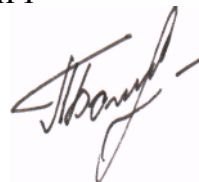


ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Бородич Павло Юрійович



УДК 331.101

ЗАКОНОМІРНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ В СИСТЕМІ „РЯТУВАЛЬНИК –
ЕКСТРЕМАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ” НА СТАНЦІЯХ МЕТРОПОЛІТЕНУ

05.01.04 – ергономіка

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків - 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Університеті цивільного захисту України Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, м. Харків

- Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент Стрілець Віктор Маркович, Університет цивільного захисту України МНС України, доцент кафедри організації служби та підготовки
- Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, Буров Олександр Юрійович, заступник директора з наукової роботи Інституту обдарованої дитини Академії педагогічних наук України
- доктор технічних наук, професор Лавров Євген Анатолійович, завідувач кафедри інформатики та кібернетики Сумського Національного аграрного університету

Захист відбудеться "29" травня 2009 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64. 089.03 в Харківській національній академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської національної академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12

Автореферат розісланий "23" квітня 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



І.Е.Линник

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Наскільки б добре не були виконані заходи, пов'язані з попередженням надзвичайних ситуацій, залишається вірогідність їх виникнення та, відповідно, необхідність проведення аварійно-рятувальних робіт. Особу актуальність проблема підвищення ефективності таких робіт здобуває на такому виді міського транспорту, як метрополітен.

Реальна небезпека підтверджується випадками надзвичайних ситуацій в метро, які, на жаль, інколи супроводжуються масовою загибеллю, перш за все в результаті отруєння, пасажирів та обслуговуючого персоналу. Так, під час пожежі в Бакинському метрополітені в жовтні 1995 р. загинуло двісті вісімдесят дев'ять чоловік і більше 500 було травмовано. У лютому 2003 р. в м. Тегу (Південна Корея) в результаті підпалу загинуло майже двісті пасажирів і ще сто п'ятдесят отримали важкі травми. 15 березня 2004 р. на станції „Автозаводська” Московського метрополітену в результаті теракту загинуло тридцять дев'ять чоловік, а сто двадцять два з різноманітними пораненнями та отруєннями були госпіталізовані.

При цьому дії рятувальників ускладнюються значною віддаленістю об'єктів метрополітену від поверхні, обмеженою видимістю, високим задимленням, труднощами в організації зв'язку, можливим виходом з ладу освітлення, кабельних комунікацій, систем вентиляції, ескалаторів, засобів забезпечення безпеки руху та ін. Все це свідчить, що підвищення ефективності аварійно-рятувальних робіт вимагає комплексного вивчення пожежно-оперативного обслуговування на станціях метрополітену, яке являє собою процес функціонування системи „рятувальник – засоби рятування та захисту – екстремальне середовище”, а розкриття закономірностей діяльності рятувальників у цій системі є актуальним науковим завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в межах науково-дослідних робіт „Розробка пропозицій щодо підвищення ефективності бойової діяльності особового складу пожежної охорони” (держреєстраційний № 0100U002054), „Розробка пропозицій щодо підвищення ефективності службової діяльності підрозділів пожежної охорони” (держреєстраційний № 0102U000844) і „Розробка пропозицій щодо підвищення ефективності діяльності особового складу оперативно-рятувальної служби цивільного захисту” (держреєстраційний № 0106U002295).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності діяльності рятувальників на станціях метрополітену в екстремальному середовищі.

Для досягнення цієї мети вирішувались такі завдання дослідження:

- аналіз основних закономірностей організації функціонування системи „рятувальник – екстремальне середовище” на станціях метрополітену (СРЕСМ) та ступеня їх розкриття;
- розробка імітаційної моделі функціонування СРЕСМ, що спирається на використання апарату Е-мереж;

- розкриття закономірностей виконання типових операцій, у тому числі при роботі рятувальників в засобах індивідуального захисту органів дихання;
- отримання за результатами імітаційного моделювання закономірностей виконання окремих етапів функціонування СРЕСМ;
- обґрунтування правил організації СРЕСМ, які забезпечують скорочення часу функціонування цієї системи та безпеку рятувальників.

Об'єктом дослідження є система «рятувальник – засоби рятування та захисту – екстремальне середовище» на станціях метрополітену.

Предметом дослідження – закономірності діяльності в системі „рятувальник – екстремальне середовище” на станціях метрополітену.

Методи дослідження – системний підхід і системний аналіз при моделюванні взаємодії компонентів системи, ймовірно-статистичні методи обробки й аналізу експериментальних та експертних результатів, імітаційне моделювання і теорія планування експериментальних досліджень.

Достовірність отриманих результатів забезпечена використанням статистичних методів обробки експериментальних результатів, а також відомого та достатньо повно апробованого апарату моделювання складних систем і збігом результатів, які були отримані за допомогою розробленого методу, з результатами тактико-спеціальних навчань на станціях Харківського метрополітену.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше розроблено імітаційну модель функціонування СРЕСМ, в якій на відміну від існуючих відображені закономірності організації та проведення повного комплексу аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену (АРР СМ), що дозволило враховувати різноманітні типи переходів, тупики, замкнуті цикли та вірогідний характер розвитку ситуації;
- вперше виявлені закономірності виконання типових операцій рятувальниками, які на відміну від існуючих враховують розподіл часу їх виконання за допомогою β -розподілу, що дозволило врахувати рівень готовності рятувальників до виконання робіт;
- уточненні закономірностей роботи рятувальників в ізолюючих апаратах, які відрізняються від існуючих урахуванням скошеного характеру розподілу розходу повітря під час роботи в апаратах на стисненому повітрі (АСП), що дозволило конкретизувати розрахунок часу роботи ланок та відділень газодимозахисної служби (ГДЗС) під час АРР СМ;
- вперше одержані закономірності визначення часу завершення окремих етапів функціонування системи „рятувальник – екстремальне середовище” на станціях метрополітену, які формалізовані у вигляді багатофакторного полінома другого ступеня, що дозволило розглядати рятувальника і середовище як єдину систему.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблений науково-методичний апарат розкриття закономірностей діяльності в системі «рятувальник – екстремальне середовище» на станціях метрополітену дозволяє обґрунтовано вибирати пріоритети під час розробки практичних рекомендацій, що пов'язані як з підготовкою рятувальників, так і з реалізацією профілактичних заходів на станції. Отримані закономірності роботи

рятувальників в ізолюючих апаратах уточнюють методичні рекомендації щодо розрахунку часу роботи ланок та відділень ГДЗС в непридатному для дихання середовищі.

Рекомендації з розрахунку часу роботи в ізолюючих апаратах, а також пропозиції щодо підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів впроваджені в повсякденну діяльність ГУ МНС України в Харківській області і в навчальний процес Університету цивільного захисту України при викладанні дисциплін „Підготовка газодимозахисника” і „Проблемні питання організації служби та підготовки в оперативно-рятувальній службі цивільного захисту”.

Особистий внесок автора. Дисертація є самостійною науково-дослідною роботою. У публікаціях, які написані в співавторстві, авторові належать: в [4,5,6,7,8,9,14,15,17,24,29,31] - розширення можливостей ергономічної оцінки стосовно до АРР СМ за рахунок використання імітаційного моделювання, яке спирається на апарат Е-мереж; в [3,12,13,16,20,21,22,23,30] - закономірності виконання типових операцій в СРЕСМ; в [1,10,19,25,26,27,28] - закономірності роботи рятувальників в ізолюючих апаратах.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати роботи доповідались й обговорювались на VI міжнародній науково-практичній конференції „Пожежна безпека – 2003” (Харків, АПБУ, 2003), XII науково-технічній конференції „Системы безопасности – СБ2003, Международного форума информатизации” (Москва, АДПС МНС Росії, 2003), міжнародній науково-практичній конференції „Пожежна та техногенна безпека” (Черкаси, ЧШБ МНС України, 2005), науково-технічній конференції «Використання інформаційних технологій для підвищення ефективності управління у сфері цивільного захисту» (Харків, УЦЗУ, 2006), конференції «Психологічні і технічні аспекти безпеки праці, життя та здоров'я людини» (Полтава, Полтавській військовий інститут зв'язку, 2007), I міжнародній науковій конференції «Людський фактор в транспортних системах» (Яремча, Всеукраїнська ергономічна асоціація, 2008) та ін.

Публікації. Основні результати роботи опубліковані в 16 наукових статтях, з яких 15 у фахових виданнях, що входять до Переліку видань, затвердженого ВАК України, у тому числі 2 без співавторів, а також в 15 тезах доповідей на конференціях.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 4-ох розділів, висновків і 14-ти додатків. Робота містить 217 сторінок, в тому числі 145 сторінок основного тексту, а також включає 23 рисунки, 12 таблиць та список використаних літературних джерел зі 129-ти найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ містить обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, її основну мету, завдання дослідження, отримані наукові результати, що виносяться на захист, зв'язок з науковими програмами, наукову новизну і практичне значення роботи.

У першому розділі проведено огляд літературних і статистичних джерел, де аналізуються особливості розвитку надзвичайних ситуацій у метрополітені та

процесів їх ліквідації. Визначено, що основним місцем аварійно-рятувальних робіт особового складу оперативно-рятувальної служби цивільного захисту й персоналу метрополітену є підземні споруди станцій метрополітену і рухомий склад на станції, а основним видом бойових дій - рятування потерпілих.

Системний аналіз процесу АРР СМ показав, що він являє собою конкретну ергатичну систему „рятувальник – екстремальне середовище”, вдосконалення якої в умовах комплексного впливу небезпечних чинників вимагає знання закономірностей діяльності рятувальників. Останні доцільно розглядати з ергономічних позицій. При цьому визначено, що обраний об’єкт дослідження можна віднести до експлуатаційних військових систем, внаслідок чого він не є новим для ергономіки. У той же час новим є предмет дослідження (закономірності діяльності рятувальників у екстремальному середовищі на станціях метрополітену).

Не розглядались з комплексних позицій закономірності діяльності рятувальників і в других дослідженнях, які були пов’язані з ліквідацією надзвичайної ситуації (НС) в метрополітені. Визначено, що системну ергономічну оцінку можна отримати за результатами імітаційного моделювання, в основі якого лежить застосування апарату Е-мереж. Все це дозволило сформулювати наукове завдання і визначити часткові завдання дослідження.

У другому розділі розроблено імітаційну модель функціонування СРЕСМ в термінах апарату Е-мереж.

Для вибору основних показників, які доцільно використовувати при імітаційному моделюванні, проаналізовано основні операції, які мають місце під час проведення АРР СМ. Показано, що цей процес умовно можна поділити на чотири взаємозв’язані блоки: 1) проведення заходів з ліквідації надзвичайної ситуації первинними засобами; 2) організація евакуації пасажирів і співробітників метрополітену; 3) організація штабу аварійно-рятувальних робіт; 4) робота оперативно-рятувальних підрозділів цивільного захисту, які прибули до місця НС, з рятування тих, хто не був евакуйований раніше, та ліквідації осередку надзвичайної ситуації.

Показано, що основні показники, які дають чисельні характеристики послідовно-паралельних подій функціонування СРЕСМ, являють собою не тільки розподіли часу виконання окремих операцій та вірогідності переходу від однієї операції до іншої, але й розподіли швидкостей витрати повітря, якщо описується робота в АСП, або подачі кисню, якщо розглядається робота в РДА. Відмічено, що оцінити результати виконання окремих операцій, а також комплексу операцій АРР СМ дозволяє підхід з використанням апарату Е-мереж, який дає змогу моделювати процес, що розглядається, графом з різноманітними типами переходів (простими, умовними, роздвоєння, альтернативними), тупиками, замкнутими циклами та вірогідним характером розвитку ситуації. Використання апарату Е-мереж дозволило розробити графічну модель функціонування системи „рятувальник – екстремальне середовище” на станції метрополітену, в якій вперше відображені закономірності організації та проведення повного комплексу аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену. Граф відповідної імітаційної моделі наведено на рис.1. Початковою дією є дія „Надзвичайна

ситуація виявлена”, закінчуються АРР дією „Надання первинної медичної допомоги потерпілим”.

Для моделювання більшості ситуацій, що розглядаються у вигляді простих переходів, застосовується Т-перехід, який запускається, коли при вільній вихідній позиції маркер потрапляє до вхідної, або коли при зайнятій вхідній позиції маркер

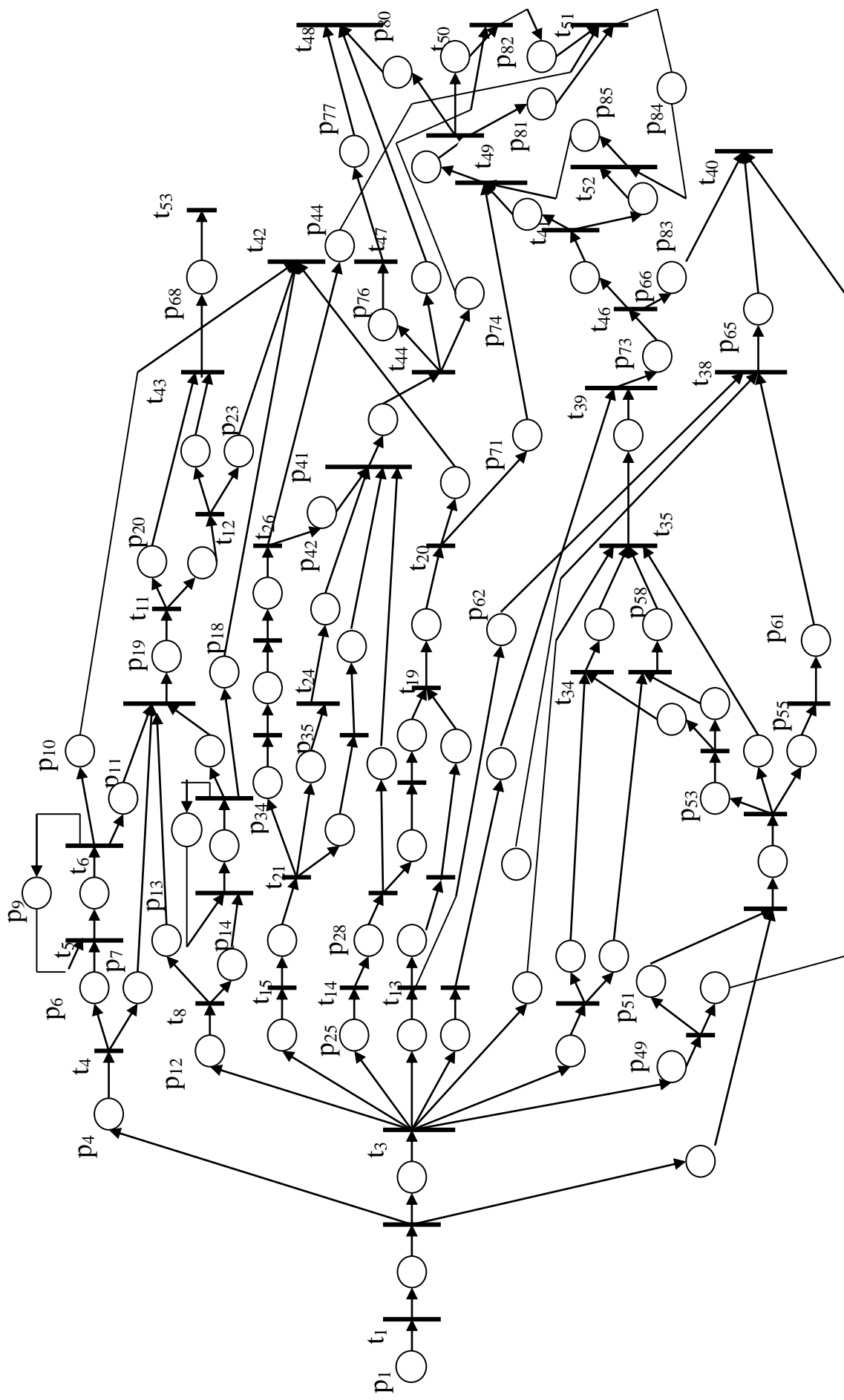


Рис.1. Граф імітаційної моделі проведення аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену

залишає вихідну позицію. Умовні переходи об'єднання описуються за допомогою J-переходів, під час запуску яких повинні бути виконані дві вхідні умови. Прикладом такої ситуації може бути випадок, коли руху газодимозахисників до станції (дія t_{19}) повинні передувати з'єднання рятувальників зчіпкою (умова p_{31}) і отримання допуску на вхід від співробітників станції (умова p_{32}). Вихідною умовою p_{33} є достатня кількість повітря або кисню в ізолюючих апаратах і підготовленість рятувальників.

Ситуація роздвоєння реалізується за допомогою F-переходу, оскільки під час його запуску може бути створений новий маркер. Прикладом використання F-переходу є моделювання підготовки гірничорятувальників до роботи t_{26} . Вхідною умовою буде p_{40} – гірничорятувальники прибули, а вихідними умовами будуть p_{41} – представник гірничорятувальників готовий до роботи в штабі ліквідації НС і p_{44} – гірничорятувальники готові спускатися на станцію. Для ситуації, коли необхідно обрати одну з двох альтернативних позицій, в апараті E-мереж використовується X-перехід. Прикладом X-переходу є t_{37} –включення аварійного режиму вентиляції. Умовою для виконання цієї дії буде p_{37} – співробітники метрополітену знають про необхідність включення аварійного режиму вентиляції. У свою чергу, ця дія породжує наступні умови: p_{63} – дим вилучено і p_{64} – вентиляція не справляється з вилученням диму.

Перевірка працездатності розробленої імітаційної моделі АРР СМ виконана шляхом порівняння апріорних даних з тими, що були отримані під час тактико-спеціальних навчань на станції метро „Південний вокзал” у Харкові. Імітаційне моделювання виконували двічі: перший раз у якості вихідних даних розглядалися середні значення мінімального часу виконання i -ї операції, другий – середні значення максимального часу виконання тієї ж операції. Для всіх випадків, які контролювались під час навчань, фактичний час знаходився всередині діапазону, який визначали результати імітаційного моделювання.

У третьому розділі розроблено науково-методичний апарат розкриття закономірностей виконання окремих видів рятувальної діяльності.

В основу експериментальних досліджень було покладено вимір часу виконання рятувальниками операцій, що є типовими для СРЕСМ незалежно від характеристики станції та місця виникнення надзвичайної ситуації, у процесі тактико-спеціальних навчань. Деякі з отриманих результатів наведені на рис.2-5.

Крім цього, на рис.2 пунктирною лінією показано розподіл часу підготовки ланки газодимозахисної служби (ГДЗС) до тренувань у теплодимокамері, які особовий склад проводить не рідше одного разу на місяць, а на рис.5 поряд з розподілом (суцільна лінія) часу приєднання рукава до пожежного крану в умовах обмеженої видимості на фоні виконання перед цим важкої роботи (після спуску рятувальників по нерухомому ескалатору та прокладання рукавної лінії) наведено розподіли часу цієї ж операції в звичайних умовах (пунктирна лінія; тренування її виконання проводяться під час кожного чергування) та в умовах обмеженої видимості (штрих-пунктирна лінія). Аналіз отриманих експериментальних результатів показав доцільність використання для їх опису β -розподілу, оскільки показник скошеності j -ї бойової операції Sk_j суттєво відрізняється від нуля.

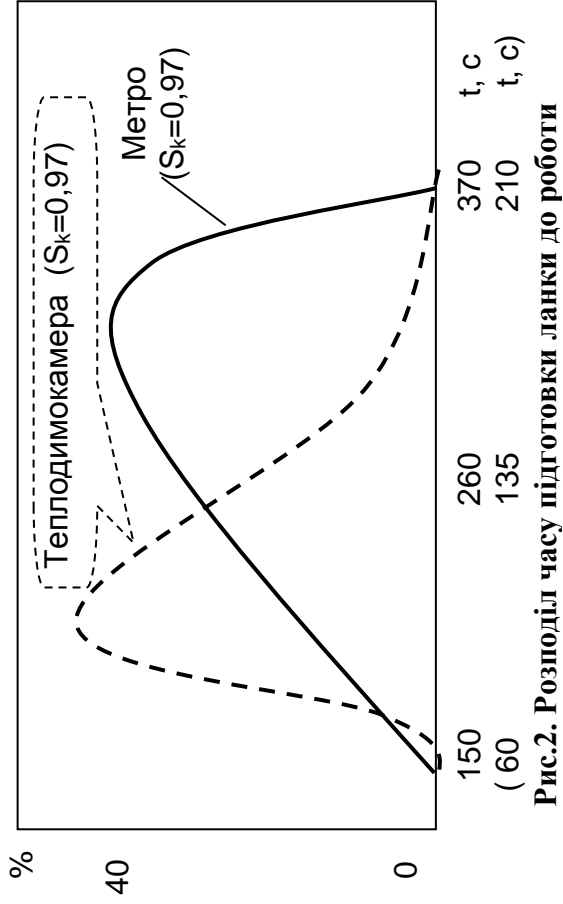


Рис.2. Розподіл часу підготовки ланки до роботи

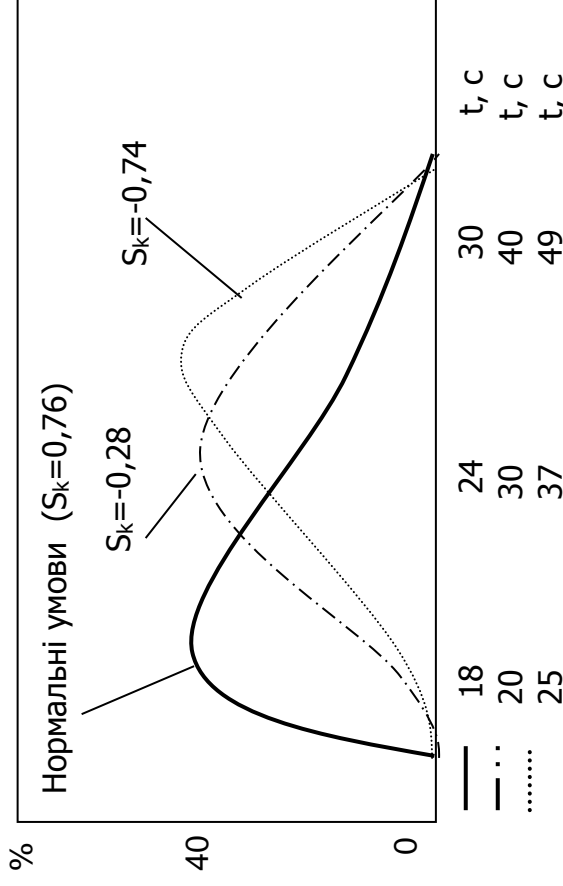


Рис.4. Розподіл часу приєднання рукава до пожежного крану

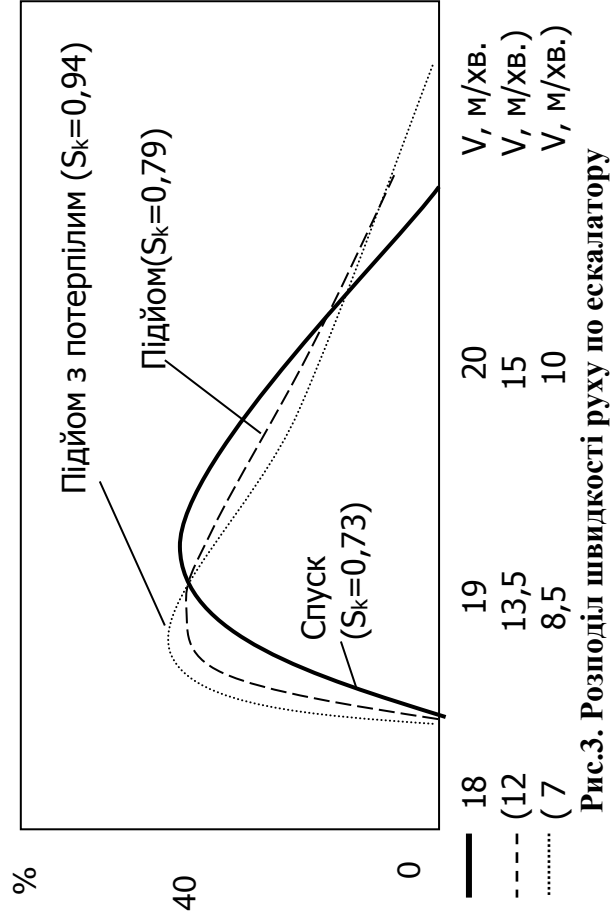


Рис.3. Розподіл швидкості руху по ескалатору

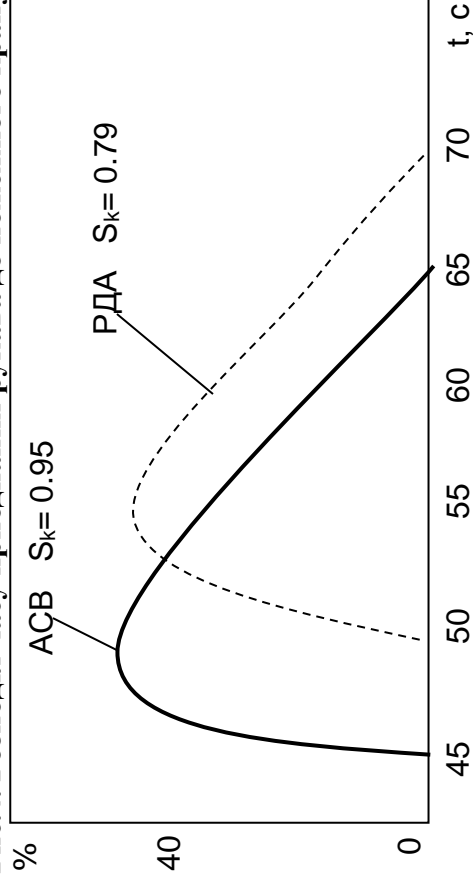


Рис.5. Розподіл часу бойової перевірки ізолюючих апаратів

Окремо серед операцій, час виконання яких можна покращити за рахунок тренувань, виділена підготовка ланки ГДЗС до роботи (оснащення її засобами страхування та рятування потерпілих, виконання бойових перевірок та ін.). Розподіл часу виконання останньої показаний на рис.2 суцільною лінією. У той же час, виконання аналогічної операції в теплодимокамері (рис.2, штрихова лінія), де особовий склад ГДЗС гарно знає свої дії і має добрі практичні навички, скошеність розподілу часу виконання є позитивною. Порівняльний аналіз дій особового складу ланки ГДЗС при підготовці до роботи в теплодимокамері і до виконання бойових завдань у процесі АРР СМ показав, що час підготовки зумовлює робота постового на посту безпеки. Порівняння показників скошеності розподілу часу приєднання рукава до пожежного крану (рис. 5) при виконанні цієї операції у різних умовах свідчить про необхідність використання в процесі підготовки рятувальників спеціальних вправ для тренування координаційних якостей на фоні втоми.

Розгляд типових операцій, що є характерними тільки для СРЕСМ, показав, що всі розподіли часів виконання операцій мають від'ємну скошеність, а розподіли швидкостей виконання – позитивну. Це свідчить про те, що штаб ліквідації НС в метрополітені повинен орієнтуватись на гірші результати.

Відмітною особливістю закономірностей виконання типових для діяльності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів операцій є те, що з 10%-ним рівнем значущості розподіли часу їх виконання можуть бути описані за допомогою β -розподілу, який має параметри $\alpha=2.805$ і $\beta =2.005$, а для розподілів швидкості виконання операцій, характерних для загального процесу рятувальних робіт, - β -розподілу з параметрами $\alpha=2.111$ і $\beta =2.995$

Виходячи з того, що АРР СМ характеризується обов'язковою участю в цьому процесі газодимозахисників, які виконують свої обов'язки в засобах індивідуального захисту органів дихання, були розкриті закономірності роботи рятувальників в ізолюючих апаратах під час ліквідації НС на станціях метрополітену. При цьому враховувалось, що час роботи в таких апаратах безпосереднім чином залежить від особливостей, пов'язаних як з використанням різноманітних, у тому числі за принципом дії, ізолюючих апаратів, так і з виконанням різноманітних операцій, що складають загальний процес.

Дослідження роботи в ізолюючих апаратах проводили під час тактико-спеціальних навчань на станціях глибокого залягання Харківського метрополітену.

Бойова робота особового складу в АСП під час навчань передбачала включення в апарат, роботу з пожежно-технічним обладнанням, рух до „потерпілих” та наступну евакуацію їх на свіже повітря різноманітними способами. Для розглянутих етапів бойової роботи для кожного газодимозахисника було виконано розрахунок витрат повітря. Розподіли значень витрат повітря за деякими видами робіт, які виконуються в АСП, наведені на рис.6. Показано, що в процесі вірогідної оцінки витрат повітря при виконанні в апаратах на стисненому повітрі з рівнем значущості 0,95 можна використовувати β -розподіл.

Встановлено, що припустимий час виконання окремих операцій визначається не стільки показником легеневої вентиляції, який безпосередньо залежить від ступеня важкості конкретної роботи, скільки показником витрати повітря під час роботи в АСП, який також залежить від рівня підготовленості газодимозахисників. Отримані результати (див. рис.6) свідчать про те, що із збільшенням ступеня важкості роботи, що виконується в АСП, збільшується не тільки індивідуальний розкид у витратах повітря, але й від'ємне значення показника скошеності. Відмічена недостатня підготовленість рятувальників до проведення в АСП операцій, що є характерними тільки для процесу ліквідації НС в метро.

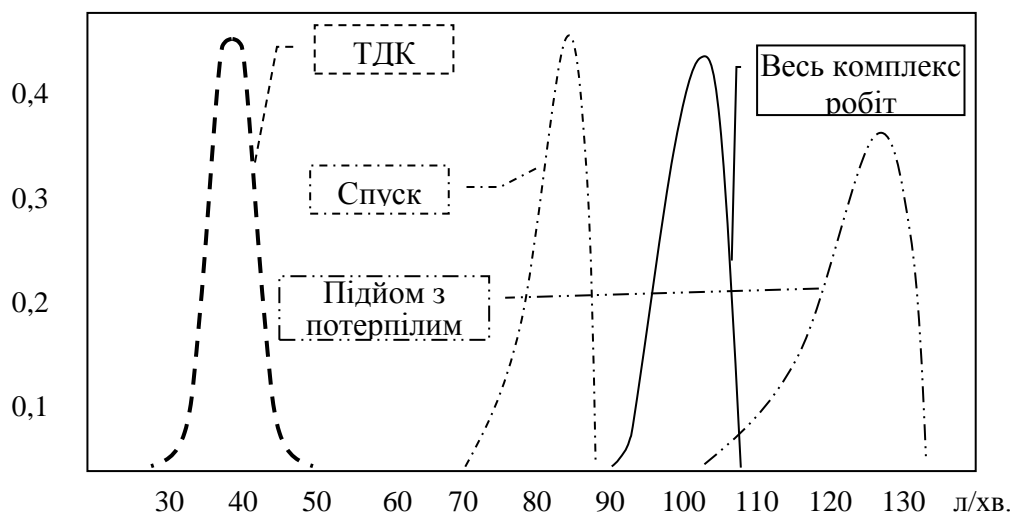


Рис. 6. Розподіл витрат повітря під час роботи в АСП

З урахуванням різниці у витратах повітря під час спуску рятувальників $\bar{\omega}_{лвх}$ та підйому по нерухомому ескалатору з потерпілим без тям $\bar{\omega}_{лввх}$, які за однакової відстані S від поста безпеки до місця роботи обумовлюють відповідно час входу $t_{вх}$ й виходу $t_{ввх}$ ланки або відділення ГДЗС, визначено без урахування тиску повітря $P_{рез}$, що резервується на непередбачені обставини, відношення величини $P_{вх}$, на яку змінився тиск у балонах за час входу, до мінімального тиску $P_{ввх}$ в балонах на момент початку виходу:

$$\frac{P_{ввх}}{P_{вх}} = \frac{\bar{\omega}_{лввх} \cdot t_{ввх}}{\bar{\omega}_{лвх} \cdot t_{вх}} = \frac{\bar{\omega}_{лввх} \cdot S / \bar{v}_{ввх}}{\bar{\omega}_{лвх} \cdot S / \bar{v}_{вх}} = \frac{\bar{\omega}_{лввх} \cdot \bar{v}_{вх}}{\bar{\omega}_{лвх} \cdot \bar{v}_{ввх}} \approx 2,3, \quad (1)$$

де $\bar{v}_{вх}$, $\bar{v}_{ввх}$ – середня швидкість руху рятувальників під час відповідно спуску й підйому по нерухомому ескалатору з потерпілим, м/хв.

Отже, з урахуванням $P_{рез}$ і тиску, при якому АСП можуть стояти на чергуванні, мінімальний тиск $P_{ввх}$ в балонах, за якого необхідно починати повернення на свіже повітря, повинен бути практично в три рази більше $P_{вх}$.

Для випадку роботи рятувальників в регенеративних дихальних апаратах під час навчань визначали середню за відрізок часу, що розглядався, подачу \bar{q} кисню. Розглядали зміну показників тиску в балонах РДА при підйомі потерпілого без тями по нерухомому ескалатору та за всьому комплексу робіт в цілому.

Аналіз розподілів (рис.7) подачі кисню, який було виконано аналогічно аналізу, що проводився для витрати повітря при роботі в АСП, дозволив зробити, враховуючи їх симетричність (в обох випадках $S_k \approx 0$), висновок про доцільність використання нормального розподілу (рівень значущості 0.95) для опису особливостей витрат кисню при роботі в РДА. У той же час, якщо використовувати β -розподіл (для всього комплексу робіт розрахунок параметрів дав $\alpha=1,98$; $\beta=2,01$, а для підйому потерпілого без тями – $\alpha=2,04$ и $\beta=1,91$), то рівень значущості дорівнюватиме 0,9.

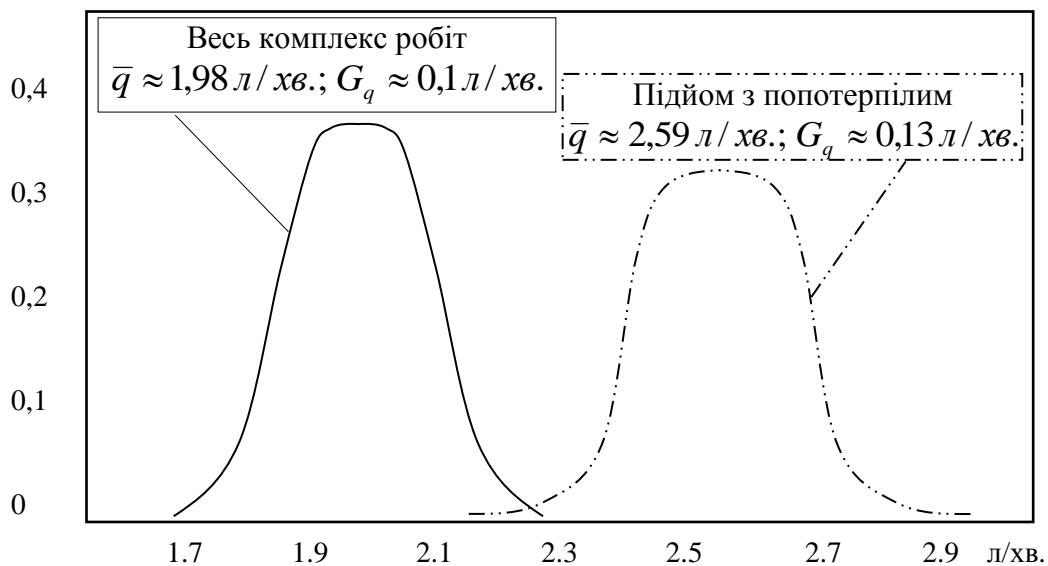


Рис. 7. Розподіл подачі кисню при роботі в РДА

Для визначення показників, що характеризують окремі операції, дослідження яких безпосередньо шляхом фізичного моделювання не проводилось, в роботі використовується метод безпосередньої експертної оцінки, в основі якого лежить опора на β -розподіл. Показано, що процес експертної оцінки часових характеристик доцільно починати з перевірки узгодженості експертів. Для цього застосовувався показник коефіцієнта конкордації W з рівнем значущості 0,95.

Встановлено, що незважаючи на те, що апарат Е-мереж дозволяє працювати з будь-якими законами випадкового розподілу, використання часових показників окремих операцій АРР СМ, які досить адекватно описані за допомогою β -розподілу, не є доцільним. Визначено, що експериментальні дані часових характеристик виконання окремих операцій адекватно можуть бути описані зміщеним розподілом Ерланга. Показано, що для подання вихідних даних, які були отримані за допомогою експертів, доцільно використовувати перехід до

розподілу Ерланга шляхом генерації на ЕОМ множини $\{t_y\}$ часів виконання окремої операції за допомогою розрахунку зворотної F^{-1} функції β -розподілу:

$$\{t_y = F^{-1}(y, \alpha, \beta, \tilde{t}_{\min}, \tilde{t}_{\max})\}, \quad (2)$$

де y – одне з множини чисел, що розподілені рівномірно на діапазоні $[0;1]$.

Це дозволило імітаційне моделювання СРЕСМ проводити за допомогою існуючих пакетів прикладних програм, що реалізують апарат Е-мереж.

У **четвертому розділі** розроблено метод багатofакторної нелінійної оцінки закономірностей, що характеризують тривалість виконання окремих етапів функціонування СРЕСМ. Проведений аналіз показав доцільність одночасного розгляду в моделі не більше трьох факторів, які можуть мінятися на двох рівних інтервалах. У якості значущих безрозмірних факторів, які міняються від -1 в найгіршому випадку до +1 в найкращому, були обрані підготовленість особового складу оперативно-рятувальної служби x_1 , підготовленість персоналу метрополітену x_2 і ступінь реалізації відповідних нормативно-технічних вимог x_3 . З огляду на те, що вони впливають на хід аварійно-рятувальних робіт нелінійно та можливість взаємозв'язаного впливу факторів, було обрано традиційний план $3 \times 3 \times 3$ техніко-економічних експериментів.

Використовуючи імітаційну модель функціонування СРЕСМ, було виконано 27 експериментів по 100 ітерацій. Отримані результати дозволили побудувати набір трифакторних квадратичних моделей, які встановлюють кількісний зв'язок між часом $y_{1(2,3)}$ виконання (в кодованих змінних) етапу АРР СМ, що розглядається, і обраними факторами. Так, модель, в якій збережені всі оцінки коефіцієнтів, рятування потерпілого першою ланкою ГДЗС має вигляд

$$\begin{aligned} y_1 = & 0.346 - 0.3207 x_1 - 0.0283 x_1^2 + 0.0272 x_1 x_2 - 0.0623 x_1 x_3 - \\ & - 0.0348 x_2 + 0.0146 x_2^2 + 0.0061 x_2 x_3 - \\ & - 0.1169 x_3 - 0.0128 x_3^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Інтерпретація моделей проводилась при наростаючому ступені ризику відхилити правильну гіпотезу. Значущість коефіцієнтів регресії перевірялась багатократно від рівня значущості двостороннього ризику $\alpha = 0,01$ до $\alpha = 0,5$. Так, для моделі (4) найбільш достовірний висновок ($\alpha = 0,01$) щодо того, що на швидкість рятування потерпілого впливає підготовленість x_1 особового складу оперативно-рятувальної служби, за ризику $\alpha = 0,2$ доповнюється необхідністю наглядово-профілактичного контролю в повсякденній діяльності за дотриманням нормативно-технічних вимог на станції x_3 . Обережний „рівноможливий” висновок ($\alpha = 0,5$) про те, що впливають всі фактори, причому підготовленість x_1 особового складу впливає взаємозв'язано з підготовленістю персоналу x_2 та ступенем дотримання нормативних вимог x_3 , доцільно проаналізувати за результатами проведення тактико-спеціальних навчань або надзвичайних ситуацій, що трапились у метрополітені.

Застосування багатofакторного імітаційного експерименту дозволяє здійснити кількісне порівняння можливих організаційно-управлінських рішень щодо підвищення ефективності АРР СМ. Зокрема, нова поліноміальна модель, яка відповідає (3), якщо реалізувати рекомендації щодо узгодження дій різноманітних служб на початковому етапі АРР СМ, дозволу роботи ескалаторів у тому випадку, коли має місце надзвичайна ситуація на рухомому складі, а також навчання постового на посту безпеки спрощеним розрахункам часу роботи в ізолюючих апаратах і вдосконаленню витривалості та здатності орієнтуватись в просторі рятувальників, має вигляд

$$y'_1 = 0.2755 - 0.3403x_1 + 0.1230x_1^2 + 0.0125x_1x_2 + 0.0722x_1x_3 - 0.0576x_2 - 0.0018x_2^2 + 0.0065x_2x_3 - 0.0984x_3 - 0.0178x_3^2. \quad (4)$$

Аналіз отриманих моделей показав, що коли для (4) трактування результатів принципово не відрізняється від (3), то для часу гасіння пожежі на початковому етапі ситуація дещо міняється, оскільки найбільш вагомим стає фактор x_3 , тобто суттєво підвищуються вимоги до якості пожежно-профілактичної роботи. У той же час, на тривалість попереднього бойового розгортання фактично перестають впливати коливання ступеня реалізації нормативно-технічних вимог на станції та рівня підготовленості персоналу метрополітену.

Для оцінки того, наскільки скоротиться час настання подій, що розглядаються, отримані поліноміальні моделі були розглянуті при їх описанні з використанням натуральних змінних. Так, багатofакторні моделі (з рівнем значущості двостороннього ризику $\alpha = 0,2$) часу рятування потерпілого першою ланкою ГДЗС до і після реалізації рекомендацій в цьому випадку мають вигляд

$$Y_1 = 1047,95 - 157,21x_1 - 7,05x_3; \quad [c] \quad (5)$$

$$Y'_1 = 793,52 - 123,61x_1 - 10,03x_3. \quad [c] \quad (6)$$

На рис. 8 наведені графічні відображення залежностей (5) і (6).

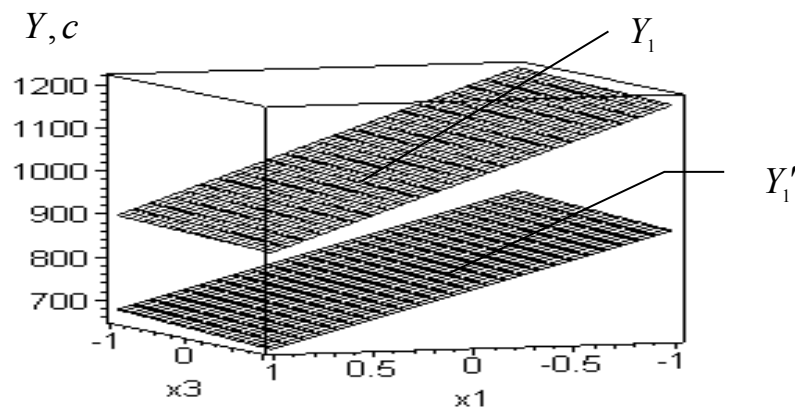


Рис. 8. Залежність часу рятування потерпілого першою ланкою ГДЗС до і після реалізації рекомендацій

Їх аналіз дозволяє говорити про те, що протяжність рятування потерпілого першою ланкою ГДЗС скоротиться в середньому на 15-20%.

ВИСНОВКИ

У ході теоретико-експериментального дослідження були вирішені всі поставлені в роботі завдання, отримані й проаналізовані результати.

1. Аналіз науково-технічної літератури показав, що діяльність рятувальників у ході АРР СМ повинна розглядатися в умовах комплексного впливу небезпечних факторів можливої надзвичайної ситуації, дія яких підсилюється складністю конструктивно-планувальних рішень розташованого під землею комплексу споруд і пристроїв. У той же час більшість досліджень, пов'язаних з ліквідацією надзвичайної ситуації в метрополітені, що раніше проводилися, вивчали або одну зі сторін цього процесу, пов'язану з високою температурою, задимленістю та ін. (при цьому не розглядалися індивідуальні особливості, властиві роботі рятувальників в ізолюючих апаратах), або у випадку комплексного опису пожежно-оперативного обслуговування (зокрема, гасіння пожежі на електропідстанції метрополітену) не враховували вірогідний характер більшості надзвичайних ситуацій і не дозволяли оцінити вплив на час виконання конкретного етапу АРР СМ реалізації тих або інших рекомендацій. Вищесказане дозволило зробити висновок, що закономірності діяльності рятувальників в системі «людина – екстремальне середовище» на станціях метрополітену можуть розглядатися як новий предмет дослідження, а їхнє розкриття є нерозв'язаним завданням ергономіки, вирішення якого дасть змогу визначити науково-обґрунтовані правила організації цієї системи.

2. Наукове завдання розкриття закономірностей діяльності рятувальників в СРЕСМ вирішують у сукупності наступні нові наукові результати виконаної дисертаційної роботи:

- *теоретико-методологічні:*

- метод імітаційного моделювання СРЕСМ, що спирається на апарат Е-мереж. Його реалізація вперше дозволила відбити закономірності організації і проведення, пов'язані з різними типами переходів, тупиками, замкнутими циклами і вірогідним характером розвитку ситуації, повного комплексу аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену, що забезпечує функціонування системи «рятувальник – засоби рятування та захисту – екстремальне середовище»;

- формалізація представлення закономірностей часу виконання окремих етапів функціонування СРЕСМ у вигляді багатофакторного нелінійного полінома другого ступеня, в якому фактори, що впливають (параметри середовища і якості рятувальників), варіюються на двох однакових рівнях. Застосування розробленого підходу дозволило вперше одержати кількісні оцінки впливу підготовленості особового складу оперативно-рятувальної служби, і ступеня відповідності станції нормативним вимогам на час рятування потерпілого тією ланкою ГДЗС, яка першою приступить до проведення рятувальних робіт, а також підготовленості

рятувальників і стану станції на час попереднього бойового розгортання сил і засобів;

- *експериментальні:*

- закономірності виконання операцій особовим складом оперативно-рятувальних підрозділів. Оцінка експериментальних даних дозволяє з 10%-ним рівнем значущості стверджувати, що для опису розподілу часів їх виконання можна використовувати β -розподіл, що має параметри $\alpha=2,111$ і $\beta=2,995$, а для опису швидкості їх виконання – β -розподіл, що має параметри $\alpha=2,895$ і $\beta=2,005$;
- закономірності роботи рятувальників у засобах індивідуального захисту органів дихання при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену, в яких вперше відзначено, що в ході виконання розглянутого процесу розподіл швидкості витрати повітря при роботі в АСП є скошеним, а розподіл подачі кисню в РДА – нормальним.

3. Вірогідність отриманих результатів забезпечена: використанням відомого і досить повно апробованого апарату моделювання складних систем; статистичною обробкою експериментальних результатів; відображенням у графі розробленої імітаційної моделі в термінах апарату Е-мереж порядку ліквідації НС, що можуть виникнути в метрополітені; збігом результатів, що були отримані за допомогою розробленої моделі, з результатами тактико-спеціальних навчань на станціях Харківського метрополітену; коректним вибором плану експерименту і статистичним обґрунтуванням важливості факторів.

4. Отримані закономірності діяльності рятувальників в системі «людина – засоби рятування та захисту – екстремальне середовище» на станціях метрополітену впроваджені:

- у повсякденну діяльність підрозділів ГУ МНС України в Харківській області при розробці планів проведення тактико-спеціальних навчань на станціях Харківського метрополітену і при реконструкції гарнізонної теплодимокамери, а також в методичні рекомендації зі спрощеного розрахунку часу роботи ланок ГДЗС;

- у навчальний процес університету цивільного захисту України на кафедрі організації служби і підготовки (дисципліни «Підготовка газодимозахисника» і «Проблемні питання організації служби і підготовки в оперативно-рятувальній службі цивільного захисту») при розробці лабораторних робіт з дослідження особливостей роботи в АСП і РДА, а також при уточненні лекційного матеріалу і рекомендацій із проведення практичних занять.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ковалев П.А., Потетюев С.Ю., Бородич П.Ю. Оценка эффективности систем вентиляции при проведении спасательных работ в подземных сооружениях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. - Харьков: АПБУ, 2002. – Вып.11. - С.35–40.

2. Бородич П.Ю. Особенности изменения легочной вентиляции в ходе выполнения работ по тушению пожаров на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. - Харьков: АПБУ, 2002. – Вып.12. - С.48–51.

3. Ковальов П.А., Бородич П.Ю., Стрелец В.В., Чубар С.С. Розробка пропозицій щодо вдосконалення аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях в метрополітені // Право і безпека: Науковий журнал. – 2002.– Вип.1. – С.156-161.

4. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Имитационное моделирование начального этапа пожаротушения на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. - Харьков: АПБУ, 2003. – Вып.13. - С.60 – 80.

5. Стрелец В.М., Иванов В.Г., Бородич П.Ю. Особенности представления исходных данных для моделирования пожаротушения на станциях метрополитена с помощью аппарата Е-сетей // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. – Харьков: Фолио, 2003. – Вып.14. – С.177-182.

6. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Многофакторная оценка пожарно-спасательных работ на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. - Харьков: АПБУ, 2004. – Вып.15. - С.208 –214.

7. Стрелец В.М., Бородич П.Ю., Нередков Р.А. Экспертная оценка временных характеристик отдельных этапов пожарно-оперативного обслуживания // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. – Харьков: АПБУ, 2004. – Вып.16. – С.207-213.

8. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Імітаційна оцінка ефективності пожежогасіння на станціях метрополітену // Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб.– К.: Техніка, 2004. – Вип. 55. - С. 229-239.

9. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Многофакторная нелинейная оценка времени проведения аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. – Харьков: АЦЗУ, 2005. – Вып.18. – С.149-153.

10. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Закономерности работы спасателей в изолирующих аппаратах при проведении работ на станциях метрополитена // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб.нучн.тр. – Харків: УЦЗУ, 2006. – Вип. 3. – С. 48-57.

11. Бородич П.Ю. Сравнительная оценка многофакторных моделей // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. – Харьков: УГЗУ, 2006. – Вып.20. – С. 29-32.

12. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Особенности скорости движения газодымозащитников при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб.нучн.тр. – Харьков: УГЗУ, 2007. – Вып.21. – С. 256-259.

13. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Анализ типовых операций, обеспечивающих функционирование эргатической системы «спасатель – чрезвычайная ситуация в метрополитене – средства ее ликвидации и защиты» // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: Науковий журнал. – 2/4 (32) 2008. – С.33-35.

14. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Особенности имитационного моделирования системы «спасатель – средства ликвидации и обеспечения аварийно-спасательных работ – чрезвычайная ситуация в метрополитене» //

Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Науково-технічний журнал. – Харків: ХГАЖТ, 2008. – Вып.1 (69). – С.35-39.

15. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Метод имитационного эргономического анализа закономерностей, характеризующих отдельные этапы функционирования системы «спасатель – чрезвычайная ситуация в метрополитене – средства защиты и ликвидации аварии» // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Науково-технічний журнал. – Харків: ХГАЖТ, 2008. – Вып. 4 (72). – С.140-144.

16. Стрелец В.М., Бородич П.Ю., Беридзе С.С. Особенности выполнения типовых операций, обеспечивающих проведение аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб.нучн.тр. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 124-131.

17. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Использование имитационного моделирования для повышения работоспособности газодымозащитников // Материалы двенадцатой научно-технической конференции „СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ” – СБ-2003 Международного форума информатизации. 30 октября 2003, Москва. – М., Академия ГПС, 2003. – С.286-288.

18. Бородич П.Ю. Особенности моделирования с помощью аппарата сетей Петри процесса тушения пожаров на станциях метрополитена // Пожарная безопасность – 2003: Материалы VI науч.-практ. конф. – Харків: АПБУ, 2003. – С. 187-189.

19. Бородич П.Ю., Стрелец В.В. Особливості застосування ізолюючих апаратів при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені // Технічні засоби для профілактики надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків. Матеріали науково-практичної конференції. – Харків: АЦЗУ, 2004. – С.11-14.

20. Бородич П.Ю., Беридзе С.О. Оценка рекомендаций по улучшению пожарно-оперативного обслуживания в метрополитене // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності пожежно-рятувальних підрозділів. Матеріали науково-практичної конференції. – Харків: АЦЗУ, 2004. – С. 32-34.

21. Бородич П.Ю., Харитонов С.Б. Анализ закономерностей боевого развертывания при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності пожежно-рятувальних підрозділів. Матеріали науково-практичної конференції. – Харків, АЦЗУ, 2005. – С. 106-107.

22. Стрелец В.М., Ковалев П.А., Бородич П.Ю. Рекомендации по совершенствованию пожарно-оперативного обслуживания в метрополитене // Пожежна та техногенна безпека: Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2005. – С. 351-353.

23. Стрелец В.М., Бородич П.Ю., Савельев Д.И. Многофакторная имитационная оценка процесса ликвидации чрезвычайной ситуации в метрополитене // Матеріали науково-методичної Міжвузівської конференції „Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту” („28 квітня 2005 року, ЧПБ) – Черкаси: ЧПБ, 2005. – С.25.

24. Бородич П.Ю., Ковалев П.А. Особенности имитационного моделирования аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена в

терминах апарата Е-сетей // Застосування інформаційних технологій для підвищення ефективності управління у сфері цивільного захисту. Тези доповідей науково-технічної конференції. Харків: АЦЗУ, 2006. – С.34-36.

25. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Закономерности работы в изолирующих аппаратах в ходе аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Сборник тезисов докладов на XIII научно-практической конференции научно-педагогического состава и обучающихся Академии. г. Химки, Московской области, 4 апреля 2006 года. Сост. С.С. Чеботарев, В.В. Каширин, В.В. Колесниченко, И.В. Шевченко. - Химки: АГЗ МЧС России, 2006. – с. 86-88.

26. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Щодо розрахунку часу роботи в АСП при проведенні аварійно-рятувальних робіт в метрополітені // Робота караулу при ліквідації пожеж та інших надзвичайних ситуацій. Матеріали науково-практичної конференції. – Харків: УЦЗУ, 2006. – С. 62-63.

27. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Особенности расчета контрольного давления в аппаратах на сжатом воздухе при проведении спасательных работ в метрополитене // Пятнадцатая научно-техническая конференция «Системы безопасности» – СБ-2006. – М., АГПС, 2006. – С.217-218.

28. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Оценка времени работы спасателей в аппаратах на сжатом воздухе при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Психологічні та технічні аспекти безпеки праці, життя та здоров'я людини. Матеріали конференції. – Полтава: Полтавський військовий інститут зв'язку, 2007. – С. 25-26.

29. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Ергономічні закономірності функціонування системи «Рятувальник – засоби ліквідації та забезпечення аварійно-рятувальних робіт у метрополітені – надзвичайна ситуація» // Людський чинник в транспортних системах. Тези доповідей I міжнародної наукової конференції. Яремча: Всеукраїнська ергономічна асоціація, 2008. – С. 9-10.

30. Стрелец В.М., Бородич П.Ю., Беридзе С.С. Обеспечение безопасности газодымозащитников при проведении спасательных работ в метрополитене // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції “Охорона праці та соціальний захист працівників” (19 - 21 листопада 2008 року, м. Київ) – К., НТУ „КПІ”, 2008. – с. 76,77

31. Бородич П.Ю. Закономерности работы газодымозащитников в системе «человек – средства защиты – экстремальная среда» в метрополитене // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів: Матеріали науково-технічної конференції – Харків, УЦЗУ, 2008. – с.46-47.

АНОТАЦІЯ

Бородич П.Ю. Закономірності діяльності в системі „ рятувальник – екстремальне середовище ” на станціях метрополітену. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.04 – ергономіка. Харківська національна академія міського господарства, Харків, 2009.

Дисертаційну роботу присвячено визначенню закономірностей діяльності

рятувальників під час АРР СМ. Розроблено метод імітаційного моделювання АРР СМ, використання апарату Е-мереж, в якому вперше відображені закономірності організації та проведення повного комплексу АРР СМ, що являє собою функціонування системи „рятувальник – надзвичайна ситуація” на станції метрополітену. Визначено, що закономірністю виконання типових операцій рятувальниками є опис розподілу часу їх виконання за допомогою β -розподілу. Уточнені закономірності роботи в ізолюючих апаратах – розподіл витрат повітря при роботі в апаратах на стиснутому повітрі є скошеним, а розподіл подачі кисню в регенеративних апаратах – нормальним. За результатами імітаційного експерименту отримано багатofакторні нелінійні оцінки закономірностей, що характеризують час виконання окремих етапів АРР СМ.

Ключові слова: ергономічна оцінка, метрополітен, аварійно-рятувальні роботи, ізолюючі апарати, апарат Е-мереж, рятувальник

АННОТАЦІЯ

Бородич П.Ю. Закономерности деятельности в системе "спасатель – экстремальная среда" на станциях метрополитена. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.04 – эргономика. Харьковская национальная академия городского хозяйства, 2009.

Диссертационная работа посвящена определению закономерностей деятельности спасателей во время АСР СМ.

Разработан метод имитационного моделирования полного комплекса АСР СМ, представляющего собой функционирование системы «спасатель – экстремальная ситуация» в метрополитене, сутью которого является возможность его моделирования графом с различными типами переходов (простыми, условными, раздвоения, альтернативными), тупиками, замкнутыми циклами и вероятностным характером развития ситуации. Так, присутствие условных переходов описывается с помощью J – перехода, наличие тупиков – макро – Y-переходов, замкнутых циклов – макро – X- и макро – Y- переходов и т.д. Вероятностный характер развития ситуации учитывается с помощью двух видов макро-позиций: очередь и память. Новизна результата состоит в том, что использование аппарата Е-сетей позволило разработать графическую модель, в которой впервые отражены закономерности организации и проведения АСР СМ, особенностью которых является условное разбиение модели на четыре основных взаимосвязанных участка: ликвидация чрезвычайной ситуации сотрудниками метрополитена, эвакуация пострадавших, организация штаба аварийно-спасательных работ и боевая работа подразделений оперативно-спасательной службы. При этом устранены недостатки существующих методов имитационного моделирования деятельности личного состава аварийно-спасательных подразделений, которые не позволяют использовать их для описания данного процесса.

Исходные данные, которые необходимы для проведения многофакторного моделирования, могут быть представлены в виде сочетания функций

распределения временных или скоростных характеристик выполнения отдельных операций. Учитывая скошенный характер распределений, а также то, что метод экспертных оценок, с помощью которого получались недостающие исходные данные, базируется на использовании β -распределения, поэтому для описания распределения полученных результатов было выбрано β -распределение. Получены закономерности выполнения типовых операций спасателями: для описания распределения времени их целесообразно использовать β -распределение с параметрами $\alpha=2,111$ и $\beta=2,995$.

Определены закономерности работы спасателей в средствах индивидуальной защиты органов дыхания. Сутью научного результата является положение о том, что в ходе АСР СМ распределение скорости расхода запаса газозащитной смеси спасателями при их работе в средствах индивидуальной защиты органов дыхания зависит как от характера выполняемой работы, так и от принципа действия используемого изолирующего аппарата. Впервые отмечено, что в процессе АСР СМ распределение скорости расхода воздуха при работе в АСВ является скошенным, а распределение подачи кислорода в регенеративных дыхательных аппаратах – нормальным. Выполнение спасателями, находящимися в АСВ, работ с большей степенью тяжести характеризуется большей отрицательной скошенностью и большим значением коэффициента вариации распределения скорости расхода воздуха. Используемая выборка позволяет с 10%-ным уровнем значимости говорить о скошенном характере распределения расхода воздуха при работе в АСВ и симметричном – при работе в РДА.

Отмечено, что закономерность времени выполнения отдельного этапа АСР СМ может быть формализована в виде многофакторного нелинейного полинома второй степени, в котором влияющие факторы (параметры среды и качества спасателей) варьируются на двух равных уровнях. Впервые получены количественные оценки влияния подготовки личного состава пожарно-спасательной службы и степени соответствия станции нормативным требованиям на время спасания пострадавшего первым звеном газодымозащитной службы, а также подготовки спасателей и состояния станции на время предварительного боевого развертывания сил и средств. Такая оценка позволила выполнить эргономическую оценку эффективности предложенных практических рекомендаций. Показано, что их реализация позволит сократить время большинства аварийно-спасательных работ на 15-20%.

Ключевые слова: эргономическая оценка, метрополитен, аварийно-спасательные работы, изолирующие аппараты, аппарат Е-сетей, спасатель

SUMMARY

Borodych P.Y. Regularities of activity in the system “rescuer- emergency environment” at underground station. - Manuscript.

The dissertation for seeking a scientific degree of candidate of technical sciences on a speciality 05.01.04 - ergonomics. Kharhiv National Municipal Academy, 2009.

A dissertation is devoted to definition of principles of rescuers activity during rescue at underground station emergencies. It is developed the method of imitating modeling of rescue action at underground station (RAUS) used in it E-networks firstly

allowed to reflect the principles of organization and conducting of the whole complex of RAUS which includes functioning system «a rescuer - an emergency environment». It is determined, that law of performance of typical operations by rescuers is the description of time distribution for their performance with the help of β -distribution. It is detailed the principles of work in isolating devices - distribution of the air consumption when working in breathing apparatus with compressed air is oblique, and distribution of oxygen supply in regenerative apparatus is normal. According to the results of imitating experiment it is received a multi factorial nonlinear estimation of principles which characterize time of performance of separate stages RAUS.

Key words: ergonomics estimation, underground, rescue actions, breathing apparatuses, the methodology of E-networks, rescuer.

П. Ю. Бородич

Закономірності діяльності в системі „рятувальник – екстремальне середовище” на станціях метрополітену

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск І.Е. Линник



Підписано до друку 07.04.2009 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Умовн.-друк. арк. 1,25. Зам. № 355.Тираж 100 прим.
Безкоштовно.

Друк РІЗО ФОП Шведов О.І.
КП Друкарня № 13, 61002, вул. Артема, 44.
Свідоцтво про державну реєстрацію № 1937, серія ДК, від 14.09.2004 р.