наук, старший науковий співробітник



А. В. Антонов

Прийнято професором кафедри
екологічного аудиту та експертизи
ІЗДЕА д.т.н. Арсенова О.А.
засвідчено 
наказом керівника
та документального забезпечення



О.А. Арсенова