

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ВАСИЛЬЄВ Микита Ігорович



УДК 614.843(075.32)

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ІНІЦІАЦІЇ ПРОЕКТІВ
ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ
НА ОСНОВІ ОЦІНКИ РИЗИКІВ**

спеціальність 05.13.22 – управління проектами та програмами

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Мовчан Іван Олександрович,
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності Державної служби
України з надзвичайних ситуацій,
проректор університету.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Пітерська Варвара Михайлівна,
доцент кафедри експлуатації портів і
технологій вантажних перевезень
Одеського національного морського
Університету МОН України;

кандидат технічних наук, доцент
Гусєва Юлія Юріївна,
доцент кафедри управління проектами
в міському господарстві і будівництві
Харківського національного університету
міського господарства імені О.М. Бекетова
МОН України

Захист відбудеться «13» червня 2019 року о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.874.02 Львівського державного університету безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35, ауд. 217.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

Автореферат розіслано «10» травня 2019 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 35.874.02
кандидат технічних наук, доцент



Р.Л. Ткачук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Аналіз статистичних даних УкрНДІЦЗ свідчить про те, що з-поміж усіх видів надзвичайних ситуацій, найбільшою загрозою для життя людей та втрат матеріальних і природних цінностей є пожежі. Кількість та наслідки пожеж на території України є набагато вищими порівняно із розвинутими країнами світу. Досвід розвинутих країн світу свідчить про те, вирішення цієї проблеми потребує формування та реалізації регіональних програм протипожежного захисту територій та об'єктів, невід'ємною складовою яких є проекти створення систем протипожежного захисту об'єктів (СПЗО) та ліквідації пожеж (ЛП) у них.

Ефективність реалізації проектів СПЗО і ЛП окремих об'єктів, які є системно взаємопов'язані між собою, значною мірою залежить від якості прийняття управлінських рішень на етапі їх ініціації. Зокрема, для реалізації управлінських процесів на етапі ініціації проектів СПЗО і ЛП слід мати моделі та методи, які враховуватимуть їх специфіку та ризики, що є визначальними у правильності прийняття управлінських рішень.

Розроблені методології та міжнародні стандарти управління програмами не враховують як особливостей реалізації проектів СПЗО і ЛП, так і ризику їх специфічних складових, взаємопов'язаних між собою. Ефективність ініціації проектів СПЗО і ЛП досягається системністю прийняття управлінських рішень відносно їх реалізації із оціненням та врахуванням ризику. Максимальної ефективності ініціації проектів СПЗО і ЛП можна досягти за правильного оцінення проектного середовища та складових проектів СПЗО і ЛП, яким притаманний специфічний ризик. Зокрема, у проектах СПЗО під час їх ініціації визначальним є пожежний ризик, а у проектах ЛП – ризик виконання дій та використання технічних ресурсів, які зумовлюють правильність прийняття управлінських рішень. Крім того, для забезпечення своєчасності та якості прийняття управлінських рішень під час реалізації проектів СПЗО і ЛП слід використовувати інформаційні системи, що забезпечить зниження збитків об'єктів від пожеж та втрат пожежно-рятувальних підрозділів під час їх ліквідації, розроблення яких потребує врахування специфіки проектів та їх ризику.

У дисертаційній роботі вирішується важлива науково-прикладна задача ініціації проектів СПЗО і ЛП завдяки розробленню науково-методичних основ, моделей, методів і практичних інструментальних засобів, що забезпечують підвищення їх ефективності завдяки врахуванню ризиків. Тому тема дисертаційної роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт Львівського державного університету безпеки життєдіяльності ДСНС України. Крім цього, дисертація відповідає тематичній спрямованості науково-дослідних робіт, які виконувалися у ЛДУ БЖД у рамках держбюджетних робіт: «Управління ризиками у проектах реінжинірингу системи ліквідації пожеж в містах» (№ д.р. 0116U005177) та «Моделювання ризиків в проектах та програмах ліквідації пожеж для умов невизначеності» (№ д.р. 0116U005308).

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи є розробка науково-методичних принципів, моделей, методів і практичних інструментальних засобів ініціації проектів СПЗО і ЛП із врахуванням їх ризиків.*

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі *завдання*:

- проаналізувати стан питання в практиці та теорії, обґрунтувати потребу в розробленні нових і вдосконаленні існуючих науково-методичних основ, моделей методів і практичних інструментальних засобів ініціації проектів СПЗО і ЛП;
- обґрунтувати ознаки проектів СПЗО і ЛП, розкрити взаємозв'язки між ними та структуру процесів ініціації цих проектів із врахуванням ризиків;
- розробити моделі і методи ініціації проектів СПЗО і ЛП із врахуванням їх ризиків;
- розробити алгоритми та інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень ініціації проектів СПЗО і ЛП із врахуванням ризиків;
- обґрунтувати тенденції зміни збитків об'єктів від пожеж та витрат ресурсів на їх ліквідацію від тривалості реалізації проектів ЛП із врахуванням ризиків, впровадити у практику інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень ініціації проектів СПЗО і ЛП із врахуванням ризиків.

Об'єктом дослідження є процеси управління ризиком, змістом та ресурсами проектів системи протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж.

Предметом дослідження є моделі, методи та практичні інструментальні засоби ініціації проектів системи протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача розробки науково-методичних основ, моделей та методів ініціації проектів СПЗО і ЛП із врахуванням ризиків вирішувалась на основі використання основних положень теорії управління проектами для обґрунтування структури процесів та життєвих циклів проектів, графоаналітичного та логічного аналізу для побудови блок-схем алгоритмів прийняття управлінських рішень щодо ініціації проектів СПЗО і ЛП, теорії надійності для обґрунтування законів розподілу ризиків технічних ресурсів та дій у проектах, а також диференціального числення для визначення оптимальної тривалості дій у проектах ЛП, методів математичної статистики для отримання емпіричних залежностей показників складових проектів, метод Монте-Карло для розв'язання оптимізаційних задач щодо узгодження дій та ресурсів із ризиками, інформаційних систем для підтримки прийняття управлінських рішень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні моделей і методів ініціації проектів системи протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж з урахуванням ризику їх складових, що забезпечують підвищення якості управління ними та зменшення збитків і витрат на реалізацію цих проектів. При цьому отримано такі наукові результати:

➤ *вперше розроблено:*

- модель оцінювання ризиків у проектах системи протипожежного захисту об'єктів, яка враховує стан об'єкта захисту та особливості виконання робіт у цих проектах, що забезпечує кількісне оцінювання ризиків за

трирівневим розподілом ймовірностей та врахування екологічного ризику для підвищення цінності проектів;

- модель ініціації проектів ліквідації пожежі на основі оцінки ризиків, яка базується на обґрунтованих системних взаємопов'язаних між процесами ініціації проектів системи протипожежного захисту об'єктів та ліквідації пожежі, математичних моделях оцінення ризиків їх складових, і дає змогу кількісно оцінити ризик дій та узгодити їх із наявними ресурсами;

- метод кількісного оцінення ризиків у проектах ліквідації пожежі, який базується на оптимізаційній моделі, що дозволяє здійснювати процеси моніторингу і управління ризиками виконання дій у цих проектах з одночасним врахуванням ризику евакуації людей і забезпечує зменшення збитків та зменшення бюджету цих проектів;

➤ **удосконалено:**

- модель життєвого циклу проектів ліквідації пожежі, яка передбачає декомпозицію його на п'ять фаз, і, на відміну від існуючих, кожна із цих фаз передбачає виконання управлінських процесів із оціненням пожежного та екологічного ризику;

- метод оцінення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів системи протипожежного захисту об'єктів міста, який на відміну від існуючих забезпечує врахування екологічних ризиків та ризиків відмови технічних ресурсів, що дає можливість визначити потребу у ресурсах для реалізації зазначених проектів та сформуванню ефективний їх бюджет;

➤ **набули подальшого розвитку**

- концепція управління проектами системи протипожежного захисту об'єктів та ліквідації пожежі, класифікація цих проектів, термінологія та база знань із управління ними.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вони дали змогу розробити:

- методику ініціації проектів СПЗО та ЛП, яка передбачає системне виконання управлінських процесів двох видів проектів із врахуванням їх ризику, уможлиблює отримання узгоджених результатів та підвищення ефективності їх реалізації;

- алгоритми та інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень ініціації проектів СПЗО та ЛП, які базуються на розроблених моделях та методах і дають можливість врахувати ризики та підвищити їх цінність для стейкхолдерів.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено в ГУ ДСНС у Львівській області (акт впровадження від 11.05.2016 р.). Виконані результати досліджень дали змогу розробити методичне і програмне забезпечення, яке впроваджено в навчальний процес ЛДУ БЖД під час викладання дисциплін для студентів освітнього ступеня «магістр», що навчаються за спеціальністю 073 «Менеджмент» спеціалізації «Управління проектами» (акт впровадження від 26.10.2017 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У працях, опублікованих здобувачем у співавторстві: розроблена методика дослідження, виконано математичну обробку результатів та вибрано критерій оптимізації [3]; розроблено

математичну модель і блок-схему алгоритму, складено програму для комп'ютера [4]; розроблено математичну модель та виконано ідентифікацію ризиків для управління проектом ліквідації пожеж [5]; розроблено методику дослідження критичного часу пожежі та ідентифікацію ризиків проекту ЛП [2]; розглянуто систему управління фазами життєвого циклу проектів СПЗО та ЛП на об'єктах міста [6]; розроблено математичні моделі ідентифікації ризиків проекту ЛП [1]; розроблено математичну модель для оцінки імовірності ліквідації пожежі [7]; розроблено математичну модель управління ризиками в проектах СПЗО міста [14]; розроблено математичну модель управління ризиками проектів СПЗО і ЛП [15].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на: семінарах кафедри управління проектами, інформаційних технологій і телекомунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (2014–2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» 2011 р. (м. Львів, ЛДУ БЖД); IV Міжнародній науково-практичній конференції магістрів, аспірантів та науковців по управлінню проектами 13-14 грудня 2013 (м. Одеса, Одеська державна академія будівництва та архітектури); V Міжнародній науково-практичній конференції магістрів, аспірантів та науковців по управлінню проектами 12-13 грудня 2014, (м. Одеса, Одеська державна академія будівництва та архітектури); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Проблеми техносферної безпеки-2014» (м. Москва, Академія ДПО МНС РФ); VIII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів (студентів), слухачів магістратури та ад'юнктів (аспірантів) «Забезпечення безпеки життєдіяльності: проблеми і перспективи» 2014 (Мінськ, Командно-інженерний інститут, Республіка Білорусь); Міжнародній науково-практичній конференції «Надзвичайні ситуації: теорія, практика, інновації» «НС–2014» (Гомель, Республіка Білорусь, Гомельський інженерний інститут); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» 2014 (Черкаси, Черкаський інститут ПБ ім. Героїв Чорнобиля); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи» 2015 (Львів, ЛДУ БЖД); XI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» 2016 (Львів, ЛДУ БЖД).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано у 7 статтях у фахових наукових журналах і збірниках наукових праць, в тому числі 1 стаття у виданні, включеному до наукометричної бази Scopus, та 1 стаття в журналі, включеному до наукометричної бази Scopus, а також у 8 тезах доповідей та отримано 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на розроблені пакети прикладних програм.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та 5 додатків. Загальний обсяг роботи – 178 сторінок. Основний зміст викладено на 159 сторінках і містить 32 рисунки, 10 таблиць, список використаних джерел включає 163 назви.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано наукову новизну. Розглянуто практичну цінність, реалізацію і впровадження результатів дисертаційної роботи. Наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів роботи та публікації.

У *першому розділі* «Аналіз стану питання в практиці та теорії управління проектами систем пожежогасіння» подано аналіз сучасного стану та особливостей управління проектами та програмами для забезпечення умов протипожежного захисту об'єктів. Обґрунтовано доцільність прийняття регіональної програми протипожежного захисту для розгляду проектів СПЗО і ЛП.

Зменшення збитків від пожеж, в першу чергу, залежить від реалізації превентивних проектів на різних об'єктах країни, а також значною мірою від ефективності реалізації проектів СПЗО та ЛП. Тому, на підставі використання керівництва РМВОК, були розглянуті існуючі проекти з позицій проектного менеджменту. Зазначені проекти мають системні взаємозв'язки, оскільки ефективність реалізації проектів ЛП зумовлюється цінністю продукту проектів СПЗО.

Вагомий внесок у теорію управління проектами різних предметних галузей зробили вітчизняні вчені Бушуєв С. Д., Бушуєва Н. С., Гогунський В. Д., Кошкін К. В., Рач В. А., Тесля Ю. М., Чернов С. К., Чумаченко І. В., Кононенко І. В., а також їхні учні. Однак їх використати для ініціації проектів СПЗО та ЛП неможливо через те, що у них не враховують ризики специфічного проектного середовища та особливості реалізації зазначених проектів. У роботах академіка О. В. Сидорчука та його учнів А. М. Тригуби, Р. Т. Ратушного, О. І. Башинського, В. В. Бондаренка та В. Б. Завера розроблено інструментарій для управління проектами розвитку систем пожежогасіння. Однак, лише одна із цих робіт стосується управління ризиками проектів ремонту пожежних автомобілів.

Також на особливу увагу заслуговують роботи професора Рака Ю. П., Зачка О. Б. та їхніх учнів. Вони розробили методи та моделі управління проектами у сфері цивільного захисту, однак ці методи та моделі стосуються переважно управління безпекою у проектах на стадії планування.

Проведений аналіз дозволив виявити перелік можливих проектних ризиків, які виникають під час розробки та управління проектами. Також, було виявлено, що практично не розглядалися проекти ЛП та їх фази з ідентифікацією ризиків управління. Крім цього, для проектів СПЗО і ЛП не використовувалися уніфіковані інформаційні технології управління проектами, оскільки вони розроблялися головним чином для управління проектами лише для деяких конкретних об'єктів захисту.

Для зміни існуючого стану у системах пожежогасіння окремих об'єктів слід системно реалізовувати проекти створення систем протипожежного захисту, а ліквідацію пожеж здійснювати з позицій проектно-орієнтованого підходу із використанням методології управління проектами. Аналіз інструментарію для управління ризиками та інформаційних систем підтримки прийняття рішень свідчить про важливість їх для теорії управління проектами та практики їх реалізації, однак використати їх для управління ризиками у проектах створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж

неможливо, через те що вони не враховують особливостей відповідних проектів.

Наведені аргументи свідчать про потребу розроблення методів, моделей, алгоритмів та комп'ютерних програм для управління проектами створення систем протилежного захисту та ліквідації пожеж під час їх ініціації із врахуванням їх специфічних ризиків.

У *другому розділі* «Науково-методичні основи ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів та ліквідації пожеж із врахуванням ризиків» розглянуто ознаки проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж та взаємозв'язки між ними. Стосовно ініціації проектів СПЗО та ЛП, то в основі формулювання їх цілей є затверджена регіональна програма протипожежного захисту (РППЗ), яка є обов'язковою для виконання як службами об'єкта, у разі виникнення пожежі, так і пожежно-рятувальними підрозділами, які її ліквідовують. Спільна реалізація проектів СПЗО та ЛП стовно об'єктів окремого регіону дає можливість підвищити якість управління ними, забезпечує ефективну координацію ресурсів для вчасного виконання робіт та дає можливість отримати їх продукти з максимальною цінністю. Таким чином, під час формування РППЗ слід узгоджувати зміст та потрібні ресурси для реалізації проектів СПЗО та ЛП на окремих об'єктах регіону. Виходячи з цього положення, під час формування РППЗ слід узгоджувати проекти СПЗО та ЛП

$$RFPF = \bigcup_{i=1}^2 P_i, \quad (1)$$

де $RFPF$ – регіональна програма протипожежного захисту (regional program of fire protection) (РППЗ);

P_1 – проект створення системи протипожежного захисту об'єкту $PSFPO$ (project system fire protection object) (СПЗО);

P_2 – проект ліквідації пожежі PFS (project fire suppression) (ЛП).

В свою чергу кожен із проектів СПЗО та ЛП відносно окремого об'єкта передбачає виконання специфічних робіт, які формують етапи їх життєвих циклів

$$PSFPO = \bigcup_{i=1}^n PhP_i; \quad PFS = \bigcup_{j=1}^m PhP_j, \quad (2)$$

де PhP_i, PhP_j – відповідно фази проектів СПЗО і ЛП (phase of the project);

n – загальна кількість фаз проекту СПЗО; m – загальна кількість фаз проекту ЛП.

Насамперед розглянемо ознаки проектів СПЗО, які представлені на рис. 1. Проект СПЗО включає до складу свого життєвого циклу **6 фаз**. Розглядаючи ознаки проектів СПЗО можна зауважити, що за своїм класом вони відносяться до моносистем, тому їх необхідно впроваджувати для кожного окремого об'єкта захисту.

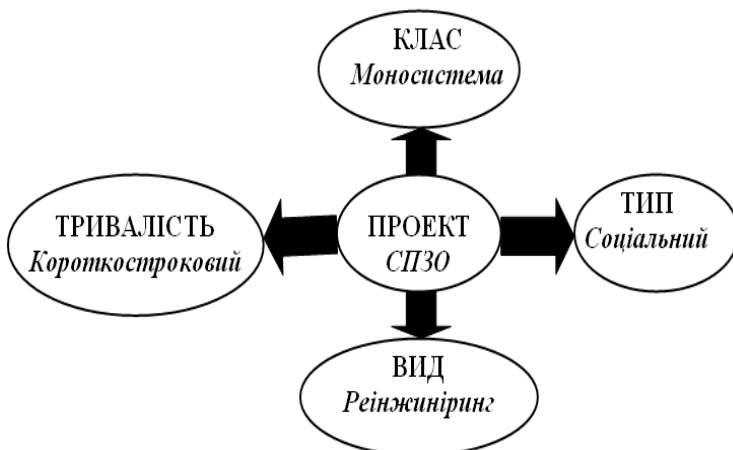


Рисунок 1 – Ознаки проектів СПЗО

Реалізація таких проектів є короткостроковою і залежить від змісту виконуваних робіт та масштабів об'єкта, що потребує реінжинірингу системи захисту. Тип проекту соціальний, оскільки його продукт спрямований на захист людей від можливого виникнення пожеж на об'єкті захисту. Для реалізації проектів слід замінити наявну систему протипожежного захисту, що потребує використання інноваційних технологій та обладнання, наявних на ринку. Тому за видом такі проекти належать до проектів реінжинірингу. Кожен із етапів життєвого циклу проекту СПЗО повинен забезпечуватися відповідними ресурсами, до яких належать протипожежні засоби об'єкта. Окрім цього, для виконання кожного із етапів проектів СПЗО на ринку є безліч альтернативних за функціональними можливостями протипожежних засобів, від яких впливає на бюджет проектів та ризик безвідмовного використання продукту проектів СПЗО. Враховуючи імовірності таких ризиків усіх шести етапів життєвого циклу проекту СПЗО, можна визначити загальне значення ризику відмови продукту, який реалізовано за різними бюджетами, і він визначається за залежністю

$$\varepsilon_{c.n.3} = \prod_{i=1}^6 \varepsilon_i \leq [\varepsilon_{c.n.3}], \quad (3)$$

де ε_i – значення імовірності ризику сформованого i -у етапі реалізації проекту; $[\varepsilon_{c.n.3}]$ – допустиме значення ризику відмови продукту проекту СПЗО.

Розглянемо ознаки проектів ЛП. Розглядаючи ознаки проектів ЛП можна зауважити, що вони подібні за деякими видами із проектами СПЗО. Зокрема, за класом, тривалістю та типом. Однак за видом, їх віднесено до гібридних проектів, які забезпечують функціонування систем пожежогасіння. Попри те, проекти ЛП є монопроектами для окремих об'єктів захисту, на яких виникають пожежі, а їх життєвий цикл триває залежно від тривалості ліквідації однієї пожежі на цьому об'єкті. Пропонується для оптимізації дій у проектах ЛП використовувати різницевий критерій, який складається з двох часткових складових, тобто різниці між прямими збитками об'єкта від пожежі B_o (перший частковий критерій) та витратами пожежно-рятувальних частин B_n , які беруть участь в її ліквідації (другий частковий критерій). Ця різниця за модулем

повинна наближатися до мінімального значення і як виняток може дорівнювати нулю, тобто можна записати

$$|B_o - B_n| \Rightarrow \min. \quad (4)$$

В основі визначення елементів запропонованого критерію лежить прогнозування часу гасіння τ_r пожежі та моделювання тривалості вільного горіння $\tau_{v,2}$ для заданого проекту. Враховуючи особливості реалізації проектів СПЗО та ЛП, та базуючись на здобутках методології управління проектами щодо процесів ініціації, ми розробили схему взаємозв'язків між процесами зазначених проектів



Рисунок 2 – Системні взаємозв'язки між процесами ініціації проектів СПЗО та ЛП

(рис. 2). Що стосується процесів обґрунтування варіантів структур проектів СПЗО та обґрунтування варіантів конфігурації проектів ЛП, то кожен із них виконується на підставі оцінення ризиків у відповідних проектах. Це дає можливість уточнювати цілі та прогнозувати характеристики їх продукту проектів із врахуванням ризику для стейкхолдерів.

Для підвищення ефективності управління процесами ініціації у проектах СПЗО та ЛП розробимо теоретичні засади, які базуються на топологічному аналізі та синтезі можливих ризиків у всіх фазах реалізації зазначених проектів. Для зручності розробимо концепцію досліджень ризиків у проектах СПЗО і ЛП, яка повинна містити в собі складові успішної реалізації проектів в умовах мінливого проектного середовища, моделі управління зацікавленими сторонами (об'єкт з матеріальними цінностями і людьми та пожежно-рятувальні підрозділи) та часом евакуації, методи оптимізації і управління часом з використанням ризиків. Кінцевим продуктом проектів СПЗО та ЛП є збереження життя людей, матеріальних цінностей у об'єктів зацікавлених сторін шляхом формування оптимальних рішень щодо їх виконання для окремих об'єктів. Схема концепції досліджень ризиків у проектах СПЗО і ЛП зображена на рис. 3.



Рисунок 3 – Концепція досліджень ризиків у проектах СПЗО і ЛП

Відомо, що управління будь-яким проектами виконується на підставі реалізації управлінських процесів, які потребують використання спеціальних знань, навичок, інструментів для прийняття управлінських рішень. Для цього пропонується розробити методи та моделі, які лежать в основі розробки

прикладних комп'ютерних програм для підтримки прийняття управлінських рішень. У результаті управління ризиками у проектах СПЗО і ЛП отримують їх план, який є основою виконання процесів ініціації.

Для успішного виконання проектів впродовж їх життєвого циклу необхідно постійно здійснювати моніторинг ризику на всіх фазах його життєвого циклу. Він полягає у визначенні поточного стану виконання проекту, відповідності його до плану управління ризиками та результатів виконання дій із одночасним їх коригуванням.

Базовим елементом при формуванні структури проекту є ієрархічна структура його робіт, яка визначає склад і зміст проектних робіт на фазах життєвого циклу. У структурі робіт на підставі теорії складних систем виділимо такі рівні декомпозиції та визначимо ступінь їх підпорядкованості

$$Pr \rightarrow St(m) \rightarrow EI, \quad (5)$$

де Pr – проект; $St(m)$ – структура робіт проекту рівня m ; EI – складова проекту.

Рівні $St(m)$ визначають склад робіт проекту за фазами життєвого циклу, а рівень EI включає всі роботи, які необхідні для виконання проекту. У відповідності із виділеними рівнями декомпозиції, структуру проекту можна сформуванати у вигляді певної його конфігурації, прийнявши за основу модель концепції досліджень ризиків у проектах інжинірингу СПЗО і ЛП (рис. 3) з порядком виконання робіт, який для більш зручного проведення контролю необхідно структурувати за рівнями ієрархії.

Розглянемо процеси системного управління ризиками у проектах СПЗО та ЛП. Вони поділяються на три групи (рис. 4).



Рисунок 4 – Процеси системного управління ризиками у проектах СПЗО та ЛП

Перша група – визначення та аналіз ризиків проектного середовища, а також дослідження ефективності наявної системи пожежогасіння та обґрунтування шляхів її реінжинірингу; друга – ідентифікація та оцінення ризиків щодо створення ефективної структури продукту проектів СПЗО; третя – оцінення ризиків у проектах ЛП в умовах невизначеності.

Процеси визначення та аналіз ризиків проектного середовища, а також оцінення ефективності існуючої системи пожежогасіння за своїми результатами поділяються на три групи: 1) ідентифікації ризиків проектів СПЗО; 2) ідентифікації ризиків проектів ЛП та обґрунтування реакцій на їх появу; 3) аналіз ефективності існуючої системи пожежогасіння та обґрунтування шляхів її реінжинірингу.

На підставі аналізу, а також проведення експертних опитувань ми обґрунтували раціональні реакції на ризики у проектах СПЗО та ЛП.

У *третьому розділі* «Моделі та методи управління ризиками у проектах захисту об'єктів та територій від пожеж» розглянуто модель життєвого циклу проектів ліквідації пожеж. Проекти ЛП реалізуються на підставі виконання п'яти основних фаз їх життєвого циклу, у кожній із яких виникають свої специфічні ризики. Розглянемо особливості запропонованої моделі життєвого циклу проектів ЛП, яка подана на рис. 5.

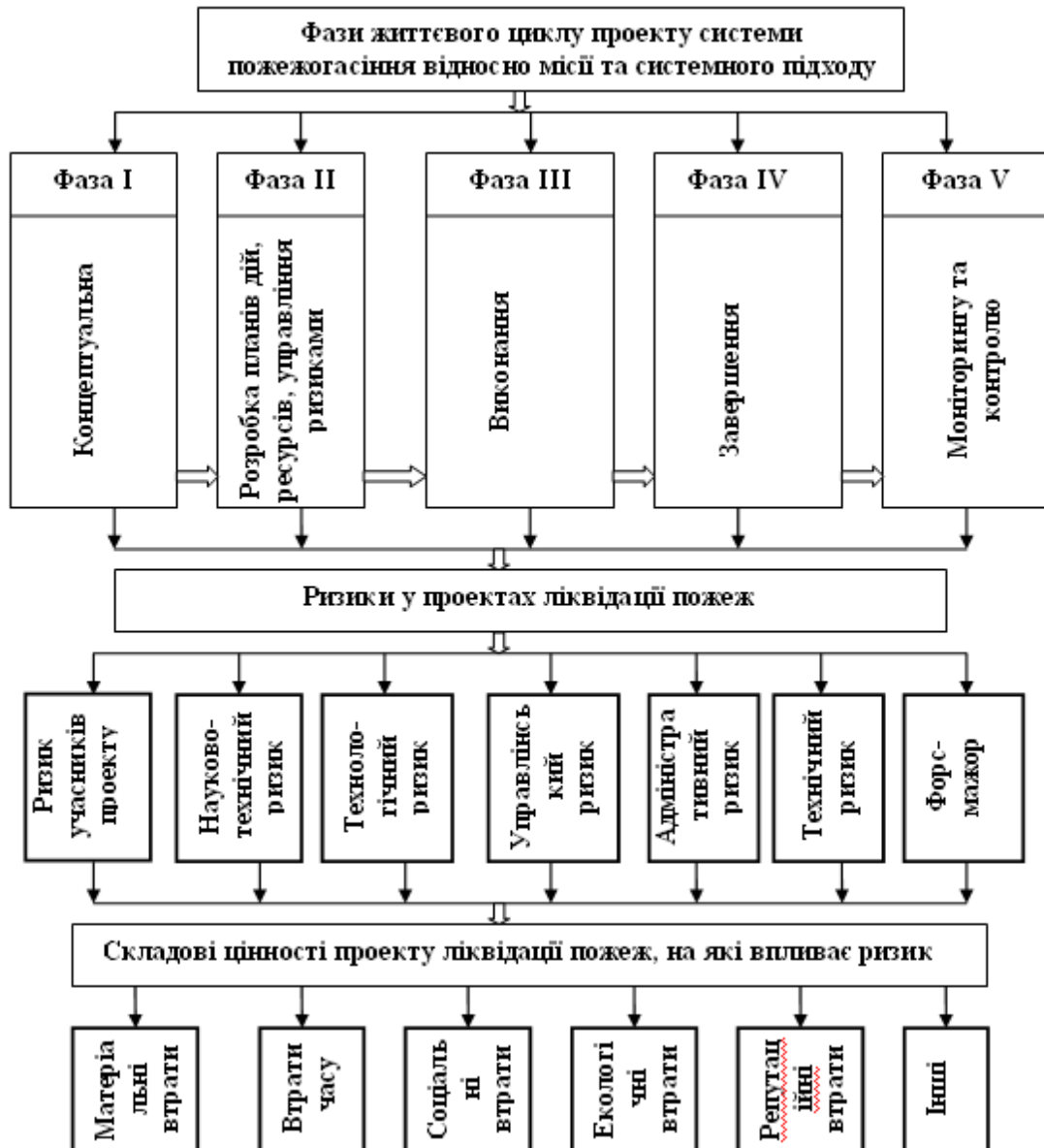


Рисунок 5 – Модель життєвого циклу проекту ЛП

На *концептуальній фазі* життєвого циклу проектів ЛП виконують аналіз цілей та узгодження їх із наявними ресурсами, а також прогнозують характеристики їх продуктів. Під час такого прогнозування враховують обмежені ресурси, складові цінності та вплив на них ризику. Зокрема, у цій фазі диспетчерський пункт ДСНС отримує сповіщення про пожежу з подальшим дослідженням на стадії концептуальної ідеї та оцінює загальну картину стану пожежі.

У *наступній фазі життєвого циклу* проектів ЛП, яка стосується розробки планів: 1) оцінюють стан об'єкту горіння та прогнозують характеристики проектного середовища проектів ЛП; 2) прогнозують зміну стану об'єкта горіння; 3) обґрунтовують дії щодо виконання проектів ЛП; 4) узгоджують дії у проектах ЛП із прогнозованим станом об'єкта горіння. Кожен із проектів ЛП має свої специфічні періоди, які належать до фази їх виконання.

Наступний етап – *фаза виконання* проектів ЛП стосується реалізації плану дій. У процесі виконання робіт цієї фази виникають внутрішні і зовнішні ризики проекту ЛП, кількісне значення яких можна прогнозувати, а на підставі моніторингу можна коригувати їх значення завдяки реалізації обґрунтованих реакцій на ризики.

Завершальна фаза проекту ЛП передбачає визначення ступеня досягнення поставлених цілей у цих проектах, аналіз характеристик та цінності отриманого продукту – ліквідованої пожежі, визначення втрат та витрат, та підготовка звіту.

Моніторинг і контроль проекту ЛП дозволить впровадити необхідні заходи із значного зниження ризиків та скорочення часу вільного розвитку пожежі, ефективного залучення сил і засобів пожежогасіння та відповідно до зменшення втрат.

Розроблена модель життєвого циклу проекту ЛП, яка базується на мінімізації ризиків у них, передбачає п'ять фаз їх реалізації та взаємного узгодження дій, ресурсів та цінності продукту завдяки виконанню множини процесів, тривалість яких зумовлюється характеристиками об'єкта горіння та проектного середовища.

На наступному етапі було розглянуто модель оцінювання ризиків у проектах створення систем протипожежного захисту об'єктів. Для оцінювання ризиків у проектах СПЗО насамперед слід виконати аналіз складових, що стосуються формування багатокомпонентного їх продукту. Продуктом проекту СПЗО є система, яка вміщує шість підсистем.

Відносно формування кожної із них слід оцінювати ризики, які є складовими моделі оцінювання ризиків у проектах СПЗО. Математична модель ризику проектів СПЗО ε_o для заданого об'єкта захисту має вигляд

$$\varepsilon_o = \varepsilon_{n.k.n} \varepsilon_{n.c} \varepsilon_{n.o} \varepsilon_{n.z} \varepsilon_{e.d} \varepsilon_{a.n} \leq [\varepsilon_o], \quad (6)$$

де $\varepsilon_{n.k.n}$ – імовірність настання відмови у приймально-контрольному пристрої пожежної сигналізації через неефективне виконання дій у проекті СПЗО; $\varepsilon_{n.c}$ – імовірність настання відмови у пожежному сповіщувачі через неефективне виконання дій у проекті СПЗО; $\varepsilon_{n.o}$ – імовірність настання відмови у звуковому пожежному оповіщувачі через неефективне виконання дій у проекті СПЗО; $\varepsilon_{n.z}$ – імовірність настання відмови у системі протидимного захисту через неефективне виконання дій у проекті СПЗО; $\varepsilon_{e.d}$ – імовірність настання відмови у евакуйовальних дверях та системі їх автоматичного відкриття через неефективне виконання дій у проекті СПЗО; $\varepsilon_{a.n}$ – імовірність настання відмови у системі автоматичного пожежогасіння через неефективне виконання дій у

проекті СПЗО; $[\varepsilon_o]$ – допустиме значення ризику проектів СПЗО для окремого об'єкта захисту.

Було розглянуто складові ризику проектів СПЗО відносно формування кожної складової їх продукту. Для цього спочатку визначали імовірність виникнення ризику, а потім оцінювали кожну складову ризику з використанням трирівневої шкали імовірностей ризику визначали його числову оцінку R . Числова оцінка ризиків R потрібна для їх моніторингу, обґрунтування реакцій та прийняття правильних управлінських рішень.

Розглянемо імовірність $\varepsilon_{n.k.n}$ настання відмови у приймально-контрольному пристрої пожежної сигналізації через неефективне виконання дій у проекті СПЗО. Виходячи з основних положень теорії надійності, імовірність відмови електронної апаратури підпорядковується експоненціальному закону розподілу з густиною розподілу $f(\tau) = \lambda \exp(-\lambda\tau)$. В цьому випадку отримуємо

$$\varepsilon_{n.k.n} = \int_0^{\tau} \lambda_{n.k.n} e^{-\lambda\tau} d\tau = 1 - e^{-\lambda\tau} = 1 - \exp(-\lambda_{n.k.n} \tau), \quad (7)$$

де τ – час роботи приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації з початку експлуатації, год; $\lambda_{n.k.n}$ – інтенсивність його відмов, год⁻¹;

$$\lambda_{n.k.n} = \frac{1}{T_B}; \quad (8)$$

T_B – час напрацювання приймально-контрольного пристрою на відмову (згідно з ДСТУ EN 54-2:2003, час безперервної роботи до відмови становить 10 років), год, тобто $T_B = 10 \cdot 365 \cdot 24 = 87600$ год;

$$\lambda_{n.k.n} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}. \quad (9)$$

Аналогічно визначалася імовірність для всіх інших приладів і обладнання з урахуванням їх необхідної кількості k_i згідно із ДБН В.2.5-56:2015. За умови реалізації проекту СПЗО із відсутністю виконання окремих видів робіт щодо облаштування об'єкта протипожежними засобами необхідно під час використання математичної моделі (6) слід замість цієї складової підставляти цифру 1. Якщо отриманий ризик проекту СПЗО для окремого об'єкта, розрахований за моделлю (6), не задовольняє допустимого його значення, то необхідно виконати в першу чергу аналіз його складових, а також коефіцієнтів k_i . На підставі результатів аналізу цих коефіцієнтів необхідно розробити заходи на доукомплектування об'єкта протипожежними засобами з метою наближення значень коефіцієнтів до одиниці, керуючись при цьому прийнятим критерієм (6), що дозволить підвищити цінність проектів СПЗО завдяки мінімізації збитків об'єктів у випадку виникнення пожежі на них. У проектах СПЗО слід передбачувати роботи щодо зниження екологічного ризику. Зокрема, це стосується зниження негативного впливу на навколишнє середовище викиду токсичних продуктів згорання під час пожеж.

Запропонована модель оцінювання ризиків у проектах СПЗО враховує стан об'єктів захисту та особливості виконання робіт на них, що забезпечує кількісне оцінювання ризику за трирівневим розподілом його ймовірностей, а це значно спрощує моніторинг і управління цими ризиками. Окрім того, запропоновано врахувати стан наявних систем протипожежного захисту об'єктів та оцінення екологічного їх ризику, врахування яких дасть можливість підвищити цінність проектів СПЗО.

Тепер розглянемо модель ініціації проектів ліквідації пожеж на основі оцінки ризиків. Цінність проектів ЛП значною мірою залежить від їх команди та використовуваних ресурсів. Із аналізу чинників, які впливають на виконання

робіт у проектах ЛП, можна виділити найбільш впливовий – надійність пожежної техніки. Результати аналізу існуючих стандартів стосовно пожежно-рятувального обладнання та техніки, а також науково-технічної та довідкової літератури показали, що для виконання робіт у проектах ЛП, а також технічних ресурсів для їх виконання відсутні значення основних показників надійності. В деяких стандартах наведено тільки значення напрацювання на відмову, але в більшості випадків вони є не обґрунтованими. Визначення значень основних показників надійності технічних ресурсів та виконання дій у проектах ЛП виконували з використанням методу статистичного моделювання.

Результати досліджень показали, що зі збільшенням значення імовірності ризику у проектах ЛП збільшуються відповідно тривалості виконання дій та загальні втрати. Для наочності розглянемо вплив ризику ліквідації пожежі $\varepsilon_{л.п}$ на прогнозовану тривалість виконання робіт у проектах ЛП (рис. 6) і відповідно на загальні втрати від пожеж.

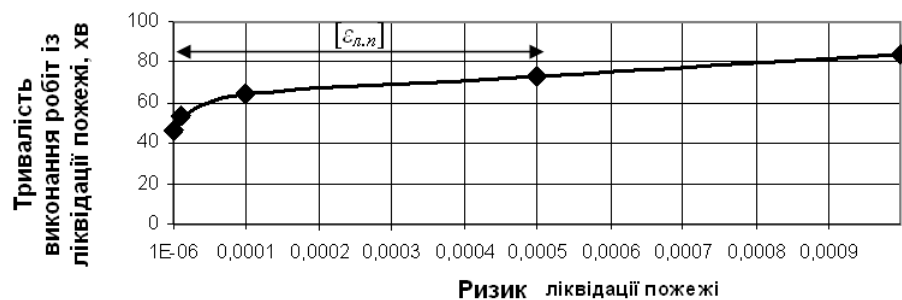


Рисунок 6 – Залежність тривалості виконання робіт із ліквідації пожежі від імовірності їх невиконання: $[\varepsilon_{л.п}]$ – допустиме значення імовірності ризику виконання робіт у проекті ЛП

Під час виконання цих досліджень враховувалося збільшення площі пожежі через зростання часу вільного горіння і відповідно збільшення загального збитку за відомими залежностями. Отримані результати показали, що в межах допустимого значення імовірності невиконання робіт у проекті ЛП (рис. 6) час зайнятості пожежно-рятувального підрозділу може змінюватися в межах 1 ... 1,6 разів, а збитки об'єкта – 1 ... 3,3.

На наступному етапі визначали ризики виконання дій у проектах ЛП. Після визначення імовірностей невчасного виконання основних робіт у проектах ЛП необхідно значення цих імовірностей перевести в числову оцінку ризику (R – risk). Це дає можливість якісної і кількісної оцінки ризику, що лежить в основі його моніторингу та виконання реакцій на нього, а також ухвалення рішення щодо початку та особливостей виконання окремих етапів життєвих циклів проектів ЛП. Для оцінення ризиків тривалості виконання робіт у проектах ЛП слід розробити метод, який буде базуватися на обґрунтованих математичних моделях і дасть змогу кількісно визначати ризики для всіх дій у цих проектах. Результати такого оцінення лежать в основі нормування тривалості робіт у проектах ЛП на підставі врахування оптимальної кількості технічних ресурсів, знань і вміння команди проекту з метою підвищення ефективності реалізації зазначених проектів та забезпечення мінімальних збитків від пожеж.

На першому етапі цього методу визначалася загальна тривалість проекту ЛП із врахуванням тривалості усіх робіт, що виконуються в ньому. Крім того, на етапі ініціації слід прогнозувати тривалості вільного горіння $\tau_{в.г}$, від кількісного значення якої залежить площа пожежі, що є визначальним показником для визначення виду виконуваних робіт та потреби забезпечення

ресурсів. Також для узгодження дій слід враховувати тривалість зайнятості підрозділів пожежно-рятувальної служби.

На другому етапі цього методу визначали ризик у проектах ЛП із використанням основних положень теорії надійності. На підставі положень теорії імовірностей відомо, що при послідовному розміщенні елементів системи, кожен з яких має свою незалежну імовірність відмови, загальна ймовірність відмови буде визначатися як добуток всіх складових. Математична модель ризику $\varepsilon_{л.п}$ дій у проектах ЛП описується таким чином

$$\varepsilon_{л.п} = \varepsilon_{о.о} \varepsilon_{з.с} \varepsilon_{зб} \varepsilon_{сл} \varepsilon_{роз} \varepsilon_{лок} \varepsilon_2 \varepsilon_{к.2} \leq [\varepsilon], \quad (10)$$

де $\varepsilon_{о.о}$, $\varepsilon_{з.с}$, $\varepsilon_{зб}$, $\varepsilon_{сл}$, $\varepsilon_{роз}$, $\varepsilon_{лок}$, ε_2 , $\varepsilon_{к.2}$ – відповідно імовірності відмов під час отримання і обробки сповіщення, залучення сил і засобів підрозділів для ліквідації пожежі, збору пожежно-рятувальної команди, слідування на пожежу, оперативного розгортання, локалізації осередка пожежі, гасіння пожежі, кінцевого (остаточного) гасіння; $[\varepsilon] = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-4}$ – допустиме значення ризику у проектах ЛП.

Наступним кроком було визначення фінансових витрат на матеріальні ресурси у проектах СПЗО міста на етапі їх ініціації з розробленням методу, який базується на оптимізаційній математичній моделі, що дозволяє змінювати значення пожежних ризиків для узгодження змісту проектів із їх продуктом, який забезпечить протипожежний захист об'єкта із заданою ймовірністю. Для розв'язання поставленої задачі було визначено функцію мети, значення якої необхідно мінімізувати. Такою функцією мети є значення імовірності ризику проекту СПЗО для заданого об'єкта

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_o \Rightarrow \min ; \\ \varepsilon_o \leq [\varepsilon_o]; \\ \varepsilon_{ек} \leq [\varepsilon_{ек}], \end{array} \right\} \quad (11)$$

де ε_o , $\varepsilon_{ек}$ – значення ризиків проекту СПЗО та екологічного для заданого об'єкта; $[\varepsilon_o]$, $[\varepsilon_{ек}]$ – допустимі нормативні значення ризиків проекту СПЗО та екологічного для заданого об'єкта.

Для формування функції мети необхідно до залежності (6) додати ймовірність невчасної евакуації людей ε_e із зони пожежі на об'єкті. В цьому випадку отримаємо

$$\varepsilon_o = \varepsilon_{н.к.п} \varepsilon_{н.с} \varepsilon_{н.о} \varepsilon_{н.з} \varepsilon_{е.о} \varepsilon_e. \quad (12)$$

Критерієм прийняття управлінських рішень, є різницевий критерій, який визначається за виразом

$$|B_o - B_n| \Rightarrow \min, \quad (13)$$

де $B_o = C_o S_{п}$ – прямі збитки об'єкта від пожежі, грн; C_o – середня вартість одиниці площі об'єкта, на якому виникла пожежа, грн/м²; $S_{п}$ – площа пожежі на об'єкті захисту, м²; $B_n = C_n \tau_{з.п} ВП$ – витрати пожежно-рятувальних підрозділів на ліквідацію пожежі залежно від тривалості їх зайнятості і кількості відділень ВП; $\tau_{з.п}$ – тривалість зайнятості підрозділів пожежно-рятувальної служби, хв.

Крім того, були прийняті обмеження щодо кількості протипожежних засобів. Для розв'язування представленої задачі використовували оптимізаційну модель та метод Монте-Карло. Для визначення додаткових витрат на придбання засобів протипожежного захисту міста, з урахуванням допустимого значення ризиків проектів СПЗО, необхідно знати на завершення звітнього періоду дійсне значення загальної кількості пожеж N_n , а також споруд всіх об'єктів міста N_o за ЄДРПОУ. Розподіл додаткових витрат $B_{o,i}$ між

об'єктами міста на облаштування технічних засобів системи протипожежного захисту для забезпечення допустимого значення ризику проекту СПЗО $[\varepsilon]$ міста виконували з врахуванням питомої ваги K_i кожної складової ризику відповідних об'єктів міста. Під час проведення розрахунків допустиме значення пожежного ризику міста доцільно приймати, як середнє значення високого (терпимого) ризику $[\varepsilon] = 2,75 \cdot 10^{-4}$.

На наступному етапі розглядався метод кількісного оцінення ризиків у проектах ліквідації пожеж. У основі розробленого методу кількісного оцінення ризиків у проектах ЛП лежить гіпотеза про те, що зменшити тривалість його реалізації та відповідно збитки від пожеж можна завдяки прогнозуванню ризиків та на підставі їх кількісного значення – прийняття ефективних управлінських рішень. Для математичного представлення цієї управлінської задачі необхідно в першу чергу визначити функцію мети. За функцію мети приймаємо чинники, що впливають на виконання робіт у проектах ЛП, значення яких необхідно мінімізувати, а саме

$$\left. \begin{aligned} \tau_{\text{лок}} + \tau_2 + \tau_{\text{к.г}} &\Rightarrow \min ; \\ \varepsilon_{\text{л.п}} &\leq [\varepsilon], \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

де $\tau_{\text{лок}}$, τ_2 , $\tau_{\text{к.г}}$ – тривалість локалізації, гасіння та кінцевого гасіння пожежі, хв; $\varepsilon_{\text{л.п}}$ – ризик проекту ЛП; $[\varepsilon] = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-4}$ – допустиме значення ризику.

Під час розв'язання цієї задачі слід обов'язково врахувати особливості попереднього плану дій, який обґрунтовується на стадії визначення системної ідеї при спрацюванні сповіщення про пожежу. При цьому необхідно прийняти рішення з мінімальним ризиком про залучення необхідної кількості ресурсів (сил і засобів для ліквідації пожежі) і зменшення часу вільного горіння.

Оптимізаційну модель визначення ризику виконання робіт у проектах ЛП з урахуванням стану об'єкта та пожежі можна представити, прийнявши за функцію мети вираз (14), критерію – вираз $|\hat{A}_o - \hat{A}_a| \Rightarrow \min$ (B_o – додаткові витрати на придбання протипожежних засобів), а також обмеження на кількість пожежних стволів B і A , тривалість вільного горіння та відстань пожежника зі стволом від фронту пожежі. Для кількісного оцінення ризиків у проектах ЛП та дій і потреби у ресурсах використовували метод Монте-Карло, який лежить в основі розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень. Після завершення моделювання на друк видаються такі дані: $\varepsilon_{\text{л.п}}$, $\varepsilon_{o.o}$, $\varepsilon_{з.с}$, $\varepsilon_{зб}$, $\varepsilon_{сл}$, $\varepsilon_{роз}$, $\varepsilon_{лок}$, ε_2 , $\varepsilon_{к.г}$, $S_{\text{П}}$ та відповідно $R_{o.o}$, $R_{з.с}$, $R_{зб}$, $R_{сл}$, $R_{роз}$, $R_{лок}$, R_2 , $R_{к.г}$, $\tau_{сл}$, $\tau_{лок}$, τ_2 , $\tau_{к.г}$, p , кількість пожежно-рятувальних відділень $ВП$, кількість пожежних автоцистерн $АЦ$, кількість стволів $СБ^r$, $СБ^3$, $СА$; відстань від пожежника зі стволом до фронту пожежі l_q .

Отже, розроблений метод кількісного оцінення ризиків у проектах ЛП, лежить в основі інформаційної системи підтримки прийняття рішень, яка забезпечує узгодження дій та ресурсів із характеристиками об'єкта на якому виникла пожежа, а також враховує характеристики пожежі, що забезпечує зменшення тривалості реалізації цих проектів та відповідно зниження збитків від пожеж.

У **четвертому розділі «Практичний інструментарій ініціації проектів протипожежного захисту об'єктів та територій на основі оцінення ризиків»** на першому етапі було розроблено алгоритм та комп'ютерну програму ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів на основі оцінки ризиків. Базою для розроблення алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків є розроблені оптимізаційні математичні моделі та метод, які

подано у **розділі 3**. Блок-схема всього алгоритму складається з 52 блоків, які поділили на окремі частини.

Блок-схема алгоритму (перша частина), яка зображена на рис. 7, передбачає введення вхідних даних, визначення площі об'єкта, перевірку наявності приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації та імовірності ризику його відмови, а також перевірку наявності пожежних сповіщувачів та імовірність ризику їх відмови.

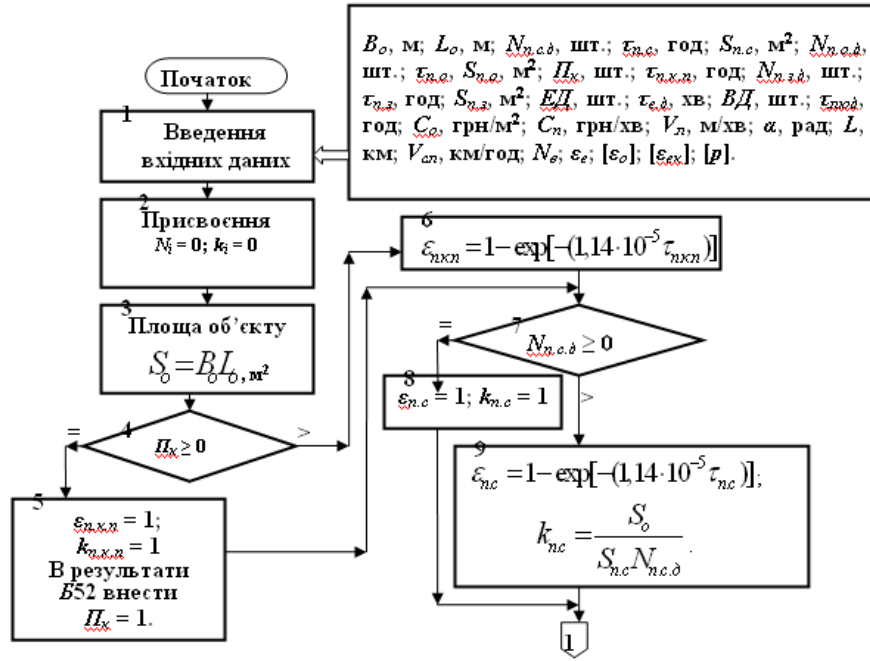


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (перша частина)

Сьома частина блок-схеми алгоритму ініціації проектів СПЗО включає блок 52 (рис. 8), який призначається для роздруку результатів дослідження: значення існуючої імовірності пожежного ризику; значення запропонованої імовірності пожежного та екологічного ризиків; наявність приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації; збитки об'єкта від пожежі, витрати ПРП на ліквідацію пожежі, витрати на протипожежний захист об'єкта; потрібна для об'єкта кількість пожежних сповіщувачів, оповіщувачів та протидимних засобів; площа пожежі; загальні витрати; $\tau_{лок.i}$, хв; $\tau_{z.i}$, хв; $\tau_{к.з.i}$, хв; час зайнятості ПРП на ліквідацію пожежі $\tau_{з.п.i}$, хв; імовірності ризиків та їх цифрові значення ϵ_o , $\epsilon_{ек}$, $\epsilon_{п.к.п}$, $\epsilon_{п.с}$, $\epsilon_{п.о}$, $\epsilon_{п.з}$, $\epsilon_{e.d}$, ϵ_e , $R_{п.к.п}$, $R_{п.с}$, $R_{п.о}$, $R_{п.з}$, $R_{e.d}$, R_e ; значення коефіцієнтів заповнення об'єкта протипожежними засобами $k_{п.с}$, $k_{п.о}$, $k_{п.з}$; значення імовірності потрапляння досліджуваної точки в область допустимих розв'язків p_i .

На підставі наведеного алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків були розроблені лістинги програми, які дозволяють на стадії аудиту об'єкта щодо стану системи протипожежного захисту виявляти недоліки, що лежать в основі обґрунтування дій у проекті СПЗО цього об'єкта.

Окрім того, є можливість визначити потребу у ресурсах (кількість протипожежних засобів), здійснити визначення витрат на їх придбання і встановлення та прогнозувати втрати від можливих пожеж на об'єкті за різних станів комплектації цих систем.

Для визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста із врахуванням допустимого значення пожежного ризику та основних положень оптимізаційної моделі та методу, які подані у **розділі 3** цієї роботи,

розроблено блок-схеми алгоритму та комп'ютерну програму. Блок-схема алгоритму включає 20 блоків. Програма реалізована на мові програмування C++ для роботи в операційних системах Windows XP, Windows 7.

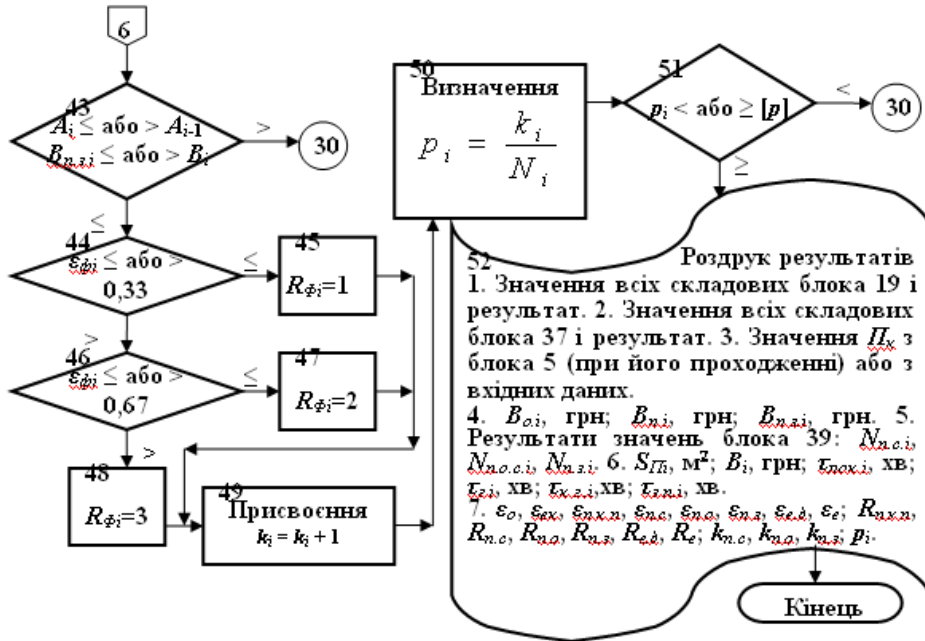


Рис. 8. Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (сьома частина)

Для розроблення алгоритму та комп'ютерної програми обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП на основі оцінки ризиків скористаємося результатами проведених досліджень, а також розробленими моделями та методами, що подані у **розділі 3**. Блок-схему зазначеного алгоритму розробляли з поділом її на окремі частини і вона включає 66 блоків. На рис. 9 зображена восьма частина блок-схеми алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків.



Рисунок 9 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (восьма частина)

На підставі наведеного алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП на основі оцінки ризиків були розроблені лістинги програми, які дозволяють на стадії ініціації та реалізації проектів ЛП приймати управлінські рішення щодо дій та потреби у ресурсах на основі оцінки ризиків.

Програма реалізована на мові програмування C# для роботи в операційних системах Windows XP, Windows 7. В результаті роботи програми отримуємо значення: імовірностей ризиків ліквідації пожежі та її технологічних операцій; цифрові значення ризиків технологічних операцій; тривалість вільного горіння, локалізації, гасіння і кінцевого гасіння; збитки об'єкта від пожежі; витрати ПРП на ліквідацію пожежі; площу локалізації і площу пожежі; імовірність попадання досліджуваної точки в область допустимих розв'язків p_i ; кількість пожежних стволів; відстань пожежного від фронту пожежі; кількість пожежних автоцистерн.

Щоб підтвердити адекватність розробленого інструментарію для ініціації проектів ЛП його було використано на об'єктах захисту Львівського регіону. Для отримання початкових даних використані архіви подій програмно-апаратного комплексу «Система оперативно-диспетчерського управління» ГУ ДСНС у Львівській області. Результати досліджень показали, що розроблений практичний інструментарій ініціації проектів ЛП на основі оцінення ризиків адекватно відображає реальну їх реалізацію. На підставі отриманих результатів були виконані порівняння різних варіантів забезпечення протипожежного захисту на окремих об'єктах із врахуванням цінності проектів СПЗО і ЛП, яка оцінювалася за збитками від пожеж (рис. 10).

Отримана діаграма (рис. 10) зміни збитків від пожеж на об'єктах за різних варіантів реалізації проектів СПЗО і ЛП свідчить про те, що за спільної реалізації проектів СПЗО і ЛП із використанням розробленого у дисертаційній роботі інструментарію їх ініціації, можна домогтися зменшення збитків від пожеж на 51,9...58%.



Рисунок 10 – Збитки об'єктів від пожеж за різних варіантів реалізації проектів СПЗО і ЛП: 1 – за умови спільної реалізації проектів СПЗО і ЛП; 2 – реалізація тільки проектів СПЗО; 3 – без реалізації проектів

На підставі проведених досліджень запропоновано план, який, відповідно до методології управління ризиками, включає всі основні процеси цього управління, а саме: ідентифікацію та кількісне оцінення складових ризиків, розвинення реакцій на ризики та контроль за їх виконанням. Реалізація кожного

із цих управлінських процесів у проектах ЛП повинна відбуватися у послідовності, що забезпечує обґрунтування протиризикових заходів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі за результатами проведеного дослідження вирішено важливу науково-прикладну задачу ініціації проектів системи протипожежного захисту об'єктів та ліквідації пожеж завдяки розробленню науково-методичних принципів, моделей, методів і інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у такому:

1. Аналіз сучасного стану систем пожежогасіння об'єктів, особливостей управління їх проектами, а також міжнародних стандартів із управління проектами свідчить про те, що системи пожежогасіння об'єктів функціонують з надмірними збитками від пожеж, втратами людських та матеріальних ресурсів, а також відсутні ефективні моделі, методи, алгоритми та комп'ютерні програми ініціації проектів на основі оцінення специфічних їх ризиків.

2. Обґрунтовані ознаки проектів створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж, а також системні взаємозв'язки між процесами їх ініціації відображають особливості зазначених проектів та передбачають врахування їх специфічних ризиків, які лежить в основі розроблення моделей та методів їх ініціації.

3. Розроблені моделі та методи оцінювання ризиків проектів СПЗО і ЛП враховують наявний стан проектного середовища, особливості виконання робіт у цих проектах та наявність ресурсів, базуються на методах математичної статистики, Монте-Карло та забезпечують адекватне здійснення кількісної оцінки ризику, що значно спрощує моніторинг і управління цими ризиками та підвищує якість прийняття управлінських рішень.

4. Запропонована модель ініціації проектів ЛП на основі оцінки ризиків базується на обґрунтованих системних взаємозв'язках між процесами ініціації проектів СПЗО та ЛП, математичних моделях оцінення ризиків їх складових, і дає змогу кількісно оцінити ризик дій та узгодити їх із наявними ресурсами, що лежить в основі зменшення збитків та скорочення бюджету цих проектів.

5. Удосконалена модель життєвого циклу проектів ЛП передбачає декомпозицію п'яти взаємопов'язаних фаз, у кожній з яких виконуються специфічні управлінські процеси, і на відміну від існуючих моделей передбачає оцінення пожежного та екологічного ризику, що забезпечує підвищення цінності цих проектів.

6. Запропонований метод оцінення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста передбачає визначення потреби у ресурсах для реалізації зазначених проектів із врахуванням стану проектного середовища, і також на відміну від існуючих методів враховує екологічні ризики та ризики відмови технічних ресурсів, що дає можливість сформулювати ефективний бюджет цих проектів.

7. Розроблені алгоритми та інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень базуються на обґрунтованих моделях та методах ініціації проектів СПЗО і ЛП, враховують дію специфічних ризиків, стан проектного середовища, наявні ресурси та нестабільність тривалості виконання робіт у них і дають можливість знизити тривалість реалізації зазначених проектів та майже у 4 рази зведені збитки об'єктів від пожеж і витрати ПРЧ на їх ліквідацію.

8. Виконані комп'ютерні експерименти на основі розроблених інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень дали можливість обґрунтувати тенденції зміни збитків об'єктів від пожеж та витрат ресурсів на їх ліквідацію від тривалості реалізації проектів ЛП із врахуванням ризиків. Встановлено, що за спільної реалізації проектів СПЗО і ЛП із використанням розробленого у дисертаційній роботі інструментарію для їх ініціації, можна домогтися зменшення збитків від пожеж на 51,9...58%.

9. На підставі розроблених моделей, методів та інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень обґрунтовано методику, яку впроваджено у практику ГУ ДСНС у Львівській області для розв'язання управлінських задач щодо ініціації проектів СПЗО та ЛП, що підтверджує ефективність розроблених управлінських засобів, та в навчальний процес ЛДУ БЖД під час викладання дисциплін для студентів освітнього рівня «магістр», що навчаються за спеціальністю 073 «Менеджмент» (освітня програма «Управління проектами»).

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в міжнародних фахових виданнях

1. **Vasil'ev N.I.** Model matematyczny i ocena ryzyka zwalczania pożaru / N.I. Vasil'ev, I.A. Movchan. // Kwartalnik BiTR. –Vol. 41.-Issue 1. – Józefów (Polska): CNBOP-PIB, 2016. – Pp. 47-54.

Статті в наукометричних базах

2. **Васильєв М.І.** Зменшення екологічного ризику за рахунок оптимізації проектів системи пожежогасіння на складах лісоматеріалів / М.І. Васильєв, І.О. Мовчан, О.М. Коваль // Зб. наук. праць «Науковий вісник Національного гірничого університету» (Scopus), № 5. – Дніпропетровськ: НГУ, 2014. – С. 106-113.

Статті у фахових виданнях та збірниках наукових праць

3. **Мовчан І.О.** Вибір критеріїв для прийняття рішень в системі пожежогасіння / І.О. Мовчан, М.І. Васильєв // Зб. наук. праць «Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності», № 8. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – С. 146-154.

4. **Мовчан І.О.** Оптимізаційна модель протипожежного захисту міста для допустимого значення пожежного ризику / І.О. Мовчан, М.І. Васильєв, Е.М. Гуліда // Зб. наук. праць «Пожежна безпека», № 22. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – С. 188-193.

5. **Мовчан І.О.** Управління ризиками в проектах та програмах систем ліквідації пожеж / І.О. Мовчан, М.І. Васильєв // Зб. наук. праць «Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності», № 9. – Львів: ЛДУ БЖД, 2014. – С. 100-109.

6. **Васильєв М.І.** Життєвий цикл проекту системи гасіння та ліквідування пожеж на міських об'єктах / М.І. Васильєв, І.О. Мовчан // Зб. наук. праць «Науковий вісник НЛТУ України», вип. 24.1. - Львів: НЛТУ, 2014 – С. 159-167.

7. **Мовчан І.А.** Оптимизационная модель оценки вероятности ликвидации пожара при преподавании пожарной тактики / И.А. Мовчан, Н.И. Васильев // Зб. наук. праць «Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи», випуск 4, частина 2. – Київ-Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 66-71.

Тези доповідей на конференціях

8. **Васильєв М.І.** Зменшення пожежного ризику для міста за рахунок впровадження оптимальних проектів системи пожежогасіння / М.І. Васильєв //

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції магістрів, аспірантів та науковців 13-14 грудня 2013, Том 2. – Одеса: Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2013. - С. 47-50.

9. **Васильєв М.І.** Захист від пожежі приміщень, обладнаних комплексною системою захисту інформації / М.І. Васильєв // Матеріали МНПК «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності». – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – С. 14-15.

10. **Васильєв М.І.** Життєвий цикл проекту системи пожежогасіння / М.І. Васильєв // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції магістрів, аспірантів та науковців 12-13 грудня 2014, Том 2. – Одеса: Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2014. - С. 65-68.

11. **Васильєв Н.И.** Моделирование риска процесса ликвидации пожара / Н.И. Васильев // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности–2014». М.: Академия ГПО МЧС РФ, 2014. – С. 88-89.

12. **Васильєв Н.И.** Функциональная связь между уменьшением экологического риска и оптимальными проектами системы пожаротушения на складах лесоматериалов / Н.И. Васильев // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы». – Минск: Республика Беларусь, Командно-инженерный институт, 2014. – С. 12-13.

13. **Васильєв Н.И.** Пожарный риск для города и его уменьшение за счет оптимизации проектов системы пожаротушения / Н.И. Васильев // Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» «ЧС - 2014» – Гомель: Республика Беларусь, Гомельский инженерный институт, 2014. – С. 34.

14. **Мовчан І.О.** Управління ризиками в проектах та програмах забезпечення протипожежного захисту міста / І.О. Мовчан, М.І. Васильєв // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». – Черкаси: Черкаський інститут ПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2014. – С. 96-98.

15. **Васильєв М.І.** Математична модель управління ризиками для забезпечення протипожежного захисту міста / М.І. Васильєв, І.О. Мовчан // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності». – Львів: ЛДУ БЖД, 2016. – С. 195-196

Патенти

16. **Васильєв М.І.** Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 77148 «Комп'ютерна програма для управління системою протипожежного захисту об'єкта» / М.І. Васильєв – заявник та власник свідоцтва. // Дата реєстрації 27.02.2018. – К.: ДСІВ України.

17. **Васильєв М.І.** Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76826 «Комп'ютерна програма для визначення додаткового фінансування на придбання протипожежних засобів для доукомплектування ними об'єктів міста або населеного пункту» / М.І. Васильєв – заявник та власник свідоцтва. // Дата реєстрації 13.02.2018. – К.: ДСІВ України.

18. **Васильєв М.І.** Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 77147 «Комп'ютерна програма визначення і управління ризиками проекту інжинірингу ліквідації пожежі» / М.І. Васильєв – заявник та власник свідоцтва. // Дата реєстрації 27.02.2018. – К.: ДСІВ України.

АНОТАЦІЇ

Васильєв М.І. Моделі та методи ініціації проектів протипожежного захисту об'єктів на основі оцінки ризиків. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами та програмами. – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, 2019.

У дисертаційній роботі на підставі аналіз стану питання в практиці та теорії управління проектами систем пожежогасіння була визначена мета і задачі дослідження. Розглянуто науково-методичні основи ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів та ліквідації пожеж із врахуванням ризиків. При цьому визначені ознаки проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж та взаємозв'язки між ними. Були встановлені критерії оптимізації дій у проектах ліквідації пожеж та визначена структура процесів ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж із оцінкою їх ризиків. Розглянуто особливості системного управління ризиками у проектах систем пожежогасіння та обґрунтовано реакції на ризики у проектах створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж.

Для управління ризиками у проектах захисту об'єктів та територій від пожеж були розроблені відповідні моделі та методи. До таких моделей були віднесені і розроблені: 1) модель оцінювання ризиків у проектах створення систем протипожежного захисту об'єктів; 2) модель життєвого циклу проектів ліквідації пожеж; 3) модель ініціації проектів ліквідації пожеж на основі оцінки ризиків. Крім цього, були розроблені методи: 1) метод оцінення ризиків дій у проектах ліквідації пожеж; 2) метод визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів міста із врахуванням ризиків; 3) метод кількісного оцінення ризиків у проектах ліквідації пожеж.

На завершальному етапі був розроблений практичний інструментарій ініціації проектів протипожежного захисту об'єктів та територій на основі оцінення ризиків. Для розв'язування цього питання були розроблені відповідні алгоритми та комп'ютерні програми. На завершальному етапі були розглянуті результати практичного використання розробленого інструментарію для ініціації проектів ліквідації пожеж, які підтвердили ефективність розроблених управлінських засобів.

Ключові слова: ризик, управління, проект, пожежа, ліквідація пожежі, об'єкт захисту, система протипожежного захисту, модель.

Васильєв Н.И. Модели и методы инициации проектов противопожарной защиты объектов на основе оценки рисков. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.22 - управление проектами и программами. - Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности. – Львов, 2019.

В диссертационной работе разработан метод управления проектом ликвидации пожара (ЛП) на объектах защиты, основанный на применении математической оптимизационной модели, базирующейся на использовании основных средств для ликвидации пожара, продолжительности времени свободного развития пожара, расстояния пожарного от фронта пожара, ущерба объекта от пожара, расходов пожарно-спасательных подразделений на ликвидацию пожара и идентификации рисков выполнения технологических операций процесса ликвидации пожара. Проект ЛП также учитывает систему противопожарной защиты объекта и идентификацию рисков отказа противопожарных средств этой системы. Установлено, что пожарный риск объекта защиты значительно влияет на возникновение рисков в процессе

локализации, тушения и конечного тушения пожара. Поэтому пожарный риск необходимо учитывать в управлении проектом ЛП.

Впервые разработаны метод и модели идентификации рисков отказа противопожарных средств в проекте создания системы противопожарной защиты для объекта (СПЗО), метод и модели идентификации рисков отказа технологических операций проекта ЛП, оптимизационные математические модели управления проектом СПЗО и проектом ЛП на основе управления риском.

В диссертационной работе были обоснованы методы и модели идентификации конфигурации проектов ЛП и СПЗО с использованием информационных технологий, позволяющих учитывать производственные, технические и организационные факторы для повышения эффективности ликвидации пожаров пожарно-спасательными подразделениями ГСЧС Украины.

Для решения оптимизационных математических моделей использовался метод Монте-Карло. Это дало возможность получать результат решения с вероятностью 0,93...0,97. Перед решением оптимизационных задач для управления проектами СПЗО и ЛП были разработаны блок-схемы алгоритмов и написаны программы на языках программирования C⁺⁺ и C# для работы в операционных системах Windows XP, Windows 7.

Был проведен анализ эффективности существующей системы ликвидации пожаров и обоснование путей ее реинжиниринга. Для этой цели использовалась компьютерная программа «Пожарный диспетчер». Виртуальная система «Пожарный диспетчер» определяет силы и средства пожаротушения для ликвидации пожаров на промышленных предприятиях. Входными данными системы является площадь пожара на период выявления. Кроме этого, указывается количество пожарных машин, находящихся на дежурстве, расстояние от пожарного депо до места вызова, период возникновения пожара (день или ночь) и площадь помещения, в котором возник пожар. Исходя из многочисленных результатов анализа можно констатировать, что функционирование существующего проекта ЛП требует усовершенствования за счет внедрения в практику пожаротушения усовершенствованного проекта ЛП.

Научные результаты, полученные в диссертации, дополняют тактические действия пожарно-спасательных подразделений в процессе ликвидации пожаров за счет возможности выполнения оперативной реакции на идентифицированные риски, возникающие на технологических операциях процесса тушения и тем самым значительно повышают (на 20 ... 30%) эффективность пожаротушения.

Ключевые слова: риск, управление, проект, пожар, ликвидация пожара, объект защиты, система противопожарной защиты, пожарный риск, модель.

Vasiliev M.I. Models and methods of initiation of projects of fire protection of objects on the basis of risk assessment. - Manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences in the specialty 05.13.22 - project and program management. - Lviv State University of Life Safety, Lviv, 2019.

In the dissertation, on the basis of the analysis of the state of the problem in the practice and the theory of project management of fire extinguishing systems, the purpose and objectives of the research were determined. The scientific-methodical bases of initiation of projects of creation of systems of fire protection of objects and elimination of fires taking into account risks are considered. In this case, certain signs of projects for the creation of systems of fire protection of objects and the elimination of fires and the interconnections between them are determined. The criteria for optimization of actions in fire fighting projects were set and the structure of initiation

processes of fire protection systems and firefighting projects was determined with an assessment of their risks. The peculiarities of system risk management in fire extinguishing systems projects are considered and the reactions to risks in projects of creation of systems of fire protection of objects protection and fire elimination are substantiated.

Appropriate models and methods have been developed to manage the risks in projects for the protection of objects and territories from fires. To such models were assigned and developed: 1) model of risk assessment in the projects of creation of systems of fire protection of objects; 2) life cycle model of firefighting projects; 3) model of initiation of firefighting projects based on risk assessment. In addition, methods have been developed: 1) a method for assessing the risks of actions in firefighting projects; 2) a method for determining the cost of funds for the material resources of projects for the creation of fire protection systems for the city's objects taking into account risks; 3) the method of quantitative risk assessment in firefighting projects.

At the final stage, a practical tool for initiating fire protection projects on objects and territories based on risk assessment was developed. Appropriate algorithms and computer programs were developed for solving this issue. At the final stage, the results of the practical use of the developed tools for initiating firefighting projects, which confirmed the effectiveness of the developed management tools, were considered.

Keywords: risk, management, project, fire, fire elimination, object of protection, fire protection system, model.

Підписано до друку 08.05.2019 р.
Друк різнограф
Наклад 100 прим.

Формат 60x80/16
Ум. друк. арк. 0,9
Зам. № 07/2019
