

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Васильєв Микита Ігорович

УДК 614.843(075.32)

ДИСЕРТАЦІЯ

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

05.13.22 – управління проектами і програмами

Подається на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



М.І. Васильєв

Науковий керівник

Мовчан Іван Олександрович
кандидат технічних наук, доцент

Львів – 2018

АНОТАЦІЯ

Васильєв М.І. Моделі та методи ініціації проектів протипожежного захисту об'єктів на основі оцінки ризиків. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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 розроблено метод управління проектом інжинірингу ліквідації пожежі (ЛП) на об'єктах захисту, який ґрунтується на застосуванні математичної оптимізаційної моделі та ідентифікації ризиків виконання основних дій цього проекту з використанням необхідних засобів для ліквідації пожежі, на зменшенні тривалості часу вільного розвитку пожежі, на встановленні небезпечної відстані пожежника від фронту пожежі, на зменшенні збитків об'єкта від пожежі і витрат пожежно-рятувальних підрозділів на ліквідацію пожежі. Проект інжинірингу ліквідації пожежі також враховує проект інжинірингу створення системи протипожежного захисту об'єкта (СПЗО) та ідентифікацію ризиків відмови протипожежних засобів цього проекту. Встановлено, що ризик проекту інжинірингу СПЗО значно впливає на виникнення ризиків в процесі локалізації, гасіння та кінцевого гасіння пожежі. Тому ризики проекту СПЗО необхідно враховувати в управлінні проектом інжинірингу ЛП. Наукові результати, отримані в дисертації, доповнюють методологію управління проектами та дозволяють підвищити ефективність управління проектами ЛП завдяки можливості оперативного реагування на ідентифіковані ризики, що виникають при виконанні дій за проектом інжинірингу ЛП і тим самим значно підвищують (на 20...30%) ефективність його продукту.

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

Vasiliev M.I. Models and methods of initiation of projects of fire protection of objects on the basis of risk assessment. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.22 - management of projects and programs. - Lviv State University of Life Safety, Lviv, 2019.

In the dissertation the method of management of the project of engineering of elimination of fire (EF) on objects of protection is developed, which is based on application of mathematical optimization model and identification of risks of implementation of the main actions of this project with the use of necessary means for fire liquidation, on the reduced duration of time of free fire development, on the established dangerous distance of the firefighter from the front of the fire, on reduced damage to the object from the fire and the cost of fire and rescue units to eliminate the fire. The fire design project also takes into account the project of engineering the creation of the system of fire protection of the object (SFPO) and identifying the risks of fire prevention of this project. It has been established that the risk of a project for the engineering of a SFPO significantly affects the occurrence of risks in the process of localization, extinguishing and the final extinguishing of a fire. It has been established that the risk of a project for the engineering of a SFPO significantly affects the occurrence of risks in the process of localization, extinguishing and the final extinguishing of a fire. Therefore, the risks of a SFPO project need to be taken into account in the management of the EF engineering project. The scientific results obtained in the dissertation complement the methodology of project management and allow to improve the efficiency of project management of LP due to the possibility of an operational response to identified risks arising from the implementation of the activities of the LP engineering project and thereby significantly increase (by 20 ... 30%). the effectiveness of its product.

Key words: risk management, governance, project engineering, fire, fire suppression, facility protection, fire protection system, model.

Список публікацій здобувача

Статті у 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.

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 наукових 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.

Матеріали науково-технічних конференцій

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. **Васильев 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. **Васильев 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.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	10
Вступ (актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, мета і задачі досліджень, об'єкт дослідження, предмет і методи дослідження, наукова новизна одержаних результатів, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів роботи, публікації, структура та обсяг роботи).....	11
Розділ 1. Аналіз стану питання в практиці та теорії управління проектами систем пожежогасіння	18
1.1. Сучасний стан систем пожежогасіння об'єктів та особливості управління їх проектами	18
1.2. Тенденції використання проектно-орієнтовного управління у системах пожежогасіння	27
1.3. Аналіз науково-методичних обґрунтувань складових проектів ліквідації пожеж	31
1.4. Аналіз методів та моделей управління ризиками у проектах та можливості використання їх у системах пожежогасіння.....	37
1.5. Висновки.....	46
Розділ 2. Науково-методичні основи ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів та ліквідації пожеж із врахуванням ризиків	48
2.1. Ознаки проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж та взаємозв'язки між ними	48
2.2. Критерії оптимізації дій у проектах ліквідації пожеж.....	52
2.3. Структура процесів ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж із оцінкою їх ризиків	55
2.4. Особливості системного управління ризиками у проектах систем пожежогасіння.....	60
2.5. Обґрунтування реакцій на ризики у проектах створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж.....	63
2.6. Висновки.....	68

Розділ 3. Моделі та методи управління ризиками у проектах захисту об'єктів та територій від пожеж	70
3.1. Модель життєвого циклу проектів ліквідації пожеж.....	70
3.2. Модель оцінювання ризиків у проектах створення систем протипожежного захисту об'єктів	73
3.3. Модель ініціації проектів ліквідації пожеж на основі оцінки ризиків.....	83
3.4. Метод оцінення ризиків дій у проектах ліквідації пожеж	90
3.5. Метод визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів міста із врахуванням ризиків	94
3.6. Метод кількісного оцінення ризиків у проектах ліквідації пожеж.....	103
3.7. Висновки.....	107
Розділ 4. Практичний інструментарій ініціації проектів протипожежного захисту об'єктів та територій на основі оцінення ризиків.....	109
4.1. Алгоритм та комп'ютерна програма ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів на основі оцінки ризиків.....	109
4.2. Алгоритм та комп'ютерна програма визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів міста із врахуванням ризиків.....	119
4.3. Інструментарій обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ліквідації пожеж із оцінкою ризиків.....	121
4.4. Результати практичного використання розробленого інструментарію для ініціації проектів ліквідації пожеж.....	131
4.5. Висновки.....	137
Висновки.....	139
Список використаних джерел.....	142
Додатки.....	160

Додаток А – Результати оптимізації дій у проектах ЛП	160
Додаток Б – Результати оцінення ризиків технічних ресурсів проектів ЛП	167
Додаток В – Результати оцінення ризиків дій у проектах СПЗО.....	170
Додаток Д – Результати обґрунтування взаємозв’язків між ризиками проектів СПЗО та ЛП.....	172
Додаток Е – Акти впровадження.....	176

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- СПЗО – проект створення системи протипожежного захисту об'єкта;
- ЛП – проект ліквідації пожежі;
- РППЗ – регіональна програма протипожежного захисту;
- КГП – менеджер проекту ліквідації пожежі (керівник гасіння пожежі);
- ВП – учасники проекту (відділення пожежників – 4 пожежники);
- ПРП – пожежно-рятувальний підрозділ;
- СА – прилад для гасіння пожежі типу А (пожежний ствол типу А);
- СБ – прилад для гасіння пожежі типу Б (пожежний ствол типу Б);
- АЦ – пожежна автоцистерна;
- ПАС – пожежний автомобіль спеціальний;
- ПКП - приймально-контрольний пристрій пожежної сигналізації;
- ПС - пожежний сповіщувач;
- ЗПО - звуковий пожежний оповіщувач;
- СПЗ - система протидимного захисту;
- ЕД – евакуаційні двері;
- τ – тривалість робіт проекту, його фаз або дій з відповідним індексом;
- V_o – збитки об'єкта від пожежі;
- V_n – витрати пожежників на ліквідацію пожежі;
- S_{II} – площа пожежі.

ВСТУП

Актуальність теми. Аналіз статистичних даних УкрНДЦЗ [2] свідчить про те, що з-поміж усіх видів надзвичайних ситуацій, найбільшою загрозою для життя людей та втрати 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'язаними 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.

Існуючі методології та міжнародні стандарти управління програмами не враховують як особливостей реалізації проектів СПЗО і ЛП, так і ризику їх специфічних складових, які взаємозв'язані 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. Окрім 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 – підвищення якості 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 ЛДУБЖД у рамках держбюджетних робіт, в яких автор брав участь як виконавець. «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 основ, 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, часом, цінністю та ресурсами проектів СПЗО і ЛП.

Предметом дослідження є моделі, методи та практичні інструментальні засоби ініціації проектів СПЗО і ЛП, ймовірний характер їх складових і залежність від характеристик проектного середовища.

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, методи математичної статистики для отримання емпіричних залежностей показників складових проектів, метод Монте-Карло для розв'язання оптимізаційних задач щодо узгодження дій та ресурсів із ризиками, інформаційні системи для підтримки прийняття управлінських рішень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні моделей і методів ініціації проектів СПЗО і ЛП з врахуванням 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 СПЗО, яка враховує стан об'єкта захисту та особливості виконання робіт у цих проектах, що забезпечує виконання кількісної оцінки ризиків за трирівневим розподілом ймовірностей та врахування екологічного ризику для підвищення цінності проектів;

– модель ініціації проектів ЛП на основі оцінки ризиків, яка 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;

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

➤ ***удосконалено:***

– модель життєвого циклу проектів ЛП, яка передбачає розбивку 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 визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО 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 сформулювати ефективний їх бюджет;

➤ ***набули подальшого розвитку***

– методологія управління проектами систем пожежогасіння, 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, уможливорює 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 і 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.). Отримані результати досліджень дозволили 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. Усі наукові положення, розробки і результати, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно та належать до галузі управління проектами та програмами. Конкретний внесок здобувача в опублікованих наукових роботах, що виконані у співавторстві, полягає у такому: проаналізовано стан питання в практиці та теорії [2; 30]; розроблені науково-методичні засади, виконана математична обробка результатів та вибрано критерій оптимізації [90]; розроблена математична модель і блок-схема алгоритму, складена комп'ютерна програма для оцінення ризиків проектів СПЗО та ЛП [92]; розроблена математична модель та виконана ідентифікація ризиків у проектах ЛП [2; 29]; розроблено модель ініціації проектів ЛП на основі оцінки ризиків [26; 31]; обґрунтовано ознаки

проектів СПЗО і ЛП, розкрито взаємозв'язки між ними із врахуванням ризиків [83]; розроблені моделі оцінювання ризиків у проектах ЛП [30; 31; 85]; розроблено метод визначення витрат коштів на матеріальні ресурси у проектах СПЗО міста [84].

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 (Львів, ЛДУ БЖД); IV Міжнародній науково-практичній конференції магістрів, аспірантів та науковців з управління проектами 13-14 грудня 2013 (м. Одеса, Одеська державна академія будівництва та архітектури); V Міжнародній науково-практичній конференції магістрів, аспірантів та науковців з управління 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 МЧС 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.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ПРАКТИЦІ ТА ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ СИСТЕМ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

1.1. Сучасний стан систем пожежогасіння об'єктів та особливості управління їх проектами

Виконаний УкрНДЦЗ моніторинг стану систем пожежогасіння на об'єктах в Україні свідчить про те, що існує тенденція до зростання кількості пожеж у порівнянні з минулими роками за всіма групами об'єктів. Наприклад, впродовж 2017 року в Україні зареєстровано 83116 пожеж. При цьому, у порівнянні з 2016 роком, кількість пожеж збільшилась на 12,0 %, прямих матеріальних збитків на 25,3 %, побічних – на 64,4 %. Водночас, матеріальні втрати від пожеж становили 7 млрд 860 млн 225 тис. грн (з них прямі матеріальні збитки становлять 2 млрд 38 млн 653 тис. грн, а побічні – 5 млрд 821 млн 572 тис. грн). Враховуючи тільки прямі збитки від пожеж, можна констатувати, що середньостатистичні збитки по Україні на одну пожежу становлять 18325 грн, а з урахуванням побічних збитків – 71329 грн [2].

Зменшення збитків від пожеж, в першу чергу, залежить від активної профілактичної роботи служб ДСНС України серед різних об'єктів країни, а також у значній мірі від ефективності реалізації проектів створення систем протипожежного захисту (СПЗО) та проектів ліквідації пожеж (ЛП). Тому, згідно із рекомендаціями С.Д. Бушуєва [21, 22] та на підставі використання керівництва РМВОК [117], розглянемо існуючі проекти з позицій проектного менеджменту. Зазначені проекти мають системні взаємозв'язки, оскільки ефективність реалізації проектів ЛП зумовлюється цінністю продукту проектів СПЗО.

В основі реалізації проектів ЛП лежить регіональна програма дій під час ліквідації пожеж [124]. Вона регламентує дії учасників проектів ЛП, до

яких належать відповідні служби об'єкта, на якому виникають пожежі, а також спеціалізовані пожежно-рятувальні підрозділи, що забезпечують ліквідацію пожеж. Аналіз цієї програми дав можливість виділити два види проектів – СПЗО та ЛП, які слід реалізовувати на окремих об'єктах. Зазначені проекти взаємопов'язані, а управління ними слід здійснювати системно для зростання синергії та забезпечення високого ступеня керованості. Реалізація одного із проектів СПЗО або ж ЛП, на окремих об'єктах не дає відчутного результату, у той час як системна їх реалізація забезпечує отримання максимальної цінності їх продуктів (створення ефективних систем протипожежного захисту та ліквідація пожеж з мінімальними втратами та витратами ресурсів).

Розглянемо сучасний стан та особливості управління проектами СПЗО і ЛП на окремих об'єктах. Продуктом проектів СПЗО, які уже зазначалося, є ефективна система протипожежного захисту об'єкта. Ця система є багатокомпонентною і до неї належать (рис. 1.1): 1) ПКП пожежної сигналізації; 2) комбіновані ПС; 3) ЗПО; 4) СПЗ (систему димо- та тепловидалення з механізмом відкриття); 5) ЕД з системою їх автоматичного відкриття; 6) систему автоматичного пожежогасіння для об'єктів з умовною висотою понад 100 м.

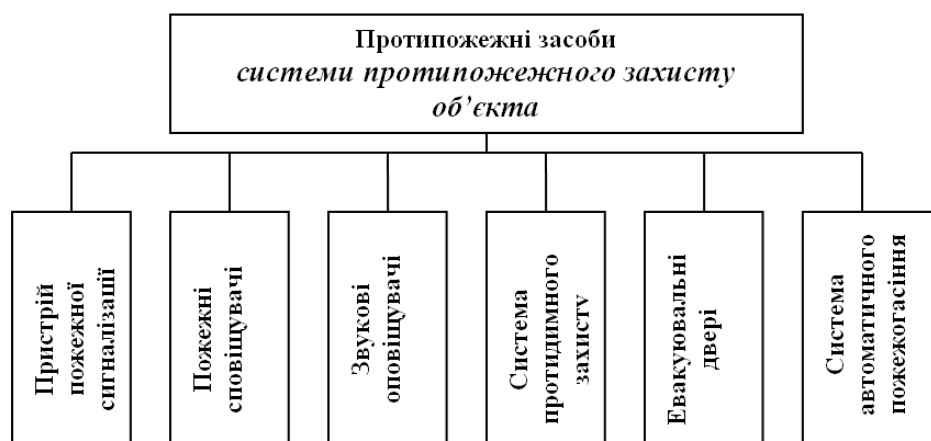


Рисунок 1.1 – Структура продукту проектів СПЗО

Загальна кількість протипожежних засобів для об'єкта регламентується ДБН В.2.5-56:2015 [61]. Наприклад, один сповіщувач повинен контролювати

площу 49 м², а пожежний оповіщувач – 72 м². Один димоприймальний пристрій обслуговує площу 900 м². Згідно із додатком А (обов'язковий) ДБН В.2.5-56:2015, протипожежними засобами повинні обладнуватися житлові будинки, гуртожитки, будинки готелів, будинки адміністративно-офісного призначення тощо. Безумовно, для кожного з наведених об'єктів встановлюються додаткові вимоги до обладнання їх протипожежними засобами.

Структура продукту проектів СПЗО у значній мірі впливає на реалізацію проектів ЛП, а також на цінність їх продукту – ліквідація пожеж втратами людей, матеріальних та природних цінностей, а також витрат ресурсів на їх ліквідацію. Окрім того, продукт проектів СПЗО впливає на вид та тривалість виконання робіт у проектах ЛП, які є визначальними у формуванні цінності їх продукту. Наприклад, тривалість з моменту виникнення до виявлення пожежі без використання системи протипожежної сигналізації становить 6...9 хв, а за її наявності – 1...2 хв. Тривалість з моменту виявлення пожежі до сповіщення про неї в пожежно-рятувальний підрозділ за відсутності системи протипожежного захисту становить 3...5 хв, а за її наявності – 1...2 хв [121].

Аналіз стану предметної галузі (функціонування систем пожежогасіння) вказує на те, що на більшості об'єктів системи виявлення і сповіщення про пожежу не працюють. Особливо це небезпечно у житловому секторі, адже загрожує життю та здоров'ю людей. Окрім того, за умови зростання відстані від пожежного депо до об'єкта захисту до $L = 3$ км, отримуємо такі показники [48]:

– прогнозовану тривалість вільного горіння за відсутності на об'єкті засобів протипожежного захисту $\tau_{в,г} = 33,9$ хв;

– прогнозовану тривалість вільного горіння за відсутності на об'єкті приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації та пожежних сповіщувачів $\tau_{в,г} = 25,9$ хв;

– прогнозовану тривалість вільного горіння за наявності на об'єкті необхідних засобів протипожежного захисту $\tau_{в.з} = 23,9$ хв.

Результати аналізу сумарних збитків від пожеж показали, що, наприклад, при переході від об'єкта, який обладнаний необхідними засобами протипожежного захисту, до об'єкта, на якому вони відсутні, сумарні збитки в середньому збільшуються в 2,2 рази. Це вказує на те, що обладнання об'єкта протипожежними засобами в значній мірі впливає на сумарні збитки від пожеж.

Під час реалізації проектів ЛП слід обґрунтовувати його структуру із врахуванням основних положень нормативного документа «Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту» [124]. У цьому документі розглядають етапи, які пов'язані з організацією і проведенням робіт щодо гасіння пожеж та пожежно-рятувальних робіт (оперативні дії підрозділів). До оперативних дій, які є складовими WBS – структури проектів ЛП належать:

- збір, виїзд за сигналом «Тривога» та прямування до місця пожежі;
- розвідка пожежі;
- рятування людей та майна на пожежі;
- оперативне розгортання;
- гасіння пожежі;
- виконання спеціальних робіт;
- згортання сил і засобів;
- повернення до місця постійної дислокації.

Збір, виїзд по тривозі та прямування до місця пожежі включає в себе: збір особового складу за сигналом «Тривога», виїзд та прибуття його на пожежних автомобілях або інших транспортних засобах до місця пожежі.

Розвідка пожежі ведеться безперервно з моменту отримання повідомлення про неї до її ліквідування з метою збору відомостей про пожежу для оцінки обстановки та прийняття рішень щодо організації оперативних дій.

Рятувальні роботи організуються і проводяться за умови що:

- є загроза людям від небезпечних факторів пожежі;
- люди не можуть самостійно залишити небезпечні місця;
- є загроза поширення вогню і диму шляхами евакуації;
- передбачається застосування небезпечних для життя людей

вогнегасних речовин і сполук.

Оперативне розгортання сил та засобів проводиться після прибуття підрозділу на пожежу одночасно з розвідкою. Воно не повинно затримувати проведення робіт з рятування та евакуації людей.

Гасіння пожежі – це дії, спрямовані на припинення горіння в осередку пожежі, обмеження впливу небезпечних чинників пожежі та усунення умов для її самочинного повторного виникання.

Виконання спеціальних робіт проводиться у разі високої температури, сильної концентрації диму, токсичних газів у приміщеннях, що горять, та суміжних з ними, і полягає у заході з видалення диму і газів з приміщень та зниження температури.

Згортання сил і засобів та повернення до місця постійної дислокації проводиться після ліквідації пожежі або скорочення обсягу робіт на пожежі після відповідного розпорядження керівника гасіння пожежі.

Окрім того, під час реалізації проектів ЛП слід керуватися нормативним документом «Нормативи по пожежно-стройовій підготовці» [99], в якому регламентовано тривалості отримання та опрацювання сповіщення про пожежу та час збору особового складу. Крім цього, в роботі [15] наведені рекомендації із встановлення часу з моменту виникнення до моменту виявлення пожежі, з моменту виявлення пожежі до моменту сповіщення про неї, а також час оперативного розгортання.

Першочерговими роботами у проектах ЛП, які виконуються пожежно-рятувальними підрозділами, є рятування людей і майна від пожеж. У роботі [51] розглянуто питання визначення імовірності евакуації людей $P_{e.n.i}$ евакуаційними шляхами в зоні виникнення пожежі

$$P_{e.n.i} = \frac{0,8\tau_{к.i} - \tau_{e.i}}{\tau_{n.e.i}}, \quad (1.1)$$

де $\tau_{к.i}$ – критичний час пожежі в i -й зоні, хв;

$\tau_{e.i}$ – час евакуації з i -ої зони, хв;

$\tau_{n.e.i}$ – час від початку пожежі до початку евакуації з i -ої зони, хв.

Під час визначення імовірності евакуації людей $P_{e.n.i}$ необхідно враховувати вимоги положення [82], зокрема:

1) у випадку, коли $\tau_{e.i} < 0,8 \cdot \tau_{к.i} < \tau_{e.i} + \tau_{n.e.i}$, то $P_{e.n.i}$ визначають за залежністю (1.1);

2) у випадку, коли $\tau_{e.i} + \tau_{n.e.i} \leq 0,8 \cdot \tau_{к.i}$, то $P_{e.n.i} = 0,999$;

3) у випадку, коли $\tau_{e.i} \geq 0,8 \cdot \tau_{к.i}$, то $P_{e.n.i} = 0$.

Основою ефективності реалізації проектів ЛП є тривалість виконання робіт із ліквідації пожеж. З цього напрямку виконано багато різних наукових і прикладних робіт [14, 38, 69, 102], які дозволяють прогнозувати тривалість ліквідації пожеж. Зокрема, у роботі [69] наведено розрахункові значення тривалості гасіння пожеж в житлових, адміністративних та інших будівлях, а також на об'єктах зберігання нафти і нафтопродуктів, в кабельних тунелях тощо. Результати роботи [14] дають змогу визначати значення тривалості ліквідації пожежі з урахуванням ризику її гасіння. В роботах [38, 102] наведено теоретичні моделі для визначення часу локалізації пожежі. Наприклад, в роботі [38] отримано залежність для визначення часу локалізації $\tau_{лок}$ пожежі (хв)

$$\tau_{лок} = \frac{6,39S_{лок}^{0,893}}{2N_A + N_B^r} K_I K_d, \quad (1.2)$$

де $S_{лок}$ – площа локалізації, м²;

K_I – коефіцієнт, який враховує інтенсивність подання I_n^r (л/м²с) в осередок пожежі вогнегасної речовини;

K_d – коефіцієнт, який враховує вплив діаметра насадки d (мм) ствола;

N_A – кількість стволів A для гасіння пожежі;

N_B^r – кількість стволів B для гасіння пожежі.

В роботі [156] визначено тривалість τ_z (хв) гасіння пожежі залежно від площі пожежі S_{II} , площі локалізації $S_{лок}$ та часу локалізації

$$\tau_z = \tau_{лок} \left(\frac{S_{II}}{S_{лок}} - 1 \right). \quad (1.3)$$

Тривалість $\tau_{к.з}$ (хв) кінцевого гасіння пожежі (кінцева ліквідація спалахів після гасіння) визначається за залежністю

$$\tau_{к.з} = 0,25(\tau_{лок} + \tau_z). \quad (1.4)$$

На підставі залежностей (1.2), (1.3) і (1.4) можна визначити загальну тривалість τ_l ліквідації пожежі

$$\tau_l = \tau_{лок} + \tau_z + \tau_{к.з}. \quad (1.5)$$

Основою ефективності реалізації проектів ЛП є їх тривалість, яка залежить від наявних ресурсів та стану об'єкта горіння. Важливими ресурсними показниками під час реалізації проектів ЛП є наявність сил і засобів для ліквідації пожеж. Окрім того, основними засобами для ліквідації пожеж є пожежні стволи, які за допомогою пожежних рукавів під'єднуються до відцентрових насосів пожежних автоцистерн типу АЦ. Для гасіння пожежі використовують стволи типу А (СА) і типу Б (СБ) [156]. Відповідно кількість відділень ВП для ліквідації пожежі визначають за залежністю [156]

$$ВП = 0,25(2СА + СБ + 0,17N_{\Sigma} + 2), \quad (1.6)$$

де 0,25 – коефіцієнт, який враховує середню чисельність особового складу для гасіння пожежі (4 чоловіка) одного відділення;

$2СА$ – кількість особового складу для обслуговування одного ствола А;

N_{Σ} – сумарна кількість стволів СА і СБ;

0,17 – коефіцієнт, який враховує кількість особового складу для допомоги водію встановлювати пожежні автомобілі на вододжерело, спостерігати за магістральними лініями, працювати на розгалуженнях тощо;

2 – кількість особового складу, яка зайнята на постах безпеки та зв'язку.

Кількість пожежних автоцистерн повинна дорівнювати кількості відділень, тобто $AC = BP$. В свою чергу кількість пожежних автомобілів для ліквідації пожежі залежить від об'єкта, на якому виникла пожежа, і відповідно від номера виклику [69]. Такий підхід безумовно на сьогодні є оправданим, але залежним від суб'єктивних оцінок керівника гасіння пожежі.

Розглянувши виконання робіт у проектах ЛП можна зауважити, що сьогодні розроблена значна кількість рекомендацій щодо їх узгодження. Але в більшості випадків ефективність виконання робіт у проектах ЛП залежить від навичок і вмінь проектних менеджерів.

Важливою складовою проектів ЛП, яка впливає на їх цінність є тривалість вільного розвитку пожежі та площа пожежі. Вони зумовлюються тривалістю доставки пожежно-рятувального підрозділу від пожежного депо до місця виклику. Ця тривалість визначається за залежністю [50]

$$\tau_{сл.j} = \frac{60L_j}{v_a} + T_j, \quad (1.7)$$

де L_j – довжина шляху слідування, км;

v_a – швидкість руху пожежного автомобіля, км/год;

T_j – сумарний час затримки, хв.

Тривалість виконання робіт у проектах ЛП окремого об'єкта значною мірою впливає на цінність їх продукту, яка обумовлена тривалістю вільного розвитку пожежі, від якого залежить площа пожежі, забруднення навколишнього середовища та матеріальні збитки. Особливо це стосується екологічної складової цінності проектів ЛП.

У процесі пожежі в зовнішнє середовище виділяється значна кількість токсичних речовин і диму, які порушують його екологію. Відомо, що екологічна безпека – стан захищеності довкілля і життєво важливих інтересів

людини і громадянина від можливої негативної дії господарської і іншої діяльності і погроз виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру та їх наслідків.

Екологічна безпека реалізується на глобальному, регіональному і локальному рівнях. Локальний рівень включає міста, райони, підприємства металургії, хімічної, нафтопереробної, гірничодобувної промисловостей та інших. Стосовно локального рівня, то реалізовано багато проектів і програм, які дозволяють на певному рівні забезпечувати екологічну безпеку. В цьому напрямку виконано багато робіт, результати яких на сучасному етапі до деякої міри дозволяють підвищувати ефективність захисту від забруднення навколишнього середовища. Цими роботами займалися відомі вчені: А.Л. Большеротов, В.І. Коробкін, Л.В. Передельский, Є.О. Лобанова, І.І. Мазур, О.І. Молдаванов, М.Г.Рибальский, Т.А. Хоружая, А.Г. Шмаль та багато інших.

Одними з перших робіт, які були присвячені впливу пожеж на екологію навколишнього середовища є [37, 47]. У роботі [47] отримана аналітична модель, яка дозволяє адекватно оцінити викиди токсичних речовин в атмосферу під час пожежі в приміщенні, і оптимізаційна модель для зменшення кількості викидів цих речовин.

У роботі [37] розроблена методологія визначення кількісного показника екологічного забруднення токсичними продуктами згорання навколишнього природного середовища від пожеж на об'єктах зберігання нафти та нафтопродуктів з урахуванням погодних умов і середовища просторового поширення.

Аналізуючи результати робіт [37, 47] можна зробити висновок, що їх результати можна частково використати для розроблення інструментарію управління проектами ЛП. Зокрема, це стосується визначення екологічної складової цінності проектів ЛП.

Результати аналізу сучасного стану систем пожежогашіння об'єктів та особливостей управління проектами СПЗО і ЛП, які скеровані на створення

максимальної цінності для стейкхолдерів і забезпечують умови ліквідації пожеж та екологічну безпеку, дозволили зробити такі висновки:

- реалізація проектів СПЗО і ЛП здійснюється без використання інформаційних систем підтримки прийняття рішень, що зумовлює зниження ефективності та оперативності прийняття управління ними;
- результативність проектів СПЗО і ЛП значною мірою залежить від знань та наявності інструментарію управління у проектних менеджерів;
- існує потреба розроблення та виростання для управління проектами СПЗО і ЛП інформаційних систем підтримки прийняття рішень;
- структура продукту проектів СПЗО зумовлює ефективність виконання робіт у проектах ЛП;
- ефективність виконання робіт у проектах ЛП зумовлює цінність їх продукту;
- цінність проектів ЛП оцінюється показниками тривалості вільного розвитку пожежі, що зумовлює зростання площі пожежі, обсягом викидів токсичних речовин в навколишнє середовище, тобто екологічною їх складовою;
- для підвищення ефективності проектів ЛП слід зменшувати тривалості виконання робіт у ньому, а саме збір та прямування до місця пожежі; оперативне розгортання та ліквідація пожежі, що у свою чергу впливає на вид та потребу ресурсів;
- на жаль не передбачається у проектах ЛП виконання робіт щодо зростання екологічної складової їх цінності.

1.2. Тенденції використання проектно-орієнтовного управління у системах пожежогасіння

Міжнародні стандарти і методології управління проектами ґрунтуються на застосуванні різних управлінських підходів, які скеровані на

узгодження взаємопов'язаних дій, що виконуються для досягнення попередньо визначених результатів [21, 154].

У стандартах із управління проектами, які розроблені IPMA, UPMA та PMI [117], а також у міжнародних стандартах PRINCE2, P2M, PMBoK, ISO 21500 і наукових працях вітчизняних авторів, до основних груп процесів управління проектами відносять [4, 21, 109, 132, 154]:

- процеси ініціації, тобто є прийняття рішення про початок виконання проекту або фази його життєвого циклу;
- процес планування, тобто визначення цілей проекту і розробка послідовності дій для їх успішного досягнення;
- процеси виконання, тобто координація людських, матеріальних, фінансових і часових ресурсів для виконання плану проекту;
- процеси контролю, тобто визначення стану розвитку проекту, відповідно до плану і результатів його виконання, здійснення за необхідності коректувальних дій;
- процеси завершення, тобто формалізація прийняття результатів проекту або успішно закінченої його фази.

При цьому, вагоме місце відводиться процесам ініціації, які стосуються прийняття управлінських рішень щодо особливостей виконання ЛП, або окремих фаз їх життєвого циклу із врахуванням ризиків.

Розглянемо проектну-орієнтовану діяльність пожежно-рятувальних підрозділів, яка спрямована на реалізацію проектів ЛП з максимально можливою ефективністю їх виконання та цінністю. При цьому, кожен із проектів ЛП має свої специфічні обмеження за часом, ресурсами, а також якістю кінцевих результатів проекту – продукту.

Відомо, що усі дії, які необхідні на створення продукту проектів ЛП, та управлінські дії, що спрямовані на його виконання, трактуються як проектні дії. У японському стандарті P2M із проектного менеджменту підкреслюється особлива риса проектних дій – «ті, що створюють цінність проекту» [119].

Вагомий внесок у теорію управління проектами різних предметних галузей зробили вітчизняні вчені Бушуєв С. Д. [18; 19], Бушуєва Н. С. [20], Гогунський В.Д. [41; 39; 40], Кошкін К.В. [45; 138], Рач В. А. [115], Тесля Ю. М. [129], Чернов С.К. [143; 144], Чумаченко І.В. [146; 147], Кононенко І.В. [75], а також їх учні. Однак їх використати для ініціації СПЗО та ЛП неможливо через те, що у них не враховуються ризики специфічного проектного середовища та особливості реалізації зазначених проектів.

У роботах академіка О.В. Сидорчука [100; 122; 125; 137] та його учнів А.М. Тригуби [100; 130; 137], Р.Т. Ратушного [114; 130], О.І. Башинського [8], В.В. Бондаренка [12] та В. Б. Завера [67] розроблено інструментарій для управління проектами розвитку систем пожежогасіння. Однак, лише одна із цих робіт стосується [8] управління ризиками проектів ремонту пожежних автомобілів.

Також на особливу увагу заслуговують роботи, які виконані професорами Раком Ю.П. [110; 111], Зачком О.Б. [68] та їх учнями [42; 74]. У цих роботах розроблено методи та моделі управління проектами у сфері цивільного захисту. Однак, переважно зазначені роботи стосуються управління безпекою у проектах на стадії планування. Отже, їх неможливо використати для ініціації проектів СПЗО та ЛП, що потребує використання специфічного інструментарію на основі кількісного оцінення ризику.

Відомо, що проектно-орієнтоване управління являє собою управлінський підхід, який забезпечує розгляд окремої пожежі, як проекту, що реалізовується із ознаками унікальності, неповторності, тимчасовості та з обмеженими ресурсами. Під час проектно-орієнтованого управління використовують усі принципи, методи, моделі та засоби управління проектами. Проаналізуємо основні відмінності між операційним та проектно-орієнтованим управлінням у системах пожежогасіння (табл. 1).

На підставі представленої порівняльної таблиці 1.1 можна сказати, що проектно-орієнтоване управління передбачає розгляд окремої пожежі, як

унікальну і неповторну подію, що потребує використання специфічних ресурсів.

Таблиця 1.1 – Основні відмінності між операційним та проектно-орієнтованим управлінням у системах пожежогасіння

Ознака	Вид управління	
	операційне	проектно-орієнтоване
Об'єкт управління	виробничі процеси	проект
Суб'єкт управління	керівник структурного підрозділу	проектний менеджер
Вид діяльності	така, що постійно повторюється	одноразова
Тривалість діяльності	не обмежена в часі	обмежена в часі
Середовище (об'єкт горіння і його стан)	приймається за шаблоном	вважається унікальним і неповторним
Задачі, що вирішуються	однотипні	унікальні, що не мають аналогів
Використання ресурсів	низьке	високе
Критерії оцінювання	економічність	цінність, ефективність

Для прийняття управлінських рішень щодо дій відносно ліквідації пожежі слід використовувати інструментарій, що враховує її характеристики, територіальне розташування відносно пожежно-рятувальних підрозділів та масштаби на час отримання повідомлення про неї. Розгляд окремих пожеж із позицій проектно-орієнтованого управління дає можливість знизити не тільки економічні витрати на її ліквідацію, але і забезпечити ефективність реалізації проектів завдяки узгодженню наявних ресурсів та примножити цінність для стейкхолдерів.

Відомо, що життєвий цикл проектів складається із окремих фаз, які між собою пов'язані результатами та продуктом їх виконання [117]. Межі кожної

із фаз окреслюються блоками виконаних робіт, а також особливими управлінськими аспектами.

Під час реалізації проектів у окремих предметних галузях важливою управлінською задачею є узгодити взаємозв'язки між діями та організаційною структурою проектів (рис. 1.2).

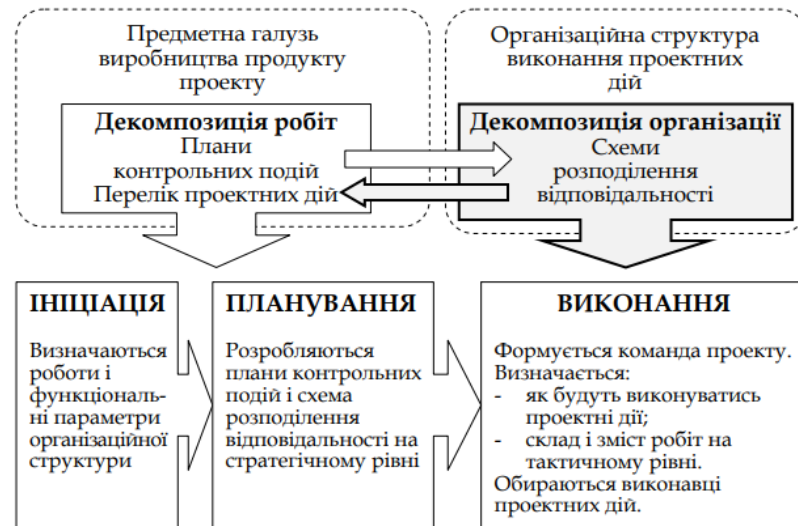


Рисунок 1.2 – Взаємозв'язки між проектними діями та організаційною структурою проектів [136]

При цьому важливим етапом життєвого циклу проектів є їх ініціація, яка передбачає виконання дій щодо прийняття управлінських рішень відносно виконуваних робіт, ресурсів для їх виконання та обґрунтування функціональних параметрів організаційної структури. Стосовно проектів ЛП, то перелік робіт, що виконуються в них, подано у п. 1.1, а їх узгодження як між собою, так із наявними ресурсами вимагає використання специфічного управлінського інструментарію. Цей інструментарій повинен враховувати як стохастичне проектне середовище, так і забезпечувати оперативність прийняття рішень завдяки використанню інформаційних технологій.

1.3. Аналіз науково-методичних обґрунтувань складових проектів ліквідації пожеж

З метою виконання аналізу науково-методичних обґрунтувань складових

проектів ЛП, насамперед означимо його основні віхи, які подано на рис. 1.3. До них належать: збір та виїзд за сигналом «Тривога»; прямування до місця пожежі; рятування людей та майна на пожежі; оперативне розгортання а також гасіння пожежі.

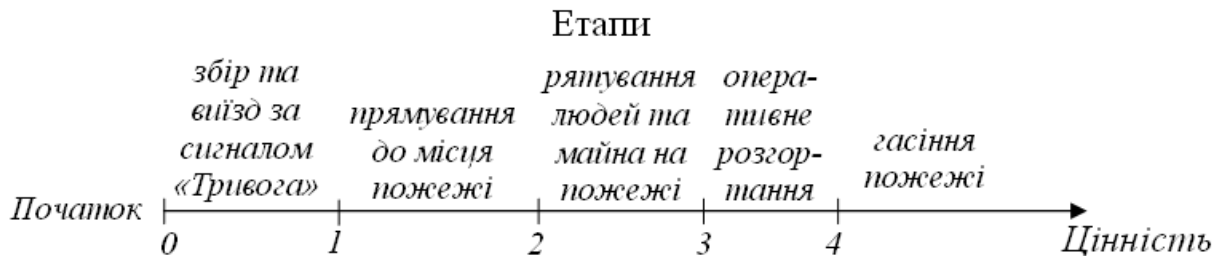


Рисунок 1.3 – Основні віхи проектів ЛП

Час настання та тривалість першої та другої віхи проектів ЛП значною мірою зумовлюють тривалість вільного розвитку пожежі, яка також включає тривалість часу прямування пожежного підрозділу від пожежного депо до місця пожежі. У цьому напрямку вже виконані певні науково-дослідні роботи. Зокрема, в роботі [50] розроблено методологію вибору оптимального маршруту руху пожежної техніки пожежно-рятувального підрозділу від пожежного депо до місця виклику, яка дозволяє скоротити час слідування і відповідно зменшити тривалість вільного розвитку пожежі на 2,5...5 хв. Розв'язують цю задачу за допомогою графічної моделі, що забезпечує легке визначення кількості можливих варіантів слідування пожежно-рятувального підрозділу від пожежного депо до місця виклику.

У роботі [47] розроблена автоматизована інформаційна система визначення маршруту руху пожежної техніки від пожежного депо до місця виклику, блок-схему алгоритму якої представлено на рис. 1.4. Використання цієї інформаційної системи дозволило для умов м. Львова зменшити тривалість слідування від пожежного депо № 1 до крайньої точки обслуговування на 5 хв, а також зменшити завдяки використанню цієї

системи концентрацію викидів шкідливих речовин в повітрі на 8% та зменшити економічні збитки від цього на 53 млн. 85 тис. грн на рік.

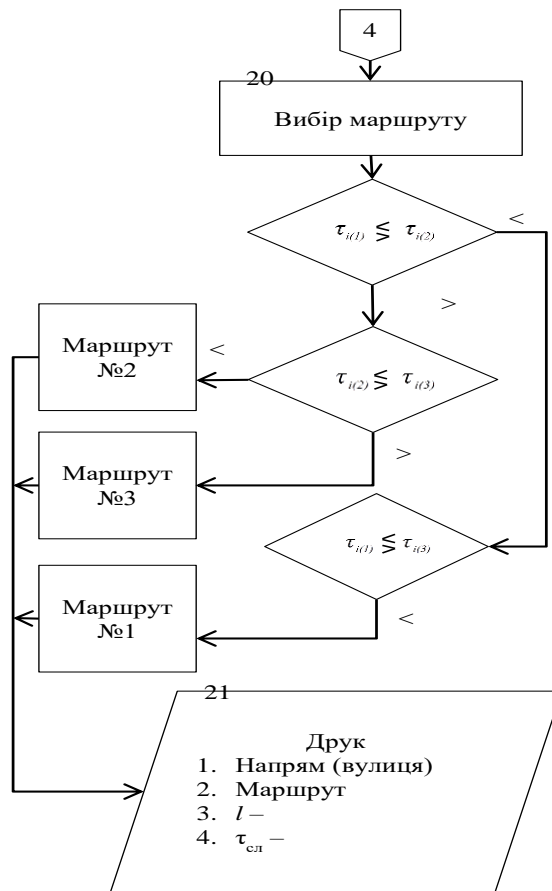


Рисунок 1.4 – Блок-схема алгоритму вибору оптимального маршруту руху пожежно-рятувального підрозділу

Новаторська пропозиція для зменшення тривалості етапів та часу настання перших віх проектів ЛП запропонована у роботі [102]. Автор цієї роботи запропонував конструкцію мобільного пожежно-рятувального модуля (МПРМ) для швидкого реагування на виклик про пожежу. До складу МПРМ входить квадроцикл і причіп із пожежним спорядженням, який може за необхідності проїжджати по тротуарах на шляху слідування. Встановлено, що залежно від часу доби та відстані до місця виникнення пожежі швидкість руху МПРМ по місту є більшою за швидкість руху пожежних автоцистерн АЦ-40(130)63Б на 41...49%, а використання МПРМ дає змогу зменшити тривалість вільного розвитку пожежі.

Для зменшення часу прямування до місця пожежі в роботі [38] було здійснено оптимізацію площі району обслуговування відповідним пожежно-рятувальним підрозділом. Згідно із ДБН 360-92* [60], радіус обслуговування має знаходитися в межах 3 км. Результати оптимізації площі району обслуговування показали, що середній час слідування до точки R_{\max} району обслуговування зменшується. В цьому випадку середній час слідування становить приблизно 5...7 хв. Безумовно, змінити всі границі районів обслуговування практично неможливо, що пояснюється архітектурно-рельєфним плануванням міста, але виконана оптимізація існуючих границь обслуговування дозволяє значно зменшити час слідування та тривалість вільного розвитку пожежі.

З метою визначення тривалості етапів та часу настання наступної віхи проектів ЛП, яка стосується рятування людей та майна на пожежі, у роботі [51] наведені пропозиції, які забезпечують знизити ризик незахищеності людей в межах допустимого значення. Середнє значення постраждалих N_i в зоні виникнення пожежі від її небезпечних факторів визначали за залежністю

$$N_i = \sum_{i=1}^I P_i n_i, \quad (1.8)$$

де P_i – умовна імовірність ураження людини, яка перебуває в i -ій зоні, небезпечними факторами пожежі; n_i – середня кількість людей, яка знаходиться в i -ій зоні; I – загальна кількість зон, в яких виникла пожежа.

Для визначення P_i необхідно знати можливу імовірність евакуації $P_{e.i}$ людей з i -ої зони дії небезпечних факторів пожежі, яка в свою чергу залежить від критичного часу пожежі $\tau_{k.i}$, часу евакуації $\tau_{e.i}$ та інтервалу часу від початку реалізації сценарію пожежі до початку евакуації з i -ої зони $\tau_{n.e.i}$. Тоді

$$P_i = 1 - P_{e.i}. \quad (1.9)$$

Імовірність евакуації визначалася за залежністю

$$P_{e.i} = 1 - (1 - P_{e.n.i})(1 - P_{e.a.i}), \quad (1.10)$$

де $P_{e.n.i}$ – імовірність евакуації людей, які перебувають в приміщенні i -ої зони, по евакуаційних шляхах при реалізації сценарію пожежі, яка визначається за залежністю (1.1); $P_{e.a.i}$ – імовірність евакуації людей через аварійні виходи або за допомогою інших засобів рятування (за відсутності даних $P_{e.a.i}$ допускається приймати 0,03 за наявності аварійних виходів або засобів рятування та 0,001 – за їх відсутності).

Питанням визначення структури аварійно-рятувальних робіт присвячена робота [149]. Автором розроблена узагальнена модель прийняття управлінських рішень щодо черговості розбирання руйнувань будівель, а також удосконалені схеми організації виконання робіт. Окрім того, розроблені робочі органи технічних засобів для розбирання завалів та знаходження потерпілих.

Визначенням тривалості етапів та часу настання наступних віх ЛП, а саме оперативного розгортання та гасіння пожеж, почали займатися на початку ХХ століття. У роботі [7] запропоновано метод оцінювання ефективності дій пожежних підрозділів по локалізації пожежі в резервуарному парку зберігання нафтопродуктів. Особливістю методу є врахування очікуваних втрат, викликаних можливим розповсюдженням пожежі на сусідні резервуари. В основі методу лежать розроблені стохастичні моделі розвитку пожежі. Розроблений метод дає змогу на етапі розробки плану пожежогасіння порівняти наслідки тих або інших дій пожежних підрозділів і допомагає у прийнятті рішення керівником гасіння пожежі. Крім цього, запропоновано метод і алгоритм оптимальної розстановки сил та засобів для локалізації пожежі в резервуарному парку, що може бути основою четвертої фази проекту. Запропонований метод ґрунтується на стохастичній моделі розвитку пожежі. Його застосування для

розробки плану локалізації пожежі дозволяє зменшити втрати від пожежі на 40% порівняно з загальноприйнятим підходом. Виграш досягається завдяки більш точному прогнозу впливу пожежі на сусідні резервуари, вибору першочергових задач і оптимального розподілу бойових задач між стволами.

Стосовно визначення тривалості та часу настання четвертої віхи проектів ЛП, то у роботі [89] розроблено автоматизовану інформаційну систему визначення потреби у ресурсах для ліквідації пожеж з урахуванням надійності пожежної техніки. Розроблена інформаційна система з пакетом прикладних програм пропонується для використання під час ліквідації пожеж на машинобудівних підприємствах.

Заслуговує на увагу робота [127], у якій предсавлено алгоритм відшукування оптимальних параметрів введення сил і засобів з метою мінімізації збитків від пожежі. Крім цього, у зазначеній роботі пропонується метод оцінювання ефективності дій пожежних підрозділів під час ліквідації наземної ландшафтної пожежі.

Питання розробки методів і моделей управління конфігурацією проектів систем пожежогасіння вперше розглянуто в роботах О. В. Сидорчука, Р.Т. Ратушного і В.О. Тимочка [112; 113; 114]. Авторами цих робіт розроблено методи та моделі, які на підставі методів математичної статистики та імітаційного моделювання, дають можливість ідентифікувати мінливе проектне середовище, об'єкти конфігурації проекту, обґрунтувати конфігураційні бази зазначених проектів та особливості їх зміни.

У роботі [52] розроблено оптимізаційну модель для вибору дій щодо локалізації та гасіння пожеж в закритих приміщеннях деревообробних підприємств. Модель дає можливість визначити оптимальний час локалізації і гасіння пожежі з урахуванням наявності пожежних відсіків та впливу швидкості вітру. Окрім цього, зазначена модель дозволяє визначати оптимальний варіант дій у проектах ЛП, тривалості локалізації і гасіння пожежі за заданих ресурсів.

На підставі вище викладеного можна зробити такі висновки. Для оперативного прийняття управлінських рішень та зниження тривалості реалізації проектів ЛП розробляється все більше автоматизованих інформаційних систем. Окрім того, достатньо повно проведено дослідження у предметній галузі систем пожежогасіння, а їх результати є базою даних та знань для розробки автоматизованих інформаційних систем підтримки прийняття рішень стосовно дій пожежно-рятувальних підрозділів та визначення потреби у ресурсах.

1.4. Аналіз методів та моделей управління ризиками у проектах та можливості використання їх у системах пожежогасіння

На даний час відсутня єдина загальноприйнята термінологія стосовно управління ризиками і у літературних джерелах приведені різноманітні визначення ризику. У роботах [3, 36] визначення ризику пов'язують з подоланням невизначеності в процесі прийняття управлінських рішень, оцінкою ймовірності досягнення прогнозованого результату, можливою невдачею або відхиленням від мети.

У стандартах міжнародної асоціації управління проектами (IPMA) та української асоціації управління проектами (UPMA) під ризиком розуміють невизначену подію, яка у випадку виникнення має позитивну або негативну дію на цілі у проекті. В розглянутих публікаціях поняття ризику пов'язане з можливістю несприятливих подій та різними втратами від збитків.

Аналізуючи роботи вчених С.Д. Бушуєва [21, 22], В. Андрійчука і І. Бауера [3], В.В. Вітлінського і С.І. Наконечного [36], Н.В. Хохлова [140], Л.Н. Тепмана [131], Г.В. Чернової і А.А. Кудрявцева [145], Л.В. Ноздріної, В.І. Ящука, О.І. Полотая [98] встановлено, що процес управління ризиками проектів складається з шести основних етапів: 1) планування управління ризиками – полягає у визначенні послідовності управління ризиками в межах проекту; 2) ідентифікація ризиків – необхідна для встановлення залежностей,

за допомогою яких можна визначити значення ризику і відповідно вплив на проект; 3) якісний аналіз ризиків – необхідний для визначення пріоритетності ризиків шляхом оцінки їх імовірностей та їх впливу на проект; 4) кількісний аналіз ризиків – полягає в переході від імовірнісного значення ризиків до числового і визначення їх впливу на кінцеву мету проекту; 5) планування реагування на ризики – полягає у виборі сприятливих можливостей (реакцій) для досягнення кінцевої мети проекту; 6) моніторинг і управління ризиками – проводиться впродовж реалізації проекту з метою слідкування за виконанням реакцій на ризики, виявлення нових ризиків та їх ідентифікації, а також оцінка реагування на ризики для досягнення кінцевої мети проекту.

У подальшому під терміном «ризик» будемо розуміти невизначену подію або умову, які у разі настання впливатимуть на цілі проектів. Під ціллю проектів СПЗО та ЛП розуміється бажаний результат (зміст, час, ресурси, вартість та якість), який має цінність для стейкхолдерів. Ризик може бути викликаний однією або декількома причинами і в разі виникнення може вплинути на одну з віх реалізації проекту.

У проектах СПЗО зі сфери пожежної безпеки користуються терміном «пожежний ризик», який являє собою імовірність можливості реалізації пожежної небезпеки об'єктів захисту та її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Гарантування пожежної безпеки об'єктів захисту складається з визначення, аналізу та оцінювання пожежного ризику, що дозволяє розробляти і впроваджувати відповідні заходи для зменшення його значення до прийняттого. Згідно із рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я [9] і Постанови Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306 [106], імовірність пожежного ризику класифікують так: 1) незначний пожежний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$; 2) середній $\varepsilon = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-5}$; 3) високий (терпимий) ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$; 4) неприйнятний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

У ЛП вагомим є ризик ліквідації пожеж, тобто це ризик невиконання проекту у регламентований термін. Ризики невиконання проекту

класифікують так: 1) незначний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$; 2) середній $\varepsilon = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-5}$; 3) високий (терпимий) ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$; 4) неприйнятний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

Розглянемо методи і моделі для оцінки ризиків у проектах СПЗО. Визначення складових їх ризику наведено у роботі [58]. У зазначеній роботі виконана ідентифікація та кількісна оцінка ризиків, які описуються експоненціальним, нормальним та законом розподілу Вейбулла.

Питанням управління ризиками присвячена робота [8], в якій обґрунтовуються методи управління ризиком у проекті інжинірингу системи технічного обслуговування та ремонту пожежних автомобілів. Автор цієї роботи вказує, що ідентифікацію причин виробничо-технологічного ризику та ризику інтегрованих фізичних показників ефективності функціонування віртуальної системи технічного обслуговування та ремонту (ТОР) пожежних автомобілів доцільно виконувати на основі аналізу систем пожежогасіння та ТОР. Безумовно такий підхід є ефективним у проектах ТОР пожежної техніки, однак його використати для оцінення ризиків у проектах СПЗО та ЛП неможливо, оскільки він не враховує їхніх особливостей.

Загалом результати аналізу інструментарію для управління ризиками у проектах свідчать про те, що методів та моделей якісного і кількісного аналізу ризиків, планування реагування на ризики та їх моніторинг у проектах СПЗО ще не розроблено.

Перші теоретичні дослідження із визначення імовірності виникнення ризику $\varepsilon_{l,n}$ у проектах ЛП були виконані М. М. Брушлінським [93]. На підставі статистичних даних встановлено, що тривалість гасіння пожежі τ_a , описується за допомогою розподілу Ерланга

$$\phi(\tau_a) = \mu \frac{(\mu \tau_a)^r}{r!} e^{-\mu \tau_a} \quad (\tau > 0; r = 0, 1, 2, \dots), \quad (1.11)$$

де μ – постійний параметр; r – порядок розподілу Ерланга.

Для нормування тривалості виконання робіт щодо гасіння пожеж у роботах [13, 14] рекомендують розглядати імовірність протилежної випадкової події, тобто імовірність того, що τ_e буде не меншим за деяке значення τ . З урахуванням імовірності ризику $\varepsilon_{л.п.}$, тобто з урахуванням частини пожеж від загальної їх кількості, тривалість гасіння яких виходить за границю деякого нормативного значення τ_n , можна визначити кількість пожеж, які перевищуватимуть цей час. В цьому випадку, якщо $\varepsilon_{л.п.} = 0,01$, то лише для однієї пожежі з 100, час гасіння перевищуватиме нормативний час τ_n , тобто

$$P\{\tau_e \geq \tau_n\} \leq \varepsilon_{л.п.} \quad (1.12)$$

Результати аналізу залежності (1.12) показують, що зі зменшенням значення імовірності ризику ліквідації пожежі регламентований час гасіння пожежі збільшується. Під час реалізації проектів ЛП у окремих фазах їх життєвого циклу виникають ризики, які приводять до відповідних матеріальних, соціальних, екологічних та інших втрат. Тому в роботах [3, 36] вказується на дотримання умов мінімізації ризиків під час реалізації проектів ЛП.

Для проведення оцінки та аналізу можливих ризиків у проектах ЛП, а також для обґрунтування реакцій на них, необхідно визначати втрати, які виникають у випадку появи несприятливих подій. В більшості випадків розглядають такі групи втрат, які виникають внаслідок появи проектних ризиків [72, 131, 133, 140]: 1) матеріальні втрати; 2) втрати часу, тобто втрати регламентованого часу на реалізацію проекту; 3) соціальні втрати, тобто нанесення збитку здоров'ю і життю людей, а також учасників проектів; 4) екологічні втрати, тобто завдання шкоди навколишньому середовищу в результаті реалізації проекту; 5) втрати репутації, тобто втрата іміджу та престижу учасників проекту.

На основі аналізу публікацій [6, 150, 120] можна сформулювати перелік можливих проектних ризиків, які стосуються виконання окремих етапів

проектів та управлінських процесів: 1) ризик учасників проекту; 2) науково-технічний ризик; 3) конструкторський та технологічний ризик; 4) виробничий ризик; 5) транспортний ризик; 6) управлінський ризик; 7) економічний ризик; 8) адміністративний ризик; 9) юридичний ризик; 10) правовий ризик; 11) форс-мажор (природні та техногенні катастрофи) тощо.

На всіх етапах життєвого циклу будь-якого проекту виникають ризики, котрі пов'язані з неповнотою і неточністю вихідної інформації, з невизначеністю майбутніх подій, зі змінним їх внутрішнім і зовнішнім проектним середовищем. Перераховані вище типові види ризиків проектів є основою для їх ідентифікації стосовно окремих проектів. Під час виконання окремих проектів деякі із цих ризиків зникають після завершення окремих етапів їх життєвого циклу або ж рівень їх негативної дії на реалізацію проектів може змінюватись. Усе вище зазначене свідчить про те, що під час виконання процесів моніторингу і управління ризиками проектів слід їх структурувати відносно окремих рівнів декомпозиції ієрархічної структури робіт.

З метою формування переліку суттєвих проектних ризиків, визначення їх рівнів та розробки і планування заходів щодо реагування на несприятливі події, виконують якісний і кількісний аналіз ризиків проектів [44, 141]. Якісний аналіз проектних ризиків полягає у визначенні причин виникнення несприятливих подій і можливих наслідків у випадку їх настання. До основних методів якісного аналізу проектних ризиків відносять [43, 66, 108]: причинно-наслідкові діаграми Ішикави; графіки потоків, які відображають взаємодію структур і робіт проектів; SWOT-аналіз, тобто визначення можливостей і загроз, сильних і слабких сторін реалізації проекту; методи експертних оцінок. Перелік ідентифікованих ризиків проекту, отриманий в результаті якісного аналізу можливих проектних ризиків, поновлюють в процесі проведення кількісної оцінки ризиків. Таким чином, під час реалізації проектів необхідно проводити постійний моніторинг проектних ризиків і контроль зміни рівня їх негативного впливу.

Встановлено, що існуючі методи моніторингу і управління ризиками проектів не дозволяють впродовж їх життєвого циклу визначати обсяг резерву, як реакції на ризик. Отже, існує потреба у розробленні методів, які дають можливість здійснювати аудит і оцінку ризиків проекту, аналіз відхилень і трендів під час їх реалізації, обґрунтування обсягів резервів, як реакції на ризики. Це дасть можливість у проектах ЛП позбутися негативних наслідків проектних ризиків.

Під час виконання процесів аналізу рівня проектних ризиків у проектах ЛП окрім ймовірності виникнення несприятливих подій і втрат, у разі їх настання, необхідно враховувати ризик тривалість невиконання проекту. Для цього можна використати низку методів оцінення проектних ризиків, які наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Методи оцінення проектних ризиків

Метод	Процеси управління	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Аналіз чутливості і стійкості	Планування проекту	Визначення найбільш критичних змінних, що впливають на ефективність проекту	Розрахунок змін тільки 1 по одній змінній. Не враховує залежність між змінними.
Аналіз сценаріїв розвитку	Техніко-економічне обґрунтування і планування проекту	Обґрунтування вибору проекту для його подальшої реалізації	Аналіз проводять за одним показником ефективності проекту. Складність визначення ймовірності сценаріїв розвитку проекту.
Побудова «дерева рішень»	Планування і виконання проекту	Визначення ймовірності та ефективності кожного сценарію розвитку проекту	Аналіз проводять за одним показником ефективності проекту. Труднощі врахування всіх можливих сценаріїв розвитку проекту.
Імітаційне моделювання	Виконання проекту	Можливість аналізу різних сценаріїв реалізації проекту	Складність формування імітаційної моделі виконання проекту.
Імовірнісний і статистичний аналіз ризиків	Планування і виконання проекту	Оцінка ймовірності настання ризиків і можливих втрат	Складність визначення ймовірностей несприятливих подій, їх закону розподілу. Труднощі формування статистичної інформації.
Побудова матриці ймовірності і наслідків	Планування реагування на проектні ризики і виконання проекту	Визначення істотних проектних ризиків, рівня їх негативного впливу	Суб'єктивність оцінок. Складність формування кількісної шкали оцінки.

Одним із ефективних інструментів для управління ризиками проектів є карта ризиків, яка складається з переліку можливих проектних ризиків [81, 123, 148]. В цьому випадку необхідно зосередитися на проектних ризиках достатньо високого рівня. Перелік проектних ризиків необхідно постійно корегувати та поповнювати в залежності від проблем, які виникають при виконанні проекту. Сьогодні досить широкого розповсюдження в Україні набули інформаційні системи, які передбачають використання програмного забезпечення для управління проектами:

1. Project Expert [5, 46], який використовують для укрупненого опису та аналізу проектів на фазі ініціації, що базується на використанні методу Монте-Карло;

2. Microsoft Project [10, 11, 59, 125, 128], який використовують для управління невеликими та нескладними проектами, що забезпечує побудову ієрархічної структури робіт проекту, визначає пріоритетні задачі тощо;

3. Primavera Project Planner [107, 141] забезпечує виконання сіткового і ресурсного планування і є досить розповсюдженим в управлінні великими будівельними та інженерними проектами;

4. Open Plan [80] є найбільш потужним програмним продуктом для ресурсного планування і використовується для управління складними комплексними проектами;

5. Spider Project [161] є одним з найкращих програмних продуктів управління проектами за складанням планів виконання робіт при обмеженості ресурсів.

Розглянуті інформаційні системи підтримки прийняття рішень під час реалізації проектів в основному використовують для формування структури проектів, розроблення плану виконання робіт, визначення ресурсів і бюджету проектів тощо. Однак вони не дають можливості забезпечити оцінку, аналіз та контроль ризиків у проектах систем пожежогасіння, оскільки не враховують особливостей їх проектного середовища та реалізації проектів.

Стосовно проектів СПЗО та ЛП, то кожен із них реалізується із певними ризиками, які в значній мірі впливають на виконання робіт у них, а особливо на ті роботи, що пов'язані із ліквідацією пожеж. Це у свою чергу впливає на обсяг збитків від пожеж та відповідно на цінність зазначених проектів. Одним із найважливіших процесів управління проектами СПЗО та ЛП є моніторинг проектних ризиків, а саме їх контроль впродовж усього їх життєвого циклу. Проектні менеджери повинні проводити якісний моніторинг ризиків, який лежить в основі прийняття правильних управлінських рішень. При цьому слід прогнозувати настання ризикових подій як у проектах СПЗО, так і у проектах ЛП. Для цього слід системно реалізовувати процеси планування проектів та управління їх ризиками, що дає можливість значно зменшити збитки від пожеж на об'єктах та відповідно людських витрат під час їх ліквідації. Схема взаємозв'язків між зазначеними процесами у проектах СПЗО і ЛП зображена на рис. 1.5.

Для підтвердження наведеної гіпотези розглянемо приклад впливу зростання тривалості вільного горіння під час пожеж на об'єктах, яка зумовлена несвоєчасною подачею інформації про її виникнення до диспетчерського пункту ДСНС (стосується проектів СПЗО). Така подія сталася на об'єкті внаслідок відмови пожежного сповіщувача у зоні виникнення пожежі. Ризик відмови пожежного сповіщувача належить до ризиків проекту СПЗО. Реакція на цей ризик полягає в плановому виконанні робіт щодо технічного обслуговування пожежних сповіщувачів з можливою заміною і перевіркою тривалості їх експлуатації.

Виходячи з отриманого результату можна зробити висновок, що невиконання робіт у проектах СПЗО щодо планового технічного обслуговування пожежних сповіщувачів з можливою заміною і перевіркою тривалості їх експлуатації, призводить до зростання збитків від пожеж на об'єктах, як зазначалося вище, у 2,34 рази.

Тому основними практичними та науковими управлінськими задачами, які слід вирішувати для підвищення ефективності управління проектами

СПЗО і ЛП, є якісне виконання процесів ідентифікації та кількісного оцінення ризиків, які лежать в основі виконання процесів планування і виконання зазначених проектів, а також виконання процесів реагування на ризики. При цьому під час реалізації проектів СПЗО слід системно враховувати процеси планування ризиків у проектах ЛП, їх ідентифікації та оцінення.

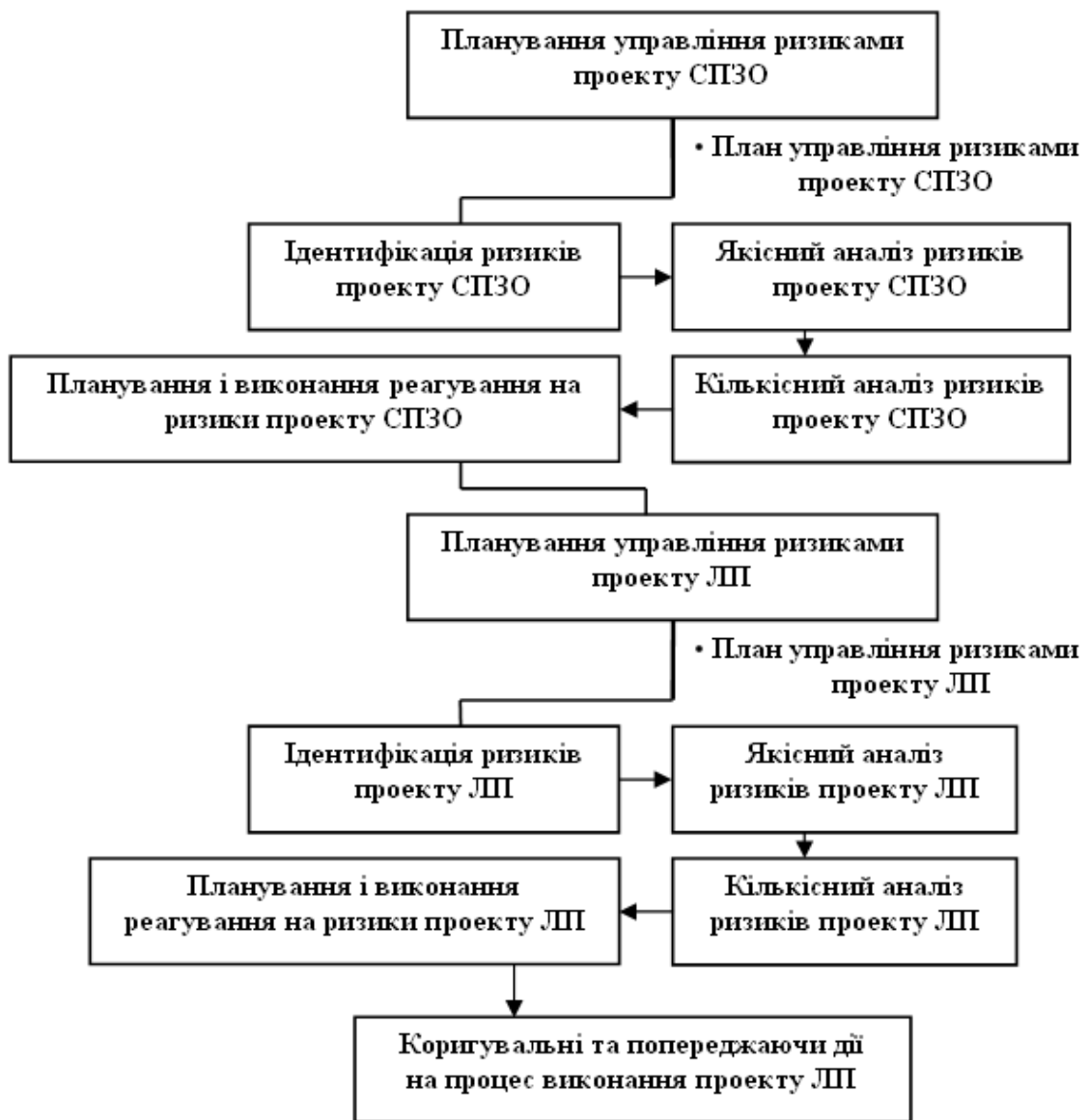


Рисунок 1.5 – Схема взаємозв'язків між процесами управління ризиками у проектах СПЗО і ЛП

Вони лежать в основі розроблення плану управління ризиками, складовими яких є процеси реагування на ризики, а також виконання

коригувальних та запобіжних дій для успішного завершення проектів ЛП із максимальною цінністю.

Для виконання зазначених задач слід розробляти моделі та методи управління ризиками у проектах СПЗО і ЛП, які лежать в основі прогнозування цінності від їх реалізації. Окрім цього, необхідно слід розробити практичний інструментарій (алгоритми та комп'ютерні програми) для управління ризиками, що забезпечить оперативність та безпомилковість прийняття управлінських рішень із врахуванням ризику, що забезпечить зменшення збитків від реалізації проектів ЛП.

На підставі вище викладеного, а також аналізу методів і моделей управління ризиками у проектах, можна сказати, що існує багато інструментарію для реалізації процесів цього управління. Окрім того, для окремих із них розроблено інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень. Однак, не існує методів та моделей, а також інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень для управління ризиками у СПЗО та ЛП. Це свідчить про потребу розроблення такого інструментарію.

1.5. Висновки

1. На підставі аналізу стану питання в практиці систем пожежогасіння встановлено, що вони функціонують з надмірними збитками від пожеж, втратами людських та матеріальних ресурсів, що зумовлено неефективним виконанням дій під час ліквідації пожеж.

2. Щоб змінити такий стан у системах пожежогасіння окремих об'єктів слід системно реалізовувати проекти створення систем протилежного захисту, а ліквідацію пожеж здійснювати з позицій проектно-орієнтованого підходу із використанням методології управління проектами.

3. Аналіз стану наукових розробок та міжнародних стандартів із управління проектами свідчить про те, що існує низка наукових праць, які

стосуються як управління проектами систем пожежогасіння, так і управління проектами у різних предметних галузях, однак питання управління ризиками на етапі ініціації проектів створення систем протипожежного захисту та ліквідацію пожеж не розглядалися.

4. 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 ліквідацію пожеж неможливо, через те що у них не враховуються особливості відповідних проектів.

5. Існує потреба розроблення методів, моделей, алгоритмів та комп'ютерних програм для управління проектами створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж під час їх ініціації із врахуванням їх специфічних ризиків.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ІНІЦІАЦІЇ ПРОЕКТІВ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ ІЗ ВРАХУВАННЯМ РИЗИКІВ

2.1. Ознаки проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж та взаємозв'язки між ними

Відомо, що будь-який проект має свої особливі ознаки [21, 154]. Ці ознаки лежать в основі ідентифікації проектів на етапі ініціації. Основні ознаки проектів для визначення їх характеристик виявляють на підставі означення: 1) спрямованості на досягнення чітко встановлених цілей; 2) унікальності і новизни продукту, який дуже часто не має аналогів; 3) обмеженості у часі із визначення початку та завершення; 4) доступності обмежених ресурсів для виконання проекту; 5) особливостей координації взаємопов'язаних робіт між різними учасниками проекту; 6) особливостей фаз життєвого циклу.

Стосовно ініціації проектів СПЗО та ЛП, то основою 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.

Кожен із вище зазначених проектів має свої специфічні фази життєвого циклу. Відносно проектів СПЗО, то у їх життєвому циклі є шість визначальних етапів виконання робіт у них. До них належать: 1) монтаж комбінованих ПС для передачі сигналу на ПК пожежної сигналізації; 2) монтаж системи прийняття сигналу про виникнення пожежі ПКП пожежної

сигналізації від ПС та передачі сповіщення до оперативної диспетчерської служби ДСНС; 3) монтаж системи оповіщення про пожежу на об'єкті з використанням ЗПО; 4) монтаж системи вмикання протидимного захисту (система димо- та тепловидалення з механізмом відкриття); 5) монтаж системи автоматичного відкриття евакуаційних дверей; 6) монтаж системи миттєвого вмикання системи автоматичного пожежогасіння для об'єктів з умовною висотою більше 100 м. Кількість цих етапів залежить від виду та стану об'єкта, який потребує реалізації проектів СПЗО.

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:

$$RPFPP = \bigcup_{i=1}^2 P_i, \quad (2.1)$$

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

P_1 – проект створення системи протипожежного захисту об'єкта $PSFPO$ (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:

$$PSFPO = \bigcup_{i=1}^n PhP_i; PFS = \bigcup_{j=1}^m PhP_j, \quad (2.2)$$

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.2.1.

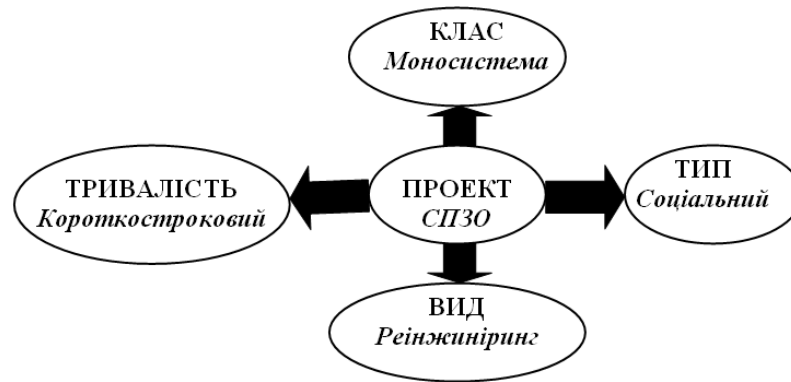


Рисунок 2.1 – Ознаки проектів СПЗО

Розглядаючи ознаки проектів СПЗО можна зауважити, що за своїм класом вони відносяться до моносистем, тому їх необхідно впроваджувати для кожного окремого об'єкта захисту. Тривалість реалізації таких проектів є короткостроковою і залежить від змісту виконуваних робіт та масштабів об'єкта, що потребує реінжинірингу системи протипожежного захисту. Тип проекту – соціальний, оскільки його продукт спрямований на захист людей від можливого виникнення пожеж на об'єкті захисту. Для реалізації проектів слід замінити існуючу 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 для об'єкта. Їх кількість регламентується ДБН В.2.5-56:2015 [61]. Крім 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

ризиків відмови продукту, який реалізовано за різними бюджетами, і він визначається залежністю

$$\varepsilon_{с.п.з} = \prod_{i=1}^6 \varepsilon_i \leq [\varepsilon_{с.п.з}], \quad (2.3)$$

де ε_i – значення імовірності ризику сформованого на i -у етапі реалізації проекту;

$[\varepsilon_{с.п.з}]$ – допустиме значення ризику відмови продукту проекту СПЗО.

Під час ідентифікації ризиків проектів СПЗО, які стосуються на окремих етапах їх виконання, можна виділити їх основні фактори, до яких належать термін служби протипожежних засобів, їх надійність та потреба для об'єкта.

Розглянемо ознаки проектів ЛП, які представлені на рис. 2.2.

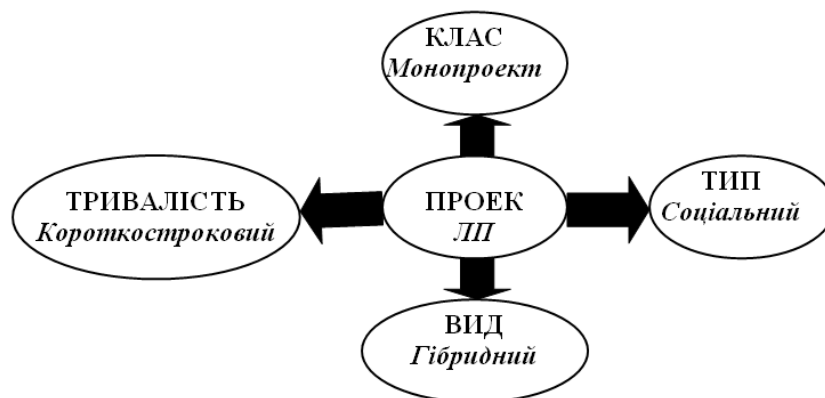


Рисунок 2.2 – Ознаки проектів ЛП

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.

2.2. Критерії оптимізації дій у проектах ліквідації пожеж

Якість прийняття управлінських рішень у проектах значною мірою залежить від вибраних критеріїв [95], за якими оптимізують дії у цих проектах. Стосовно оптимізації дій у проектів СПЗО та ЛП, то її слід проводити із оцінкою відповідності їх умовам. Це у більшості випадків можна зробити за відповідними техніко-економічними та технічними показниками. Наприклад, за мінімальними витратами та збитками, що пов'язані із виконанням дій у проектах ЛП, та із врахуванням оптимальної кількості залучених ресурсів. Розроблення плану управління ризиками у проектах ЛП повинно базуватися на оперативних планах виконання дій та із використанням карток пожежогасіння.

Оперативний план дій – це документ, який вміщує WBS та OBS структури проектів ЛП, із зазначенням наявних ресурсів, що залучаються для реалізації цих проектів. Оперативні плани розробляють за умови виникнення пожеж на складних пожежонебезпечних у оперативно-тактичному відношенні об'єктів. Виникнення пожеж на інших об'єктах передбачає складання карток пожежогасіння. Оперативні плани дій або картки пожежогасіння розробляють для кожного окремого об'єкта заздалегідь, до виникнення пожеж, на підставі суб'єктивних поглядів особи, яка їх розробляє. Такий підхід до розроблення цих документів призводить до значних збитків. Наприклад, в Україні за 2015 рік лише прямі збитки становлять 1 млрд 458 млн 296 тис. грн [2]. Такі збитки від пожеж в першу чергу можна пояснити розробленням на неналежному рівні оперативних планів і карток пожежогасіння, особливо із визначення сил і засобів ліквідації пожежі для вибраного варіанта.

Головною задачею пожежно-рятувального підрозділу є зменшення до мінімуму в процесі ліквідації пожежі часу вільного горіння, від якого залежать обсяг збитків об'єкта, на якому виникла пожежа. В цьому і полягає

проблема зменшення збитків від пожежі, яка залежить від якісно розробленого оперативного плану або картки пожежогасіння.

Тому, ми пропонуємо для кожного об'єкта розробляти декілька варіантів оперативних планів або карток пожежогасіння, залежно від умов виникнення та особливостей розповсюдження пожеж. На підставі їх аналізу з використанням певного, простого для розуміння, критерію оптимізації з урахуванням можливих дій щодо ліквідації пожежі та мінімальних витрат як для об'єкта, так і для пожежно-рятувального підрозділу, приймати більш раціональний варіант дій. Але на практиці такий підхід практично не виконується. Це пов'язано з тим, що існуючі критерії дуже складні в їх визначенні і не охоплюють всіх основних складових проектного середовища проектів ЛП. Тому ставиться задача обґрунтування такого критерію, який би забезпечував вибір раціонального варіанта дій у проектах ЛП. Він забезпечить максимальну цінність реалізації проектів ЛП завдяки мінімізації збитків об'єкта від пожеж та витрат пожежно-рятувальних підрозділів на їх ліквідацію. Тому розв'язання задачі визначення критерію оптимізації дій у проектах ліквідації пожеж є важливою і актуальною науково-прикладною задачею.

Під час прийняття управлінського рішення щодо дій P_{ij} у проектах ЛП необхідно оцінити їх за відповідним варіантом B_i та умовами U_j , які будуть мати економічні показники. Такими показниками можуть бути, витрати у вигляді прямих збитків об'єкта від пожежі та витрати пожежно-рятувальних частин на ліквідацію пожежі. При цьому використовують залежність [103]

$$P_{ij} = B_{oj}(\tau) + B_{ni}(\tau), \quad (2.4)$$

де P_{ij} – оцінка, яка відповідає варіанту B_i за умов U_j ; $B_{oj}(\tau)$ – прямі збитки об'єкта від пожежі за умов U_j та прийнятому варіанті ліквідації пожежі B_i ;

$B_n(\tau)$ – витрати пожежно-рятувальної частини на ліквідацію пожежі за i -им варіантом прийнятого рішення в j -ій ситуації розвитку пожежі.

На підставі розглянутого підходу в роботі [79] розглядають такі основні критерії: 1) мінімаксий критерій (ММ) на основі песимістичної позиції; 2) критерій Байеса-Лапласа; 3) критерій Севіджа; 4) критерій Гурвіца; 5) критерій Ходжа-Лемана; 6) критерій Гермейєра; 7) критерій добутку; 8) критерій нейтралітету; 9) оптимістичний критерій. Стосовно оптимізації дій у проектах ЛП, то їх можна використати частково, оскільки при цьому необхідно орієнтовно прогнозувати для заданого проектного середовища потрібну кількість ресурсів для виконання дій за різних їх сценаріїв, а також сценарії розвитку пожежі. Результати досліджень [79] показали, що у зв'язку з відсутністю статистичних даних для більш точного розрахунку значення P_{ij} доцільно використовувати критерій Севіджа або мінімаксий критерій (ММ) на основі песимістичної позиції. Необхідно також додати, що використання цих критеріїв під час прийняття управлінських рішень не завжди дає правильні результати, але на їх підставі можна отримати лише «достатньо» раціональні рішення.

Пропонується для оптимізації дій у проектах ЛП використовувати критерій, який описано у роботі [89]. Зокрема, це є 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

$$|B_o - B_n| \Rightarrow \min . \quad (2.5)$$

У основі визначення складових запропонованого критерію лежить прогнозування часу гасіння τ_r пожежі класу А [86, Додаток В], а також моделювання тривалості вільного горіння $\tau_{e,z}$ для заданого проектного середовища, яка визначається за залежністю:

$$\tau_{в.г} = \tau_{в.в} + \tau_{сп} + \tau_{о.о} + \tau_{з.с} + \tau_{зб} + \tau_{сл} + \tau_{роз}, \quad (2.8)$$

де $\tau_{в.в}$ – час з моменту виникнення до виявлення пожежі, хв;

$\tau_{сп}$ – час з моменту виявлення пожежі до сповіщення про неї в пожежно-рятувальний підрозділ, хв;

$\tau_{о.о}$ – час на отримання та опрацювання сповіщення про пожежу, хв;

$\tau_{о.о} = 1$ хв (згідно з нормативними даними) [99];

$\tau_{з.с}$ – час на залучення сил та засобів гарнізону для гасіння пожежі, хв;

$\tau_{з.с} = 3$ хв (наказ МВС України №325 від 01.07. 1993);

$\tau_{зб}$ – час збору особового складу, хв;

$\tau_{зб} = 1$ хв (згідно з нормативними даними) [99];

$\tau_{сл}$ – час слідування на пожежу, хв;

$\tau_{роз}$ – час оперативного розгортання, хв;

$\tau_{роз} = 6$ хв (згідно з нормативними даними) [99].

Отже, запропонований критерій оптимізації дій у проектах ЛП враховує їх особливості та забезпечує якісне прийняття управлінських рішень за заданого проектного середовища.

2.3. Структура процесів ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж із оцінкою їх ризиків

За умови використання процесного підходу до управління проектами необхідно враховувати дві групи процесів, які пов'язані з проектом:

- процеси управління проектом;
- процеси життєвого циклу проекту.

З усіх процесів управління проектами СПЗО та ЛП можна виділити окремі їх групи, які дозволяють виконувати різні функції управління. До них належать *процеси ініціації* – це процеси, на підставі яких приймаються управлінські рішення щодо початку виконання проектів СПЗО та ЛП. Для

виконання цих рішень слід мати інформацію про пожежу, яка надходить в автоматичному режимі і опрацьовується і оперативній диспетчерської служби ДСНС. На цьому етапі слід враховувати ризики відмови приладів системи протипожежного захисту, які належать до продукту проекту СПЗО. Моніторинг і управління цими ризиками виконується на підставі аналізу проектного середовища, яке є мінливим.

Закон ініціації проектів С. Д. Бушуєва свідчить про те, що команда проекту, проектне середовище і проект являють собою систему, що має взаємозв'язки між її складовими і вони визначають результат проекту [158]. Отже, процеси ініціації стосуються системного обґрунтування доцільності виконання проектів СПЗО та ЛП, а також кожної із фаз їх життєвого циклу. Початок виконання процесів ініціації для кожного із проектів СПЗО та ЛП є своїм і тривають ці процеси від появи ідеї зазначених проектів до часу ухвалення управлінського рішення щодо доцільності і особливостей їх реалізації.

До основних процесів ініціації проектів СПЗО та ЛП належать:

- обґрунтування цілей окремих проектів для заданого об'єкта;
- обґрунтування характеристик продукту від реалізації проектів із врахуванням їх ризику;
- аналіз досяжності цілей на підставі кількісного оцінення ризику проектів СПЗО та ЛП;
- ухвалення управлінського рішення щодо початку та особливостей виконання окремих етапів життєвих циклів проектів СПЗО та ЛП.

Враховуючи вище зазначене, ці процеси слід виконувати системно для проектів СПЗО та ЛП, які стосуються окремого об'єкта, що потребує пожежного захисту. У більшості випадків під час реалізації проектів їх менеджери недооцінюють важливість процесів ініціації, відразу приступаючи у кращому випадку до процесів планування, або ж звичай до процесів виконання. Однак, процеси ініціації забезпечують обґрунтування структур проекту, формулювання та визначення досяжності цілей. Приділення

недостатньої уваги до цих процесів в основному приводить до зростання втрат майна та людей під час пожеж та витрат ресурсів на їх ліквідацію. У результаті цього, реальні проблеми систем пожежогасіння залишаються невирішеними, ресурси розпорошені, а цінність проектів для стейкхолдерів зниженою.

Враховуючи особливості реалізації проектів СПЗО та ЛП, а також базуючись на здобутках методології управління проектами щодо процесів ініціації розробили схему взаємозв'язків між процесами зазначених проектів (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Системні взаємозв'язки між процесами ініціації проектів СПЗО та ЛП

Проаналізуємо кожен із процесів ініціації проектів СПЗО та ЛП стосовно їх впливу на якість прийняття управлінських рішень. Будь-який проект скерований на вирішення задач або проблем. При цьому обґрунтування цілей проводиться із одночасним формулюванням цих проблем та способів їх вирішення та аналізу їх переваг і недоліків. При

цьому, якість обґрунтування цілей проектів СПЗО та ЛП впливає на кінцевий їх результат – продукт.

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.

На підставі аналізу досяжності цілей проектів СПЗО приймаються та ухвалюються рішення щодо особливостей виконання цих проектів. Якщо ж рішення відхиляють, то повертаються до процесів обґрунтування їх цілей.

Водночас, ухвалені рішення щодо особливостей виконання проектів СПЗО лежать в основі виконання процесу прогнозування дій у проектах ЛП. За відомих дій у проектах ЛП оцінюються їх ризики та за потреби уточнюється конфігурація цих проектів.

На підставі прогнозування дій у проектах ЛП виконуються процеси узгодження цілей проектів ЛП із наявними ресурсами та ухвалюються рішення щодо початку та особливостей виконання окремих етапів життєвих циклів проектів ЛП. За умови відхилення дій у проектах ЛП через невідповідність їх наявним ресурсам та зміну характеристик об'єкта горіння повертаються до процесів обґрунтування цілей цих проектів.

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. В основу засобів щодо реалізації процесів таких проектів покладено формалізацію методів і моделей, які будуть забезпечувати підвищення якості їх виконання. Для зручності розгляду 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 та об'єктах зацікавлених їх сторін завдяки формуванню оптимальних рішень щодо їх виконання для окремих об'єктів. Схема концепції досліджень ризиків у проектах СПЗО і ЛП зображена на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Концепція досліджень ризиків у проектах СПЗО і ЛП

Відомо, що управління будь-якими 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.

2.4. Особливості системного управління ризиками у проектах систем пожежогасіння

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. Основним документом для виконання та контролю проектних робіт є план проекту, тобто його структура, до складу якої входить також план управління проектними ризиками та план заходів по реакції на несприятливі події. 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

$$Pr \rightarrow St(m) \rightarrow EI, \quad (2.9)$$

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 сформулювати у вигляді певної його конфігурації, прийнявши за основу модель концепції досліджень ризиків у проектах інжинірингу СПЗО і ЛП (рис. 2.4) з порядком виконання робіт, який для більш зручного проведення контролю необхідно структурувати за рівнями ієрархії. Це дозволяє здійснювати постійний моніторинг проектних ризиків при виконанні робіт проекту, контроль зміни рівня їх негативної дії, корегувати та доповнювати перелік суттєвих проектних ризиків на всіх фазах життєвого циклу, а також розробляти адекватні заходи для реагування на несприятливі події.

Тому розглянемо процеси системного управління ризиками у проектах СПЗО та ЛП. Вони поділяються на три групи (рис. 2.5): 1) визначення та аналіз ризиків проектного середовища, а також дослідження ефективності існуючої системи пожежогасіння та обґрунтування шляхів її реінжинірингу; 2) ідентифікація та оцінення ризиків щодо створення ефективної структури продукту проектів СПЗО; 3) оцінення ризиків у проектах ЛП в умовах невизначеності.

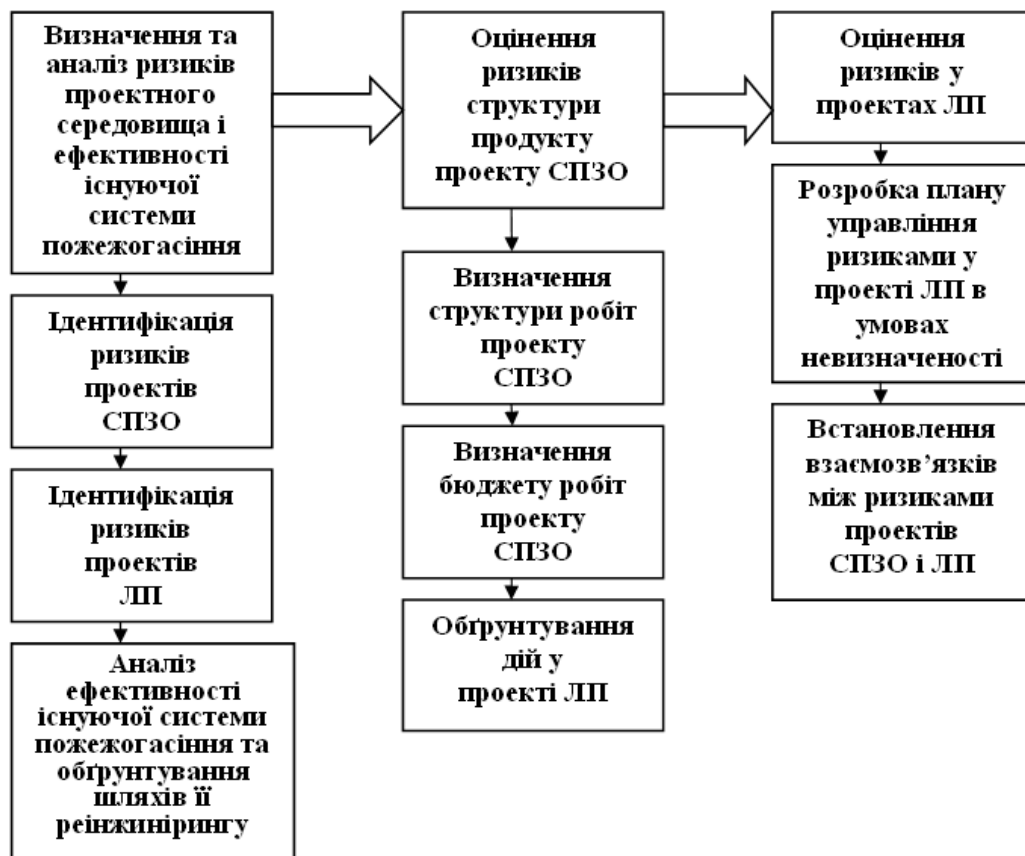


Рисунок 2.5 – Процеси системного управління ризиками у проектах СПЗО та ЛП

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.

Для ідентифікації ризиків проектів СПЗО слід розробити модель, яка забезпечить визначення на об'єкті необхідної оптимальної кількості засобів протипожежного захисту на випадок виникнення пожежі. Відсутність таких засобів призводить до значного збільшення тривалості вільного розвитку пожежі і відповідно до значних збитків від наслідків пожежі.

Під час виникнення небажаних подій у системах протипожежного захисту $R_i = 3$ існує також імовірність загибелі людей від небезпечних факторів пожежі, тобто не буде можливості використати критичний час пожежі для евакуації людей із її зони. Особливо це небезпечно для об'єктів з масовим перебуванням людей.

Математичні моделі та ідентифікація ризиків проектів СПЗО наведена у розділі 3, а реакції на середні і високі значення ризиків проектів СПЗО – у параграфі 2.5.

Для ідентифікації ризиків проектів ЛПП слід розробити модель, яка забезпечить виявлення середніх і високих ризиків невідповідності нормативних часів виконання робіт у зазначених проектах. Особливо це стосується тих робіт, які суттєво впливають на тривалість вільного розвитку пожежі та її ліквідацію. Тому розроблення моделей ідентифікації цих ризиків дозволяє оперативно зреагувати на ці ризики з можливістю забезпечити виконання робіт у проектах ЛПП згідно із існуючими нормативними часовими даними і тим самим зменшити як збитки об'єкта від пожежі, так і витрати ПРП. Особливо ці збитки залежать від тривалості подання та оброблення повідомлення про пожежу (тривалість часу від виникнення пожежі до отримання повідомлення диспетчерською службою ДСНС), тривалості слідування пожежних підрозділів до місця пожежі, тривалості оперативного розгортання та тривалості локалізації пожежі. Це у свою чергу залежить від тривалості прибуття на об'єкт оптимальної кількості пожежно-рятувальних підрозділів.

Математичні моделі та відповідно ідентифікація ризиків проектів ЛП наведена у розділі 3 цієї роботи. Відповідно реакції на середні і високі значення ризиків проектів ЛП наведені у параграфі 2.5.

Для підвищення якості прийняття управлінських рішень та зниження часу на них було розроблено прикладну інформаційну систему «Пожежний диспетчер» [89]. Інформаційна система «Пожежний диспетчер» дозволяє на підставі моделювання дій у проекті ЛП визначати потребу у ресурсах для реалізації проектів ЛП на промислових підприємствах. Вхідними даними для цієї системи є характеристики проектного середовища, зокрема площа пожежі на період її виявлення в різних цехах, складах готової продукції, адміністративно-господарських приміщеннях тощо. Крім цього, вказується наявність пожежних машин, яка знаходиться на чергуванні, відстань від пожежного депо до місця виклику, час доби виникнення пожежі (день або ніч), площа приміщення, в якому виникла пожежа.

На підставі моделювання проектів ЛП визначаються такі їх показники, які характеризують їх результат – продукт: 1) площа пожежі до перших стволів; 2) прогнозований час ліквідації пожежі; 3) кількість відділень пожежної частини та кількість відділень, яка залучається з інших пожежних частин; 4) кількість пожежних автоцистерн; 5) кількість пожежних стволів; 6) потрібна кількість вогнегасної речовини; 6) запас води на пожежних автоцистернах.

2.5. Обґрунтування реакцій на ризики у проектах створення систем протипожежного захисту об'єктів і ліквідації пожеж

Обґрунтування раціональних реакцій на ризики у проектах СПЗО полягає у визначенні таких заходів, які дадуть можливість зменшити, або позбутись від небажаних відхилень ризиків продовж окремих фаз реалізації проекту для заданого об'єкта захисту. Особливо небезпечними ризиками у

проектах СПЗО є такі, значення імовірності яких перевищує 0,67, тобто числова оцінка яких дорівнює $R = 3$.

Для того, щоб позбутись ризиків, або зменшити їх вплив на формування продукту у проектах СПЗО слід аналізувати їх причини та чинники що їх зумовлюють. На підставі такого аналізу, а також проведення експертних опитувань нами обґрунтовано раціональні реакції на ризики у проекті СПЗО, які наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Раціональні реакції на ризики у проектах СПЗО

Дії та складові проектів, у яких виникає ризик	Реакція на ризик
1	2
Технічні	
Номенклатура та кількість протипожежних засобів на об'єкті	Обґрунтування номенклатури та кількості протипожежних засобів
Характеристики протипожежних засобів на об'єкті	Створення бази даних стосовно протипожежних засобів на об'єкті
Передача сповіщень від пункту пожежного спостереження об'єкта до ОДС ОКЦ ДСНС.	Виконання регламентних робіт по забезпеченню передачі сповіщень від пункту пожежного спостереження об'єкта до ОДС ОКЦ ДСНС
Перевірка протипожежних засобів об'єкта з ризиком $R = 3$ на тривалість напрацювання на відмову	Розроблення план-графіка перевірки якості роботи протипожежних засобів об'єкта з урахуванням напрацювання їх на відмову та заміни
Адміністративні	
Відсутність на об'єкті протипожежних засобів	Розроблення заходів для придбання всієї номенклатури і кількості протипожежних засобів для об'єкта з виділенням коштів та їх влаштування
Відсутність на об'єкті пункту пожежного спостереження	Обґрунтування необхідності на об'єктів пункту пожежного спостереження та розробка заходів для його створення з виділенням коштів.
Відсутність на об'єкті евакуйовальних дверей автоматичного відкривання	Розроблення заходів для придбання необхідної кількості систем автоматичного відкривання дверей з виділенням коштів
Організація на об'єкті протипожежних засобів	Обґрунтування організаційної схеми влаштування на об'єкті протипожежних засобів

Продовження табл. 2.1	
1	2
Управлінські	
Організація на об'єкті пункту пожежного спостереження	Обґрунтування організаційної схеми влаштування на об'єкті пункту пожежного спостереження
Облаштування на об'єкті евакуаційних дверей з системою автоматичного відкривання	Обґрунтування організаційної схеми влаштування на об'єкті евакуаційних дверей з системою автоматичного відкривання
Науково-технічні	
Мінлива площа пожежі за період її вільного розвитку на об'єкті	Науково обґрунтовані залежності для визначення площі пожежі на об'єкті
Мінлива площа локалізації пожежі на об'єкті	Науково обґрунтовані залежності для визначення площі локалізації пожежі на об'єкті
Мінливі збитки об'єкта від пожежі	Науково обґрунтована вартість 1 м ² площі об'єкта, яка знищена пожежею
Мінливі витрати ПРП на ліквідацію пожежі.	Науково обґрунтована вартість 1 хв зайнятості ПРП на ліквідацію пожежі
Мінлива тривалість локалізації пожежі	Науково обґрунтована залежність для визначення часу локалізації пожежі
Організаційні	
Збільшення відносно нормативних даних тривалості слідування до місця виклику ПРП	Розробити схеми маршрутів слідування від пожежного депо до місця виклику залежно від часу доби
Інформаційні	
Невідповідність кількості пожежної техніки та ПРП для ліквідації пожежі на об'єкті	Розроблення інформаційних систем для визначення оптимальної кількості пожежної техніки та ПРП для ліквідації пожежі на об'єкті

Аналіз даних табл. 2.1 свідчить про те, що головними реакціями на ризику у проектах СПЗО є обґрунтування номенклатури та кількості протипожежних засобів, розроблення план-графіка перевірки якості їх роботи, обґрунтування необхідності на об'єкті пункту пожежного спостереження і за необхідності розробити заходи для його створення з виділенням коштів, розроблення заходів для придбання всієї номенклатури і кількості протипожежних засобів для об'єкта з виділенням коштів тощо.

Крім цього, необхідно відмітити, що під час реалізації проекту СПЗО в першу чергу потрібно уточнити технічний стан всіх протипожежних засобів об'єкта та час їх напрацювання на відмову.

Обґрунтовані раціональні реакції на ризики у проектах ЛП наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Реакції на ризики у проектах ЛП

Дії та складові проектів, у яких виникає ризик	Реакція на ризик
1	2
Учасники проекту	
Отримання та опрацювання повідомлення про пожежу, залучення сил гарнізону для ліквідації пожежі, збір особового складу, оперативне розгортання	Розроблення графіків проведення навчань з метою забезпечення виконання нормативних положень тривалості виконання всіх дій
Організаційні	
Тривалість слідування від пожежного депо до місця виклику	Розробити план-схему маршрутів слідування в межах границі обслуговування для годин доби
Тактичні дії при виконанні локалізації пожежі на об'єкті	Проведення навчань з використанням різних варіантів тактичних дій при виконанні локалізації пожежі на об'єкті
Науково-технічні	
Визначення площі пожежі та площі локалізації пожежі на об'єкті	Розробити науково обґрунтовані методи визначення площі пожежі та площі локалізації пожежі на об'єкті
Визначення сил і засобів для ліквідації пожежі на об'єкті	Розробити науково обґрунтовані методи визначення сил і засобів для ліквідації пожежі
Тривалість локалізації пожежі на об'єкті	Розробити науково обґрунтований метод визначення сил і засобів для локалізації пожежі на об'єкті
Технічні	
Забезпечення кожного відділення пожежно-рятувального підрозділу засобами пожежогасіння і захисним одягом	Обґрунтування номенклатури засобів пожежогасіння і захисного одягу для кожного пожежно-рятувального відділення

Продовження табл. 2.2	
1	2
Адміністративні	
Забезпечення кожної пожежної автоцистерни повним комплектом пожежно-рятувальної техніки	Обґрунтування і забезпечення кожної пожежної автоцистерни повним комплектом пожежно-рятувальної техніки з виділенням коштів на придбання відсутньої.
Забезпечення на небезпечних об'єктах пожежних гідрантів	Розроблення план-графіків перевірки якості роботи пожежних гідрантів на небезпечних об'єктах та заходів відновлення недіючих
Управлінські	
Організація ліквідації пожеж на об'єктах захисту	Розроблення оперативних планів ліквідації пожеж на об'єктах захисту
Організація евакуації людей із зони пожежі при їх масовому перебуванні на об'єкті	Розроблення планів евакуації людей на об'єкті із спорядженням шляхів евакуації наглядовими знаками
Зменшення тривалості ліквідації пожежі на об'єкті захисту	Залучити додаткові сили і засоби для зменшення тривалості ліквідації пожежі на об'єкті захисту
Технологічні	
Зменшення тривалості ліквідації пожеж на об'єктах захисту	Розроблення нових методів і засобів пожежогасіння для зменшення тривалості ліквідації пожеж на об'єктах захисту

Результати аналізу даних, які наведені у табл. 2.2, свідчать про те, що головними реакціями на ризики у проектах ЛП є узгодження дій із наявними ресурсами та змінним проектним середовищем. До цих реакцій належать: розроблення план-схеми маршрутів слідування в межах границі обслуговування для годин доби, що значно зменшить тривалість слідування до місця виклику; розроблення науково обґрунтованих методів визначення сил і засобів для ліквідації пожежі, що дозволить значно зменшити тривалість локалізації пожежі, тощо.

Крім цього, необхідно відмітити, що під час реалізації проектів ЛП в першу чергу потрібно провести аудит кожної пожежно-рятувальної частини

та уточнити технічний стан пожежної техніки і спорядження, надійність якої значною мірою впливає на ризик виконання дій у цих проектах.

2.6. Висновки

1. Обґрунтовані ознаки проектів створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж вказують на те, що їх можна охарактеризувати як соціальні короткострокові монопроектами, які відповідно стосуються реінжинірингу та підвищення ефективності діяльності (гібридні) систем пожежогасіння. Між ними існують системні взаємозв'язки, які слід враховувати під час прийняття управлінських рішень з їх реалізації.

2. Встановлено, що для оптимізації дій у проектах ліквідації пожеж слід 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). Використання цього критерію дасть можливість підвищити якість прийняття управлінських рішень у зазначених проектах.

3. Доведено, що ініціалізація проектів створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж потребує системного виконання дванадцяти процесів. Розкриття взаємозв'язків між цими процесами лежить в основі розроблення методів та моделей управління зазначеними проектами.

4. Запропонована концепція управління ризиками у проектах створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж забезпечує врахування взаємозв'язків між процесами цих проектів та визначає потребу у розробці прикладних комп'ютерних програм для підтримки прийняття управлінських рішень.

5. Встановлено, що під час ініціації проектів створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж слід виконувати три групи процесів системного управління їх ризиками. Для підвищення якості та

скорочення часу прийняття управлінських рішень під час управління ризиками запропоновано розробити прикладну інформаційну систему «Пожежний диспетчер», яка забезпечить моделювання проектів ліквідації пожеж та визначення їх показників, які лежать в основі обґрунтування реакцій на ризики.

б. Обґрунтовані реакції на ризики у проектах створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж стосуються окремих дій та їх складових, що за причинами їх виникнення поділяються відповідно на сім груп. Наявність обґрунтованих реакцій на ці ризики забезпечує їх зниження або усунення, що підвищує цінність отриманих продуктів проектів створення систем протипожежного захисту та ліквідації пожеж.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У ПРОЕКТАХ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ТА ТЕРИТОРІЙ ВІД ПОЖЕЖ

3.1. 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, представленої на рис. 3.1.

На концептуальній фазі життєвого циклу проектів ЛП здійснюють 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. Усе вище зазначене є техніко-економічним обґрунтуванням проектів ЛП та визначенням прогнозованої тривалості виконання дій у них. Отримані результати у цій фазі життєвого циклу проектів ЛП є основою для розроблення концепції проекту та плану управління ризиками.

Зокрема, у цій фазі диспетчерський пункт ДСНС отримує сповіщення про пожежу з подальшим дослідженням на стадії концептуальної ідеї та оцінки загальної картини стану пожежі. Цей фаза головним чином є науково-дослідною, яка на концептуальному рівні виявляє загальну картину стану системи пожежогасіння. У цій фазі необхідно отримати результати прогнозу за обставинами, які виникли в зоні пожежі. Крім цього, необхідно прийняти рішення стосовно розвитку пожежі у часі та можливих наслідків залежно від класу пожежі і категорії приміщення. У цій фазі виникають як внутрішні, так і зовнішні ризики проекту. Наприклад, ризик своєчасного отримання повідомлення про пожежу, ризик наявності даних про об'єкт, на якому

виникла пожежа, ризик наявності інформаційної системи для прогнозування обставин в зоні виникнення пожежі тощо.

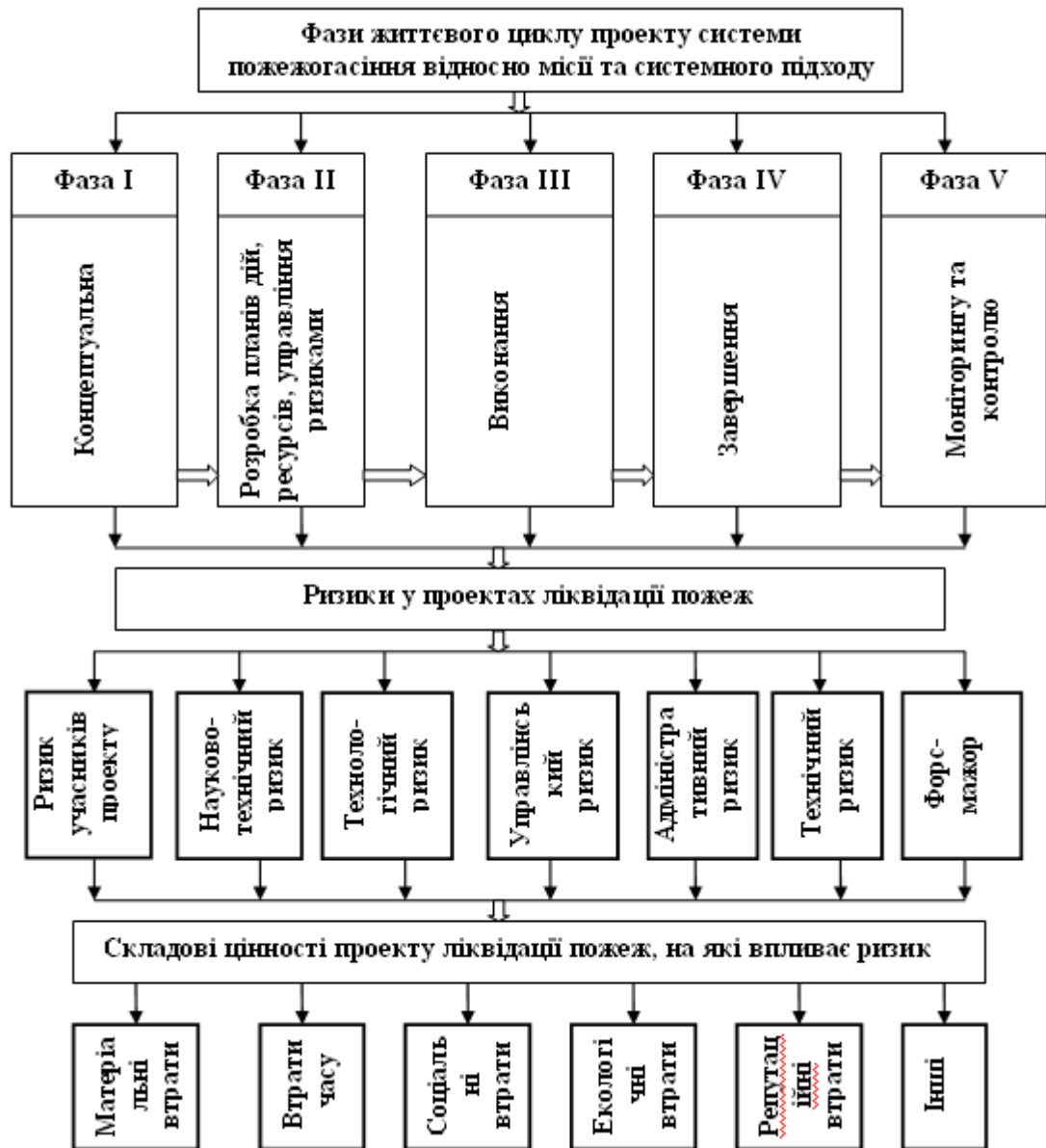


Рисунок 3.1 – Модель життєвого циклу проекту ЛП

На наступній фазі життєвого циклу проектів ЛП, яка стосується розробки планів виконують таке: 1) оцінюють стан об'єкта 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. Процеси, які виконуються на фазі розробки проектів ЛП передбачають проведення аналізу ресурсів: природних – водойм тощо,

матеріальних – технічних засобів для гасіння пожеж, комплектів захисних засобів тощо, трудових – наявність та кваліфікація пожежників, фінансових – обсяги та джерела фінансування проектів ЛП. Усе вище зазначене є вихідними даними для обґрунтування ризику та на підставі його кількісної оцінки обґрунтування WBS та OBS структур.

Зазначена фаза проекту ЛП передбачає формулювання пробного плану дій на стадії визначення системної ідеї при спрацюванні сповіщення про пожежу. По суті це є «план системи», який розробляється на різних альтернативних планах, ідентифікації різних понять, терм-історичній складовій та мінімізації ризиків для успішного розв'язку проблеми. На цій фазі проекту необхідно прийняти рішення з мінімальним ризиком про залучення необхідної кількості сил і засобів для ліквідації пожежі, визначити оптимальний шлях слідування до місця виклику з метою зменшення часу вільного горіння, а також з урахуванням критичного часу пожежі визначити імовірність та оптимальне значення ризику успішної евакуації людей із зони пожежі. Аналіз виконання дій цієї фази дозволить значно підвищити ефективність роботи підрозділів державної служби з надзвичайних ситуацій.

З метою практичної реалізації управлінських процесів на фазі розробки проектів ЛП розробляють методи, моделі, а також інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень. Результатами цих проектів ЛП на фазі розробки є план управління ризиками, план дій, план постачання ресурсів. Вони лежать в основі розробки плану управління проектами ЛП.

Кожен із проектів ЛП має свої специфічні періоди, які належать до фази їх виконання. Зокрема, вони вимагають обґрунтування сценаріїв виконання робіт щодо збору особового складу, слідування та оперативного розгортання бойових розрахунків. На цій фазі виконуються роботи із конкретизації деталей, мінімізації фінансових, матеріальних, часових, людських ресурсів тощо. При цьому виникають внутрішні та зовнішні ризики. Наприклад, ризик збору особового складу згідно з нормативним часом, зовнішній ризик стосовно часу прибуття до місця виклику згідно з нормативним з

урахуванням прийнятого маршруту слідування, ризик успішного оперативного розгортання тощо, при збільшені значень яких зростають втрати від пожежі. Тому для зменшення втрат необхідно здійснювати управління проектними ризиками. Для цього необхідно виконувати постійний моніторинг проектних ризиків на предмет виявлення та зміни виділених ризиків проекту. В процесі моніторингу та управління проектними ризиками необхідно відстежувати ідентифіковані ризики з одночасним контролем заходів із реагування на несприятливі події.

Наступний етап фази виконання прокетів ЛП стосується реалізації плану дій. В процесі виконання робіт цієї фази мають місце 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 та підготовка звіту.

Моніторинг і контроль проекту ЛП дасть змогу впровадити необхідні заходи для значного зниження ризиків та обмеженню часу вільного розвитку пожежі, ефективного залучення сил і засобів пожежогашіння та відповідно для зменшення втрат.

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

3.2. 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 багатокomпонентного їх продукту. Продуктом проекту СПЗО є система, яка вміщає шість підсистем, описаних у другому розділі цієї роботи. Відносно формування кожної із них, то слід оцінювати ризики, які є складовими моделі оцінювання ризиків у проектах СПЗО. Враховуючи вище сказане та рекомендації, що наведені в роботі [86], математична модель ризику проектів СПЗО ε_o для заданого об'єкта захисту має вигляд:

$$\varepsilon_o = \varepsilon_{n.k.n} \varepsilon_{n.c} \varepsilon_{n.o} \varepsilon_{n.z} \varepsilon_{e.d} \varepsilon_{a.n} \leq [\varepsilon_o], \quad (3.1)$$

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 евакуаційних дверей та системи їх автоматичного відкривання 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.

Розглянемо складові ризику проектів СПЗО відносно формування кожної із складових їх продукту. Для цього спочатку визначаємо імовірність виникнення ризику, а потім оцінимо кожну складову ризику з використанням тривірневої шкали імовірностей ризику (табл. 3.1) [98].

Таблиця 3.1 – Трирівневий розподіл ймовірності ризику

Інтервал імовірностей відмови, %	Середнє значення імовірності відмови, %	Вербальне формулювання імовірності відмови	Числова оцінка ризику R (risk)
1 – 33	17	низька	1
34 – 67	50	середня	2
68 – 99	84	висока	3

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 $f(\tau) = \lambda \exp(-\lambda\tau)$ [51]. В цьому випадку отримуємо:

$$\varepsilon_{n.k.n} = \int_0^{\tau} \lambda_{n.k.n} e^{-\lambda\tau} d\tau = 1 - e^{-\lambda\tau} = 1 - \exp(-\lambda_{n.k.n}\tau), \quad (3.2)$$

де τ – час роботи приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації з початку експлуатації, год;

$\lambda_{n.k.n}$ – інтенсивність його відмов, год⁻¹;

$$\lambda_{n.k.n} = \frac{1}{T_B}; \quad (3.3)$$

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

$$T_B = 10 \cdot 365 \cdot 24 = 87600 \text{ год};$$

$$\lambda_{n.k.n} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}. \quad (3.4)$$

Імовірність $\varepsilon_{n.c}$ настання відмови у пожежному сповіщувачі через неефективне виконання дій у проекті СПЗО визначається таким чином. Згідно із ДСТУ EN 54-5:2003, час T_B напрацювання сповіщувача на відмову (час безперервної роботи) дорівнює 10 рокам. Тоді інтенсивність відмови сповіщувача буде дорівнювати:

$$\lambda_{n.c} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}. \quad (3.5)$$

В цьому випадку імовірність ризику відмови пожежного сповіщувача буде через неефективне виконання дій у проекті СПЗО:

$$\varepsilon_{n.c} = 1 - \exp(-\lambda_{n.c} \tau), \quad (3.6)$$

де τ – сумарний час очікування пожежного сповіщувача до початку подачі сигналу про пожежу, год.

В той же час значення імовірності цього ризику необхідно уточнити введенням поправкового коефіцієнта $k_{n.c}$, який залежить від встановлення на об'єкті потрібної кількості пожежних сповіщувачів згідно із рекомендаціями [61]. В кінцевому результаті отримаємо:

$$\varepsilon_{n.c} = [1 - \exp(-\lambda_{n.c} \tau)] k_{n.c}; \quad (3.7)$$

$$k_{n.c} = \frac{N_{n.c}}{N_{n.c.d}}, \quad (3.8)$$

де $N_{n.c}$ – потрібна кількість пожежних сповіщувачів для приміщення об'єкта, од.;

$N_{n.c.d}$ – дійсна кількість пожежних сповіщувачів на об'єкті захисту, од.

В свою чергу потрібну кількість пожежних сповіщувачів для приміщення можна визначити з урахуванням рекомендацій [61]:

$$N_{n.c} = \frac{LB}{S_{n.c}}, \quad (3.9)$$

де L – довжина внутрішнього об'єму приміщення, м;

B – ширина внутрішнього об'єму приміщення, м;

$S_{n.c}$ – площа, яку контролює один сповіщувач, m^2 (згідно із ДБН В.2.5-56:2014 п. 7.2.11 $S_{n.c} = 49 m^2$).

Імовірність $\varepsilon_{n.o}$ настання відмови у звуковому пожежному оповіщувачі через неефективне виконання дій у проекті СПЗО визначається таким чином. Згідно із ДСТУ EN 54-3:2003 п. 4.4 час T_B напрацювання оповіщувача на відмову (час безперервної роботи) дорівнює 100 год. Тоді інтенсивність відмови оповіщувача буде дорівнювати:

$$\lambda_{n.o} = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ год}^{-1}. \quad (3.10)$$

В цьому випадку зазначена імовірність $\varepsilon_{n.o}$ відмови звукового пожежного оповіщувача через неефективне виконання дій у проекті СПЗО визначаємо з урахуванням наявності потрібної і дійсної кількості пожежних оповіщувачів, тобто з урахуванням коефіцієнта $k_{n.o}$:

$$\varepsilon_{n.o} = [1 - \exp(-\lambda_{n.o}\tau)]k_{n.o}; \quad (3.11)$$

$$k_{n.o} = \frac{N_{n.o}}{N_{n.o.d}}, \quad (3.12)$$

де τ – сумарний час роботи оповіщувача від початку експлуатації, год;

$N_{n.o}$ – потрібна кількість пожежних оповіщувачів для приміщення об'єкта, од.;

$N_{n.o.d}$ – дійсна кількість пожежних оповіщувачів на об'єкті, од.

Значення $N_{n.o}$ можна визначити з урахуванням рекомендацій ДСТУ EN 54-3:2003 п. 4.6.2, де вказується, що площа, яку обслуговує один оповіщувач $S_{n.o} = 72 m^2$. Тоді:

$$N_{n.o} = \frac{LB}{S_{n.o}}. \quad (3.13)$$

Імовірність $\varepsilon_{n.3}$ настання відмови у системі протидимного захисту через неефективне виконання дій у проекті СПЗО підпорядковується нормальному закону розподілу з густиною розподілу [64]

$$f(\tau) = \frac{1}{S_\tau \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau - m_\tau)^2}{2S_\tau^2}}, \quad (3.14)$$

де S_τ – середнє квадратичне відхилення напрацювання τ ;

m_τ – математичне сподівання напрацювання τ .

З урахуванням даних про час напрацювання протипожежних засобів до відмови, приймаємо для системи протидимного захисту $T_B = 100$ год. Виходячи з цього значення середнє квадратичного відхилення буде $S_\tau = 16,7$ год, а математичне сподівання – $m_\tau = 50$ год.

В цьому випадку імовірність відмови протидимного пристрою визначаємо з урахуванням наявності потрібної і дійсної кількості протидимних пристроїв та з урахуванням коефіцієнта $k_{n.3}$. Тоді значення ризику можна виразити через функцію Лапласа

$$\varepsilon_{n.3} = [0,5 + \Phi(u)] k_{n.3}, \quad (3.15)$$

де $\Phi(u)$ – функція Лапласа, яка є непарною;

$$\Phi(-u) = -\Phi(u);$$

u – квантиль нормального розподілу

$$u = \frac{\tau - m_\tau}{S_\tau}; \quad (3.16)$$

$$k_{n.3} = \frac{N_{n.3}}{N_{n.3.0}}; \quad (3.17)$$

$$N_{n.3} = \frac{LB}{S_{n.3}}. \quad (3.18)$$

де $N_{n.3}$ – потрібна кількість протидимних пристроїв для приміщення, од.;

$N_{n.z.d}$ – дійсна кількість протидимних пристроїв, од.;

$S_{n.z}$ – площа, яка обслуговується одним димоприймальним пристроєм (згідно з ДБН В.2.5-56:2014 п. 10.4.2 $S_{n.z} = 900 \text{ м}^2$).

Для визначення функції Лапласа необхідно спочатку визначити квантиль нормального розподілу за залежністю (3.16) для відповідного часу τ , а потім з використанням довідкової літератури, в якій розміщені таблиці функції Лапласа, вибрати значення $\Phi(u)$.

Імовірність $\varepsilon_{e.d}$ настання відмови евакуаційних дверей та системи їх автоматичного відкривання через неефективне виконання дій у проекті СПЗО визначається таким чином. Головною системою евакуаційних дверей є пристрій для їх автоматичного відкривання, який спрацьовує від сигналу ПКП, з'єднаного з системи пожежних сповіщувачів. Згідно із паспортом на цей пристрій, гарантійний термін безвідмовної роботи становить один рік, тобто $T_B = 8760 \text{ год} = 525600 \text{ хв}$. Тоді $\lambda_{e.d} = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ хв}^{-1}$, що дозволяє визначити значення імовірності $\varepsilon_{e.d}$ настання відмови:

$$\varepsilon_{e.d} = 1 - \exp(-\lambda_{e.d}\tau). \quad (3.19)$$

Імовірність $\varepsilon_{a.n}$ настання відмови у системі автоматичного пожежогасіння через неефективне виконання дій у проекті СПЗО визначається таким чином. Згідно із ДСТУ EN 54-3:2003, час T_B напрацювання автоматичної системи пожежогасіння на відмову (час безперервної роботи) дорівнює 100 год. Тоді інтенсивність відмови системи буде дорівнювати

$$\lambda_{a.n} = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ год}^{-1}. \quad (3.20)$$

В цьому випадку імовірність $\varepsilon_{a.n}$ настання відмови у системі автоматичного пожежогасіння через неефективне виконання дій у проекті СПЗО становитиме:

$$\varepsilon_{a,n} = [1 - \exp(-\lambda_{n,o}\tau)], \quad (3.21)$$

де τ – сумарна тривалість роботи системи від початку експлуатації, год;

За умови реалізації проекту СПЗО із відсутністю виконання окремих видів робіт щодо облаштування об'єкта протипожежними засобами необхідно під час викорисання математичної моделі (3.1) слід замість цієї складової підставляти цифру 1.

Якщо отриманий ризик проекту СПЗО для окремого об'єкта, розрахований за моделлю (3.1) не задовольняє допустимого його значення, то необхідно в першу чергу виконати аналіз його складових, а також коефіцієнтів k_i . На підставі результатів аналізу цих коефіцієнтів необхідно розробити заходи із доукомплектування об'єкта протипожежними засобами з метою наближення значень коефіцієнтів до одиниці, керуючись при цьому прийнятим критерієм (3.1), що дозволить підвищити цінність проектів СПЗО завдяки мінімізації збитків об'єктів у випадку виникнення пожежі на них.

Крім цього, під час розрахунку ризику існуючих СПЗО за умови, що у технічних засобах окремих систем вичерпався термін їх експлуатації і їх не замінювали, значення кожної відповідної імовірності настання відмов буде наближатися до (0,632), що не дасть змоги забезпечити допустиме значення імовірності ризику проектів СПЗО для об'єкта захисту. Тому, під час реалізації проектів реінжинірингу СПЗО окремих об'єктів слід передбачати заміну таких протипожежних засобів, у яких термін використання закінчується.

У проектах СПЗО слід передбачувати роботи зі зниження екологічного ризику. Зокрема, це стосується зниження негативного впливу на навколишнє середовище викиду токсичних продуктів згорання під час пожеж. Розглянемо показники, за допомогою яких можна визначити рівень екологічного ризику у проектах СПЗО. У навколишнє середовище під час пожеж перейде маса m продуктів горіння, яка визначається за формулою:

$$m = S_{II} V \tau_{6.2}, \text{ кг} \quad (3.22)$$

де V – швидкість вигорання пожежного навантаження, кг/м²хв.

На підставі параметрів горючого навантаження, а саме враховуючи питомі значення L_i виділених токсичних продуктів від горіння, визначаємо значення маси m_i кожного токсичного продукту за залежністю

$$m_i = m L_i, \quad (3.23)$$

де L_i – питоме значення токсичних продуктів горіння, кг/кг [77].

Токсичними продуктами горіння можуть бути: диоксид вуглецю, оксид вуглецю, оксид азоту, синильна кислота, акролеїн та зниження рівня кисню через горіння [77]. Об'єм розповсюдження продуктів горіння $V_{n.2}$, які виділяються з площі пожежі, залежить від висоти конвективної колонки при виході продуктів горіння через отвір при пожежі в приміщенні і швидкості вітру, що діє на конвективну колонку, та ширини отвору, через який виходять шкідливі речовини.

Для пожеж в закритих приміщеннях об'єм розповсюдження продуктів горіння визначається за формулою [47, 151]:

$$V_{n.2} = \frac{2bHV_6 \tau_{6.2}}{3}, \text{ м}^3 \quad (3.24)$$

де b – ширина отвору, через який виходять шкідливі речовини, м;

$H = 20 \dots 25$ м – зовнішня висота конвективної колонки при пожежі в закритому приміщенні;

V_6 – швидкість вітру, м/хв.

Для відкритих пожеж об'єм розповсюдження продуктів горіння визначається за формулою [29]:

$$V_{n.z} = BHV_g \tau_{g.z}, \text{ м}^3 \quad (3.25)$$

де B – ширина пожежі по нормалі до напрямку вектора швидкості вітру, м
 $H = 120 \dots 150$ м – висота конвективної колонки [29].

Концентрацію токсичних продуктів в г/м^3 , які знаходяться у навколишньому середовищі $V_{n.z}$ можна визначити за залежністю:

$$K_i = \frac{10^3 m_i}{V_{n.z}}. \quad (3.26)$$

Аналіз отриманих результатів, які наведені в роботі [29], вказує, що на загрозу екологічної безпеки при виникненні пожеж на відкритих складах лісоматеріалів в значній мірі впливає швидкість вітру та тривалість вільного горіння, тобто час до початку гасіння пожежі пожежно-рятувальними підрозділами.

Наприклад, при зменшенні швидкості вітру в два рази, а саме з 4 м/с до 2 м/с, зменшується площа розповсюдження продуктів горіння. Відповідно зменшується об'єм розповсюдження продуктів горіння також приблизно в два рази, що призводить до збільшення концентрації токсичних продуктів в два рази. В цьому випадку, наприклад, на площі 73,9 га в районі, який належить відкритому складу лісоматеріалів, навколишнє середовище буде забруднене оксидом вуглецю ($K_{CO} = 1,6 \text{ г/м}^3$), акролеїном ($K_{AKP} = 0,272 \text{ г/м}^3$) з недопустимою для життя людини концентрацією та густина кисню зменшиться до 192 г/м^3 , що унеможливить перебування людей на цій території.

Виходячи із вище сказаного можна стверджувати, що імовірність екологічного ризику насамперед залежить від імовірності виникнення пожежі. Враховуючи рекомендації [82], визначаємо імовірність екологічного ризику за залежністю:

$$\varepsilon_{ек} = \varepsilon_o \varepsilon_n P_{люд} \leq [\varepsilon_{ек}], \quad (3.27)$$

де ε_n – імовірність ризику виникнення пожежі на об'єкті захисту (розраховується на підставі статистичних даних для розглядаємого об'єкта; у випадку відсутності статистичних даних допускається вважати $\varepsilon_n = 4 \cdot 10^{-2}$ [82]);

$P_{люд}$ – імовірність присутності людей на об'єкті захисту

$$P_{люд} = \frac{\tau_{люд}}{24}; \quad (3.28)$$

$\tau_{люд}$ – тривалість присутності людей на об'єкті захисту, год;

$[\varepsilon_{ек}] = 10^{-7}$ – допустиме значення прийнятної імовірності екологічного ризику (якщо $[\varepsilon_{ек}] = 10^{-6}$, то таке значення відповідає гранично-допустимому значенню імовірності екологічного ризику) [134].

На підставі вище викладеного можна сказати, що запропонована модель оцінювання ризиків у проектах СПЗО враховує стан об'єкта захисту та особливості виконання робіт у ньому, що дає змогу здійснити кількісну оцінку ризику за трирівневим розподілом його ймовірностей, а це значно спростить моніторинг і управління цими ризиками. Крім того, запропоновано врахувати стан існуючих систем протипожежного захисту об'єктів та оцінення їх екологічного ризику, врахування яких дасть можливість підвищити цінність проектів СПЗО.

3.3. Модель ініціації проектів ліквідації пожеж на основі оцінки ризиків

Цінність проектів ЛП значною мірою залежить від їх команди та використовуваних ресурсів, зокрема, від професійної майстерності

пожежників, їх бойової готовності, мобільного керування тактикою гасіння та надійності пожежної техніки. Із аналізу чинників, які впливають на виконання робіт у проектах ЛП, можна виділити найбільш впливовий – надійність пожежної техніки. Наприклад, в роботі [54] вказується, що внаслідок відмов пожежної техніки тривалість ліквідації пожежі може збільшуватися в 1,25...2 рази, що призведе до збільшення втрат як для об'єкта, так і для пожежно-рятувального підрозділу та відповідно зниження цінності проектів ЛП.

Згідно із стандартом ДСТУ 2860-94, основними показниками надійності є імовірність безвідмовної роботи $R(\tau)$ та коефіцієнт готовності $A(\tau)$ кожного складового елемента та системи загалом. Результати аналізу чинних стандартів стосовно пожежно-рятувального обладнання та техніки (ДСТУ 3687-98, ДСТУ 2111-92, ДСТУ 2112-92, ДСТУ 2802-94, ДСТУ-П 7290:2012 та інших), 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. Тому виникає проблема у визначенні показників надійності виконання робіт у проектах ЛП, а також технічних ресурсів для їх виконання, що дозволить з їх урахуванням забезпечити якісне визначення відповідних значень ризиків.

Отже, потрібно визначити основні показники надійності технічних ресурсів та дій, що виконуються у проектах ЛП. Для цього слід розв'язати такі завдання: 1) вибрати методи узгодження робіт у проектах ЛП із проектним середовищем та основними ресурсами для їх виконання (див. дод. Б); 2) визначити значення основних показників надійності технічних ресурсів та виконання дій на підставі статистичного моделювання; 3) розробити модель ідентифікації ризиків у проектах ЛП.

Вибір основних дій у проектах ЛП слід проводити із врахуванням характеристик проектного середовища (характеристик об'єкта, де сталася

пожежа, її масштабів тощо), наявності протипожежних засобів (продукт проекту СПЗО), наявності ресурсів для виконання дій у проектах ЛП.

Визначення значень основних показників надійності технічних ресурсів та виконання дій у проектах ЛП, які наведені в дод. Б, виконуємо з використанням методу статистичного моделювання. Для визначення основних показників надійності за допомогою методу статистичного моделювання використовуємо результати наукових робіт [63, 116]. У них пропонується виконувати уточнення значення тривалості напрацювання на відмову технічних ресурсів та параметра форми кривої розподілу. За основу прийнято закон розподілу Вейбулла, який дає можливість визначити ймовірність безвідмовної роботи технічних ресурсів:

$$R(\tau) = \exp \left[- \left(\frac{\tau}{T_B} \right)^b \right], \quad (3.29)$$

де τ – тривалість виконання відповідної дії пожежником або елементом пристрою у часі чи у циклах за заданих технічних ресурсів;

T_B – максимально можлива тривалість роботи у часі або у циклах відповідної складової пожежної техніки до першої відмови;

b – параметр форми кривої розподілу; у випадку коли $b \leq 1$, розподіл наближається до експоненціального закону; якщо $1 \leq b \leq 2$ – розподіл наближається до закону розподілу Вейбулла; у випадку коли $b > 2$ – розподіл стає близьким до нормального закону розподілу.

Використовуючи значення випадкових чисел X_i в інтервалі $[0, 1]$ і приймаючи ці значення як ймовірність безвідмовної роботи $R_i(\tau)$, можна визначити значення тривалості τ_i виконання роботи елементом конструкції у часі або у циклах з використанням залежності (3.29):

$$\tau_i = T_B \sqrt[b]{-\ln R_i(\tau)}. \quad (3.30)$$

Використовуючи залежність (3.30) та підставляючи в неї замість $R_i(\tau)$ випадкові числа X_i , можна статистичним моделюванням визначити: 1) параметри розподілу T_B і b у випадку, якщо напрацювання технічних ресурсів τ встановлено експериментально; 2) напрацювання τ за залежністю (3.30), якщо параметри розподілу T_B і b відомі для аналогічних виробів чи систем. В нашому випадку будемо використовувати перший варіант.

Статистичну оцінку імовірності того, що тривалість безвідмовної роботи τ системи не перевищує τ_i , визначаємо за залежністю

$$R(\tau_i) = 1 - \frac{i}{N+1}, \quad (3.31)$$

де $i = 1; 2; 3; \dots$;

n – цілі числа, які вказують номер проведення числового експерименту;

N – загальна кількість проведених числових експериментів (реалізація випадкового процесу).

Для розгляду розподілу отриманих значень за основу приймають графічний метод з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel. Після побудови графічної залежності на неї накладають лінію тренда з отриманням рівняння прямої, яка не проходить через початок координат, у вигляді

$$y = bx - c, \quad (3.32)$$

де b – параметр форми, який дорівнює $\operatorname{tg} \alpha$, тобто тангенсу кута нахилу α лінії тренда до осі X .

Після виконання нескладних математичних перетворень залежності (3.29), тобто подвійного логарифмування, отримуємо

$$\lg(-\lg R(\tau_i)) = b \lg \tau_i - c; \quad (3.33)$$

$$c = 0,362 + b \lg T_B. \quad (3.34)$$

Тоді

$$T_B = 10^{\frac{c-0,362}{b}}. \quad (3.35)$$

Результати попередніх досліджень показали, що зі збільшенням значення імовірності ризику у проектах ЛП збільшуються відповідно тривалості виконання дій та загальні втрати. Для наочності розглянемо вплив $\varepsilon_{л.п}$ на прогнозовану тривалість виконання робіт у проектах ЛП (рис. 3.2) і відповідно на загальні втрати від пожеж.

Дослідження виконувалися для умов ліквідації пожежі у житловому секторі. Згідно із даними роботи [69], $\tau_{л.п} = 46$ хв при виконанні всіх робіт відповідно до нормативів їх тривалостей, що відповідає значенню імовірності ризику $\varepsilon_{л.п} = 10^{-6}$.

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. 3.2) час зайнятості пожежно-рятувального підрозділу може змінюватися в межах 1 ... 1,6, а збитки об'єкту – 1 ... 3,3.

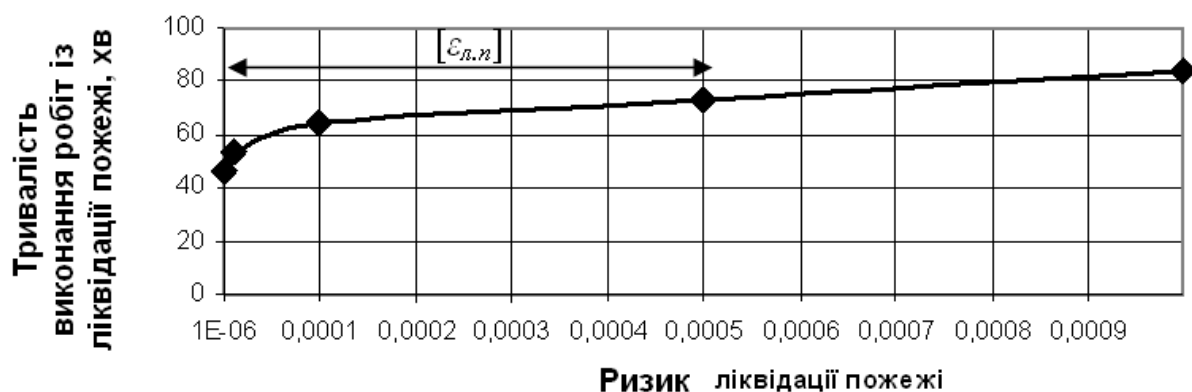


Рисунок 3.2 – Залежність тривалості виконання робіт щодо ліквідації пожежі від імовірності їх невиконання: $[\varepsilon_{л.п}]$ – допустиме значення імовірності ризику виконання робіт у проекті ЛП

Якщо існує недопустима імовірність ризику, наприклад $\varepsilon_{л.п} = 10^{-3}$, то збитки об'єкта порівнянно з $\varepsilon_{л.п} = 10^{-6}$ зростають в 5,4 рази, а тривалість виконання робіт у проекті ЛП – в 1,9 рази. Отже, вирішення питання визначення диференційованого і загального значення імовірності невиконання робіт у проектах ЛП є досить актуальним.

На наступному етапі визначають ризик виконання дій у проектах ЛП. Імовірність невчасного отримання і обробки сповіщення про пожежу $\varepsilon_{о.о}$ відносно нормативного часу підпорядковується експоненціальному закону і визначається (при дійсній тривалості $\tau_{о.о.д}$, хв) за залежністю, що описується рівнянням:

$$\varepsilon_{о.о} = 1 - \exp(-\tau_{о.о.д}). \quad (3.36)$$

Імовірність невчасного залучення сил і засобів гарнізону для гасіння пожежі $\varepsilon_{з.с}$ в межах нормативного часу також підпорядковується експоненціальному закону і визначається (при дійсній тривалості $\tau_{з.с.д}$, хв) за залежністю, що описується рівнянням:

$$\varepsilon_{з.с} = 1 - \exp(-0,33\tau_{з.с.д}). \quad (3.37)$$

Імовірність невчасного збору $\varepsilon_{зб}$ особового складу при $\tau_{зб.д}$, хв, яке не перевищує нормативного, визначається за залежністю, що описується рівнянням:

$$\varepsilon_{зб} = 1 - \exp(-\tau_{зб.д}). \quad (3.38)$$

Імовірність невчасного прибуття (слідування) до місця виклику $\varepsilon_{сл}$ в межах нормативного часу підпорядковується розподілу Вейбулла. В цьому випадку при дійсному часі проходження $\tau_{сл.д}$ в хв, маємо:

$$\varepsilon_{сл} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau_{сл.д}}{T_{В.сл}}\right)^2\right], \quad (3.39)$$

де $T_{B.сл}$ – нормативний час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику, хв. Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 27 листопада 2013 року № 874, нормативний час прибуття (після отримання диспетчерською службою виклику) до місця виклику – 15 хв. Нормативний час на отримання та обробку сповіщення про пожежу, на залучення сил і засобів гарнізону на гасіння пожежі і на збір особового складу в цілому становлять 5 хв. Тоді $T_{B.сл} = 15 - 5 = 10$ хв.

Імовірність невчасного оперативного розгортання $\varepsilon_{роз}$ в межах нормативного часу підпорядковується розподілу Вейбулла. Тоді:

$$\varepsilon_{роз} = 1 - \exp\left[-(0,1\tau_{роз.д})^2\right], \quad (3.40)$$

де $\tau_{роз.д}$ – дійсний час оперативного розгортання, який можна визначити на підставі математичної обробки результатів повнофакторного експерименту, хв.

$$\tau_{роз.д} = 3,2 + 0,6ВП + 0,1(СА + СБ) + 1,04N_2 + 0,32z_{II}. \quad (3.41)$$

N_2 – кількість пожежних гідрантів, яка використовується в процесі ліквідації пожежі;

z_{II} – поверх будівлі, на якому виникла пожежа.

Імовірність невчасної локалізації осередку пожежі $\varepsilon_{лок}$ в межах оптимального часу підпорядковується розподілу Вейбулла. У цьому випадку маємо:

$$\varepsilon_{лок} = 1 - \exp\left[-(0,01\tau_{лок.д})^2\right], \quad (3.42)$$

де $\tau_{лок.д}$ (хв) – дійсний час локалізації пожежі для пожеж класу А можна визначити з використанням залежності [86, дод. В].

Імовірність невчасного гасіння пожежі ε_z в межах оптимального часу для конкретних умов при дійсному часі гасіння $\tau_{z,d}$ (хв) [86, дод. В] визначається:

$$\varepsilon_z = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau_{z,d}}{T_{B,z}}\right)^2\right]. \quad (3.42a)$$

Значення $T_{B,z} = 20$ хв для гасіння пожеж класу А в житлових і адміністративних приміщеннях; $T_{B,z} = 60$ хв – в виробничих приміщеннях [69].

Імовірність невчасного кінцевого (остаточного) гасіння $\varepsilon_{k,z}$ займистих вогнищ пожежі в межах оптимального часу для конкретних умов при дійсному часі кінцевого гасіння $\tau_{k,z,d} = 0,25(\tau_{лок,d} + \tau_{z,d})$ (хв) визначається за формулою:

$$\varepsilon_{k,z} = 1 - \exp[-0,0025(\tau_{лок,d} + \tau_{z,d})]. \quad (3.43)$$

Після визначення імовірностей невчасного виконання основних робіт у проектів ЛП необхідно значення цих імовірностей перевести в числову оцінку ризику (R – risk) згідно із даними, що подані у дод. Б. Це дасть можливість виконати якісну і кількісну оцінку 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.

3.4. Метод оцінення ризиків дій у проектах ліквідації пожеж

Для оцінення ризиків тривалості виконання робіт у проектах ЛП слід розробити метод, який повинен базуватися на вище обґрунтованих математичних моделях і він дозволить 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 визначається загальна тривалість проекту ЛП із врахуванням тривалості усіх робіт, що виконуються в ньому:

$$\tau_{л.п} = \tau_{о.о} + \tau_{з.с} + \tau_{зб} + \tau_{сл} + \tau_{роз} + \tau_{лок} + \tau_2 + \tau_{к.2}, \quad (3.44)$$

де $\tau_{о.о}$ – тривалість отримання та опрацювання сповіщення про пожежу;

$\tau_{о.о}=1$ хв [99];

$\tau_{з.с}$ – тривалість залучення сил та засобів гарнізону для гасіння пожежі;

$\tau_{з.с}=3$ хв [152];

$\tau_{зб}$ – тривалість збору особового складу; $\tau_{зб} = 1$ хв [99];

$\tau_{сл}$ – середня тривалість слідування на пожежу, хв [106];

$\tau_{роз}$ – тривалість оперативного розгортання; $\tau_{роз} = 5 \dots 8$ хв [15];

$\tau_{лок}$ – тривалість локалізації пожежі, хв [69];

τ_2 – тривалість гасіння пожежі, хв [69];

$\tau_{к.2}$ – тривалість завершальних робіт в осередках, де поновлюється полум'я, хв [69].

Крім того, на етапі ініціації слід прогнозувати тривалості вільного горіння $\tau_{в.2}$, від кількісного значення якої залежить площа пожежі, що є визначальним показником для визначення виду виконуваних робіт та потреби залучення ресурсів. Зазначену тривалість можна визначити на підставі використання залежності:

$$\tau_{в.2} = \tau_{в.в} + \tau_{сп} + \tau_{о.о} + \tau_{з.с} + \tau_{зб} + \tau_{сл} + \tau_{роз}, \quad (3.45)$$

де $\tau_{в.в}$ – тривалість від виникнення до виявлення пожежі, хв;

$\tau_{сп}$ – тривалість від виявлення пожежі до отримання сповіщення про неї диспетчерським пунктом ДСНС, хв.

Також для узгодження дій слід враховувати тривалість зайнятості підрозділів пожежно-рятувальної служби, яку можна визначити за формулою:

$$\tau_{з.п} = \tau_{о.о} + \tau_{з.с} + \tau_{зб} + \tau_{сл} + \tau_{роз} + \tau_{лок} + \tau_{г} + \tau_{к.г}. \quad (3.46)$$

На другому етапі цього методу визначаємо ризик у проектах ЛП із використанням основних положень теорії надійності. При цьому приймаємо такі умови. Імовірність безвідмовного виконання будь-яких робіт $R(t)$ проекту ЛП залежить від стану об'єкта та обсягів пожежі, що виникла у ньому. Наприклад, виконання будь-яких робіт у проектах ЛП може змінюватися в межах від 0 до 1. У той же час в процесі може виникнути імовірність відмови $F(t)$. Відомо, що сума цих параметрів дорівнює одиниці, тобто:

$$R(t) + F(t) = 1. \quad (3.47)$$

Тоді ймовірність відмови може бути визначена за умови:

$$F(t) = 1 - R(t). \quad (3.48)$$

Виходячи з цієї умови, було прийнято, що імовірність відмови $F(t)$ є не що інше, як імовірність ризику виконання окремих робіт проекту ЛП. На підставі вище сказаного було прийнято, що:

$$F_i(t) = \varepsilon_i, \quad (3.49)$$

де ε_i – імовірність ризику виконання i -х робіт проекту ЛП.

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. В цьому випадку загальну імовірність ε невиконання робіт проекту ЛП можна визначити за формулою:

$$\varepsilon = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i, \quad (3.50)$$

де m – загальна кількість послідовних видів робіт проекту ЛП.

Наведений підхід був використаний для визначення ризику дій у проектах ЛП. Результат розрахунку імовірності ризику проекту ЛП не повинен перевищувати значень, які регламентуються Всесвітньою організацією охорони здоров'я [9]. У разі перевищення цих значень імовірності виникає зростання тривалості вільного горіння та тривалості виконання робіт із ЛП, що в свою чергу призводить до зростання збитків.

Використовуючи залежність (3.49), представимо математичну модель ризику $\varepsilon_{л.п}$ дій у проектах ЛП, яка описується таким чином:

$$\varepsilon_{л.п} = \varepsilon_{о.о} \varepsilon_{з.с} \varepsilon_{зб} \varepsilon_{сл} \varepsilon_{роз} \varepsilon_{лок} \varepsilon_г \varepsilon_{к.г} \leq [\varepsilon], \quad (3.51)$$

де $\varepsilon_{о.о}$, $\varepsilon_{з.с}$, $\varepsilon_{зб}$, $\varepsilon_{сл}$, $\varepsilon_{роз}$, $\varepsilon_{лок}$, $\varepsilon_г$, $\varepsilon_{к.г}$ – відповідно імовірності відмов під час отримання і оброблення сповіщення, залучення сил і засобів гарнізону для ліквідації пожежі, збору особового складу, слідування на пожежу, оперативного розгортання, локалізації осередку пожежі, гасіння пожежі, кінцевого (остаточного) гасіння;

$[\varepsilon] = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-4}$ – допустиме значення ризику у проектах ЛП [9, 106].

Отже, на підставі вище викладеного можна стверджувати, що запропонований метод оцінення ризиків дій у проектах ЛП, який базується на обґрунтованих математичних моделях їх складових, забезпечує їх кількісну оцінку із врахування стану проектного середовища. Враховуючи те, що кожен проект ЛП має своє специфічне проектне середовище, яке є перемінним і значною мірою впливає на цінність цих проектів, для врахування ризику дій на етапі їх ініціації слід розробляти інформаційні

системи підтримки прийняття рішень, які базуватимуться на розроблених моделях та методах.

3.5. Метод визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів міста із врахуванням ризиків

Основною метою визначення витрат коштів на матеріальні ресурси у проектах СПЗО міста на етапі їх ініціації є розроблення 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.

Щоб виконати це завдання необхідно визначити функцію мети, значення якої необхідно мінімізувати. Такою функцією мети є значення ймовірності ризику проекту СПЗО для заданого об'єкта:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_o &\Rightarrow \min; \\ \varepsilon_o &\leq [\varepsilon_o]; \\ \varepsilon_{ек} &\leq [\varepsilon_{ек}], \end{aligned} \right\} \quad (3.52)$$

де ε_o , $\varepsilon_{ек}$ – значення ризиків відповідно проекту СПЗО та екологічного для заданого об'єкта;

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

Для формування функції мети згідно із рекомендаціями [82] необхідно до залежності (3.1) додати ймовірність невчасної евакуації людей ε_e із зони пожежі на об'єкті. В цьому випадку отримаємо:

$$\varepsilon_o = \varepsilon_{н.к.н} \varepsilon_{н.с} \varepsilon_{н.о} \varepsilon_{н.з} \varepsilon_{е.о} \varepsilon_e. \quad (3.53)$$

Імовірність невчасної евакуації визначають за залежністю [121]:

$$\varepsilon_e = 1 - \frac{0,8\tau_k - \tau_e}{\tau_{n,e}}, \quad (3.54)$$

де τ_k – критична тривалість пожежі (залежить від кількості небезпечних факторів пожежі, але як статистичні дані пожеж, її значення коливається в межах 5...10 хв), хв;

τ_e – тривалість евакуації, хв;

$\tau_{n,e}$ – тривалість від початку пожежі до початку евакуації (за наявності на об'єкті системи протипожежного захисту та оповіщення про пожежу $\tau_{n,e}=1...2$ хв для одного поверху пожежі), хв.

Якщо значення ε_e за залежністю (3.54) буде дорівнювати нулю або буде від'ємним, то значення ε_e приймати рівним 10^{-3} .

Тривалість евакуації τ_e визначають за залежністю:

$$\tau_e = \frac{l_e}{k_e V_{e,d}}, \quad (3.55)$$

де l_e – шлях евакуації, м;

$$l_e = k_{кр} \sqrt{L_{np}^2 + B_{np}^2}; \quad (3.56)$$

де $k_{кр}=1,4$ – коефіцієнт, який враховує кривизну шляху евакуації в зоні виникнення пожежі;

L_{np} – довжина проходу в зоні виникнення пожежі, м;

B_{np} – ширина проходу, м;

$V_{e,d}$ – дійсна середня швидкість евакуації, м/хв;

$$V_{e,d} = 49,5 - 9,27 \ln[-\lg(0,1 + 1,284k_{em})]; \quad (3.57)$$

де k_{em} – коефіцієнт емоційного стану людей, які евакуюються; (значення цього коефіцієнта приймають в межах $k_{em} = 0 \dots 0,7$ [139]; при відсутності емоційного стану $k_{em} = 0$);

k_6 – кількість евакуаційних виходів.

Критерієм прийняття управлінських рішень, є різницевий критерій, який визначається за виразом (2.5):

$$|B_o - B_n| \Rightarrow \min, \quad (3.58)$$

де $B_o = C_o S_{\Pi}$ – прямі збитки об'єкта від пожежі, грн;

C_o – середня вартість одиниці площі об'єкта, на якому виникла пожежа, грн/м²;

S_{Π} – площа пожежі на об'єкті захисту, м²;

$B_n = C_n \tau_{з.н} ВП$ – витрати пожежно-рятувальних підрозділів на ліквідацію пожежі залежно від тривалості їх зайнятості за залежністю (3.46) і кількості відділень $ВП$;

$\tau_{з.н}$ – тривалість зайнятості підрозділів пожежно-рятувальної служби за залежністю (3.46).

Крім цього, необхідно порівнювати збитки від пожежі з витратами на протипожежний захист $B_{n.з}$, які залежать від кількості та вартості засобів для забезпечення протипожежного захисту об'єкта і які впливають на значення ризику проекту СПЗО. Значення $B_{n.з}$ можна визначити за залежністю:

$$B_{n.з} = \left(\sum_{i=1}^n C_i N_i \right) K_{ki}, \quad (3.59)$$

де C_i – вартість i -го засобу протипожежного захисту, грн;

N_i – загальна кількість i -х засобів протипожежного захисту, од.;

K_{ki} – коефіцієнт, який враховує капітальні витрати на монтаж засобів протипожежного захисту;

n – загальна кількість засобів протипожежного захисту, од.

Під час прогнозування збитків від можливої пожежі необхідно враховувати умову, яка дає змогу значно зменшити ці збитки завдяки забезпеченню об'єкта захисту повним протипожежним комплексом. Для цього необхідно перевіряти умову:

$$B_{n.3} \leq (B_o + B_n). \quad (3.60)$$

Отже, запропонована оптимізаційна математична модель з урахуванням допустимого значення ризику має функцію мети (3.52), та передбачає використання критерію (3.58). Крім того, прийняті обмеження:

$$a_1 \leq k_{n.c} \leq b_1; \quad (3.61)$$

$$a_2 \leq k_{n.o} \leq b_2; \quad (3.62)$$

$$a_3 \leq k_{n.3} \leq b_3; \quad (3.63)$$

$$a_4 \leq k_{n.g} \leq b_4; \quad (3.64)$$

$$B_{n.3} \leq (B_o + B_n); \quad (3.65)$$

$$p \geq [p], \quad (3.66)$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2, \dots, b_4 – максимальні значення обмежень; p – імовірність потрапляння досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків ($p = k/N$, де k – кількість циклів роботи програми, при яких досліджувальні точки потрапили в область допустимих розв'язків; N – загальна кількість циклів роботи програми; $[p]$ – допустиме значення імовірності, від значення якого залежить кількість досліджень для прийняття оптимального значення.

Значення обмежень a_1, a_2, a_3, a_4 можна приймати однаковими і такими, що дорівнюють одиниці. Такий підхід до прийняття такого значення можна обґрунтувати тим, що мінімальне значення цих коефіцієнтів в обмеженнях

(3.61)...(3.64) буде в тому випадку, коли встановлена в цеху кількість протипожежних засобів відповідає нормативним вимогам. За аналогією приймаємо максимальне значення обмежень b_1, b_2, b_3, b_4 такими, що дорівнюють 15.

Для розв'язування представленої задачі використовуємо оптимізаційну модель та метод Монте-Карло. Область допустимих розв'язків, яка визначається обмеженнями (3.61)...(3.65), оточують m -мірним паралелепіпедом, в якому проводимо дослідження. Поставлену задачу краще всього розв'язувати з використанням прикладного комп'ютерного забезпечення. Генерують ряд псевдовипадкових чисел μ_{ji} в інтервалі $0...1$. Для перетворення псевдовипадкових чисел μ_{ji} , які рівномірно розподілені в інтервалі $0...1$, до значень k_i використовується залежність для визначення $k_{n.c.i}$:

$$k_{n.c.i} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1), \quad (3.67)$$

де μ_{1i} – псевдовипадкове число для визначення чинника $k_{n.c.i}$ на певному i -му циклі розрахунку.

Під час кожного циклу моделювання визначаються значення ε_o за залежністю (3.53) та критеріїв B_o і B_n , які перевіряються зі значеннями попереднього циклу. Ці процедури виконуються до тих пір, поки буде виконана умова (3.66). Після завершення роботи програми на друк видаються такі дані: $\varepsilon_o, \varepsilon_{n.k.n}, \varepsilon_{n.c}, \varepsilon_{n.o}, \varepsilon_{n.z}, \varepsilon_{e.d}, \varepsilon_e, \varepsilon_{ek}, S_{II}$ та відповідно $R_{n.k.n}, R_{n.c}, R_{n.o}, R_{n.z}, R_{e.d}, R_e, R_{ek}$ до і після впровадження протипожежних засобів, значення $k_{n.c}, k_{n.c}, k_{n.o}, k_{n.z}, p$, типи протипожежних засобів їх вартість, кількість та загальні додаткові витрати на їх придбання.

Запропонований метод кількісного оцінення ризиків у проектах СПЗО стосується створення декількох підсистем протипожежного захисту об'єкта. В той же час ці об'єкти розташовані на території міста або інших населених пунктів, для яких потрібно додаткове фінансування для створення підсистем протипожежного захисту об'єктів.

Для визначення додаткових витрат на придбання засобів протипожежного захисту міста, з урахуванням допустимого значення ризиків проектів СПЗО, необхідно знати на кінець звітної періоду дійсне значення загальної кількості пожеж N_n , а також споруд всіх об'єктів міста N_o за ЄДРПОУ. Тоді ризик ε_m системи протипожежного захисту для міста становитиме [73]:

$$\varepsilon_m = \frac{N_n}{N_o} \leq [\varepsilon], \quad (3.68)$$

де $[\varepsilon]$ – допустиме значення ризику проекту СПЗО для міста.

У випадку, коли ε_m перевищує значення допустимого ризику $[\varepsilon]$ проекту СПЗО для міста, необхідно розробляти та впроваджувати заходи для його зменшення до допустимих значень шляхом придбання протипожежних технічних засобів об'єктів міста, що потребує додаткових витрат.

У свою чергу ризик проектів СПЗО ε_m для міст залежить від ризиків виникнення пожежі на об'єктах житлового сектора $\varepsilon_{жс}$ з урахуванням ризиків евакуації людей ε_e та впливу людського фактора ε_l , виникнення пожежі на соціально-культурних, громадських та адміністративних об'єктах ε_c , спорудах виробничого призначення ε_g та проектів ЛП $\varepsilon_{л.п.}$. В цьому випадку ми можемо записати:

$$\varepsilon_i = f(\varepsilon_a, \varepsilon_e, \varepsilon_{\bar{e}}, \varepsilon_{\bar{n}}, \varepsilon_{\bar{a}}, \varepsilon_{\bar{e}.n}). \quad (3.69)$$

Визначення складових залежності (3.69) наведено в роботах [58, 56, 57, 55, 49, 88]. Виходячи з того, що усі чинники, які впливають на кожен складову ризику, діють паралельно, функціональний зв'язок між загальним значенням ризику проекту СПЗО міста та його складовими визначаємо за залежністю:

$$\varepsilon_{\mathcal{M}.i} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \varepsilon_i), \quad (3.70)$$

де n – загальна кількість складових ризику проекту СПЗО міста;

ε_i – i -та складова ризику.

Оптимізаційну модель визначення додаткових витрат на придбання засобів протипожежного захисту для міста з урахуванням допустимого значення ризику проекту СПЗО можна представити у вигляді:

➤ функція мети

$$\varepsilon_{\mathcal{M}.i} \Rightarrow \min ; \quad (3.71)$$

➤ критерій

$$|B_{o.i} - B_{d.i}| \Rightarrow \min ; \quad (3.72)$$

➤ обмеження

$$a_1 \leq \varepsilon_{\mathcal{M}.i} \leq b_1 ; \quad (3.73)$$

$$a_2 \leq \varepsilon_{e.i} \leq b_2 ; \quad (3.74)$$

$$a_3 \leq \varepsilon_{\mathcal{L}.i} \leq b_3 ; \quad (3.75)$$

$$a_4 \leq \varepsilon_{c.i} \leq b_4 ; \quad (3.76)$$

$$a_5 \leq \varepsilon_{\theta.i} \leq b_5 ; \quad (3.77)$$

$$a_6 \leq \varepsilon_{opz.i} \leq b_6 ; \quad (3.78)$$

$$B_{o.i} \leq b_7 ; \quad (3.79)$$

$$B_{d.i} \leq b_8 ; \quad (3.80)$$

$$\varepsilon_{\mathcal{M}.i} \leq [\varepsilon] ; \quad (3.81)$$

$$p \geq [p], \quad (3.82)$$

де a_1, a_2, \dots, a_6 – мінімально можливе для заданих умов значення пожежного ризику;

b_1, b_2, \dots, b_6 – максимально можливе для заданих умов значення пожежного ризику;

b_7 – максимально допустиме значення прямих збитків від можливих пожеж, тис. грн;

b_8 – максимально можливі додаткові витрати на протипожежний захист, тис. грн;

p – імовірність потрапляння досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків.

Значення чинника b_7 для міста з кількістю населення $H \leq 1000000$ осіб можна визначити за залежністю [49]:

$$b_7 = 3023,3 \ln(\varepsilon_i \cdot 10^5) + 14948, \text{ тис. грн.}, \quad (3.83)$$

де ε_m – пожежний ризик, який визначений за залежністю (3.69).

Значення обмеження b_8 можна визначити за залежністю [49]:

$$b_8 = 8783([\varepsilon]^{-0,083} - \varepsilon_i^{-0,083}), \text{ тис. грн.} \quad (3.84)$$

Поточне значення збитків об'єкта від пожежі визначають за залежністю:

$$B_{o,i} = 3023,3 \ln(\varepsilon_{m,i} \cdot 10^5) + 14948, \text{ тис. грн.} \quad (3.85)$$

де $\varepsilon_{m,i}$ – поточне значення ризику проекту СПЗО для міста.

Поточне значення додаткових витрат на протипожежний захист міста визначають за формулою:

$$B_{o,i} = 8783(\varepsilon_{m,i}^{-0,083} - \varepsilon_m^{-0,083}), \text{ тис. грн.} \quad (3.86)$$

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 виконуємо із

врахуванням питомої ваги K_i кожної складової ризику відповідних об'єктів міста, а саме:

$$K_i = \frac{\varepsilon_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}. \quad (3.87)$$

В цьому випадку, додаткові витрати на облаштування об'єктів міста системами протипожежного захисту, будуть розподілятися пропорційно питомій вазі кожної складової ризику проекту СПЗО, яка визначається за залежністю:

$$B_{\varepsilon.i} = B_{0.i} K_i. \quad (3.88)$$

Крім цього, слід визначити достатність додаткових витрат коштів на впровадження систем протипожежного захисту для кожної групи об'єктів міста. Для цього використовуємо залежність:

$$\psi_i = \frac{B_{\varepsilon.i}}{8783(\varepsilon_i^{-0,083} - \varepsilon_{i.дійсне}^{-0,083})} \leq 1, \quad (3.89)$$

де $\varepsilon_{i.дійсне}$ – дійсне значення ризику проектів СПЗО для відповідної групи об'єктів міста, яке отримуємо на підставі статистичних даних.

У випадку, коли $\psi_i > 1$, необхідно виконати перерозподіл коштів за рахунок тих груп об'єктів міста, для яких $\psi_i < 1$, або залучити до поповнення бюджету приватні підприємства.

Після визначення максимально можливих додаткових витрат $B_{\varepsilon.i}$ на реінжиніринг систем протипожежного захисту всіх груп об'єктів міста, визначають потрібну кількість їх складових за залежністю:

$$B_{\partial,i} \approx \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{1000} N_i k_N, \text{ тис. Грн.} \quad (3.90)$$

де C_i – ціна одного i -го елемента системи протипожежного захисту, грн; N_i – загальна необхідна кількість i -х елементів системи протипожежного захисту (кількість N_i залежить від кількості споруд, для яких влаштовується протипожежний захист), од; k_N – коефіцієнт, який враховує витрати на влаштування та запуск в експлуатацію i -х елементів протипожежного захисту; m – загальна кількість елементів системи протипожежного захисту, яка впроваджується в місті, од.

Під час проведення розрахунків допустиме значення пожежного ризику міста доцільно приймати, як середнє значення високого (терпимого) ризику $[\varepsilon] = 2,75 \cdot 10^{-4}$. При визначені граничних значень пожежних ризиків a_j і b_j (де $j = 1; 2; \dots; 6$) раціонально використовувати прийнятний ризик в межах від $a_j = 10^{-6}$ до $b_j = 5 \cdot 10^{-5}$.

Для кількісного оцінення ризиків у проектах СПЗО міст та визначення доцільності впровадження відповідних заходів протипожежного захисту використовують метод Монте-Карло, який лежить в основі розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень. Зокрема, під час розрахунку на кожному циклі моделювання визначаються значення $\varepsilon_{m,i}$ за залежністю (3.70) та критерії $B_{o,i}$ і $B_{\partial,i}$, які порівнюються зі значеннями попереднього циклу. Ці цикли виконуються до тих пір, поки будуть виконані умови (3.81) і (3.82). Після завершення моделювання на друк видаються такі дані: $\varepsilon_{m,i}; \varepsilon_{ж,i}; \varepsilon_{e,i}; \varepsilon_{л,i}; \varepsilon_{с,i}; \varepsilon_{в,i}; \varepsilon_{орг,i}; B_{o,i}; B_{\partial,i}; B_{\varepsilon.ж,i}; B_{\varepsilon.e,i}; B_{\varepsilon.л,i}; B_{\varepsilon.с,i}; B_{\varepsilon.в,i}; B_{\varepsilon.орг,i}; \psi_{ж,i}; \psi_{e,i}; \psi_{л,i}; \psi_{с,i}; \psi_{в,i}; \psi_{орг,i}; P$.

3.6. 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 прогнозування 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:

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{лок} + \tau_2 + \tau_{к.2} \Rightarrow \min ; \\ \varepsilon_{л.п} \leq [\varepsilon], \end{array} \right\} \quad (3.91)$$

де $\tau_{лок}$, τ_2 , $\tau_{к.2}$ – тривалість локалізації, гасіння та кінцевого гасіння пожежі, хв;

$\varepsilon_{л.п}$ – ризик проекту ЛП;

$[\varepsilon] = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-4}$ – допустиме значення ризику [9, 106].

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 (3.91), за критерій – вираз (3.72), а також обмеження:

$$a_1 \leq CB_i^r \leq b_1; \quad (3.92)$$

$$a_2 \leq CB_i^3 \leq b_2; \quad (3.93)$$

$$a_3 \leq CA_i \leq b_3; \quad (3.94)$$

$$a_4 \leq \tau_{г.2.i} \leq b_4; \quad (3.95)$$

$$a_5 \leq l_{q.i} \leq b_5; \quad (3.96)$$

$$p \geq [p], \quad (3.97)$$

де a_1, a_2, \dots, a_5 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2, \dots, b_5 – максимальні значення обмежень;

p – імовірність потрапляння досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків;

CB^T – технічні ресурси пожежних стволів типу Б для гасіння пожежі;

CB^3 – технічні ресурси пожежних стволів типу Б для захисту;

CA – технічні ресурси пожежних стволів типу А для гасіння пожежі;

$\tau_{в,г}$ – тривалість вільного горіння, хв;

l_q – відстань пожежника зі стволом від фронту пожежі, м.

За критерій прийняття управлінського рішення приймаємо різницевий критерій, особливості визначення якого подано у розділі 2 цієї роботи. Значення a_1, a_2, a_3 і b_1, b_2, b_3 можна визначити з використанням рекомендацій, що представлені у роботах [69, 71, 104, 156]. Для визначення значень a_4 і b_4 можна використати рекомендації, які подано у роботах [15, 78, 99, 101], згідно із якими отримано:

$$a_4 = \frac{60Lk_n}{V_{сл}} + 20,5; \quad b_4 = \frac{60Lk_n}{V_{сл}} + 29, \quad (3.98)$$

де L – відстань від пожежно-рятувальної частини до об'єкта, на якому виникла пожежа, км;

k_n – коефіцієнт, який враховує непрямолінійність вуличної мережі (в містобудівельній практиці його максимальне значення приймають $k_n = 1,4$);

$V_{сл}$ – середня швидкість руху пожежних автомобілів, км/год (в денний час $V_{сл} = 32$ км/год; вночі – до 60 км/год [71]).

Значення a_5 і b_5 можна визначити з використанням рекомендацій, що представлені у роботах [53, 70]. Мінімальне значення a_5 можна визначити за залежністю:

$$a_5 = 20,38 \left(\frac{\sqrt[3]{S_{II}}}{[q]} \right)^{0,67}, \quad (3.99)$$

де $[q] = 3 \text{ кВт/м}^2$ – допустиме значення густини теплового потоку для заданих умов локалізації і гасіння пожежі без використання захисного одягу.

Максимальне значення b_5 визначають виходячи з максимальної довжини подачі суцільного струменя пожежним стволом:

$$b_5 = L_{n.c.max} - h, \quad (3.100)$$

де $L_{n.c.max} = 30 \text{ м}$ – максимальна довжина суцільного струменя вогнегасної речовини для ручних пожежних стволів [50];

$h = 5 \text{ м}$ – глибина подачі вогнегасної речовини в осередок пожежі.

Для кількісного оцінення ризиків у проектах ЛП та дій і потреби у ресурсах використовують метод Монте-Карло, який лежить в основі розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень. Зокрема, під час розрахунку на кожному циклі моделювання визначаються значення $\varepsilon_{l.n.i}$ за залежністю (3.51) та критеріїв $V_{o.i}$ і $V_{n.i}$, які перевіряються зі значеннями попереднього циклу. Ці процедури виконуються до тих пір, поки будуть виконані умови (3.96) і (3.97). Після завершення моделювання на друк видаються такі дані: $\varepsilon_{l.n}$, $\varepsilon_{o.o}$, $\varepsilon_{z.c}$, $\varepsilon_{зб}$, $\varepsilon_{сл}$, $\varepsilon_{роз}$, $\varepsilon_{лок}$, ε_2 , $\varepsilon_{к.2}$, S_{II} та відповідно $R_{o.o}$, $R_{z.c}$, $R_{зб}$, $R_{сл}$, $R_{роз}$, $R_{лок}$, R_2 , $R_{к.2}$, $\tau_{сл}$, $\tau_{лок}$, τ_2 , $\tau_{к.2}$, p , кількість пожежно-рятувальних відділень ВП, кількість пожежних автоцистерн АЦ, кількість стволів $СБ^Г$, $СБ^3$, $СА$; 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.

3.7. Висновки

1. Розроблена модель життєвого циклу проектів ЛП передбачає розбивку його на п'ять фаз, кожна із яких потребує виконання множини управлінських процесів, які забезпечують узгодження між собою дій, ресурсів та цінності продукту цих проектів на підставі оцінення їх ризику.

2. Запропонована модель оцінювання ризиків у проектах СПЗО враховує стан об'єкта захисту та особливості виконання робіт на ньому, що дає змогу кількісно оцінити ризик за трирівневим розподілом його ймовірностей та значно спрощує моніторинг і управління цими ризиками. Ця модель враховує стан наявних систем протипожежного захисту об'єктів та потребу оцінення екологічного їх ризику, що дає можливість підвищити цінність проектів СПЗО.

3. Обґрунтований метод ініціації проектів ЛП на основі оцінки ризиків, який базується на обґрунтованих математичних моделях оцінення ризиків їх складових, забезпечує визначення їх кількісного значення із врахуванням стану специфічного перемінного проектного середовища. Для врахування ризику дій на цінність проектів ЛП під час їх ініціації слід розробити інформаційну систему підтримки прийняття рішень, які базуватимуться на розроблених моделях та методах.

4. Для виконання процесів моніторингу та управління ризиками на стадії ініціації проектів СПЗО міст розроблено метод визначення витрат коштів на матеріальні ресурси, який враховує екологічні ризики та ризиками відмови протипожежних засобів об'єктів з одночасним визначенням додаткових витрат на їх придбання, що дає можливість сформулювати ефективний план дій та потреби у ресурсах для реалізації зазначених проектів.

5. Розроблений метод кількісного оцінення ризиків у проектах ЛП базується на оптимізаційній моделі, яка дозволяє виконувати моніторинг і управління ризиками відмови основних дій у цих проектах з одночасним визначенням імовірності ризику успішної евакуації людей з осередку пожежі в межах критичного часу пожежі, що забезпечує прийняття управлінських рішень з мінімальним ризиком про залучення необхідної кількості ресурсів (сил і засобів для ліквідування пожежі) і зменшення часу вільного горіння.

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ІНІЦІАЦІЇ ПРОЕКТІВ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ТА ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ОЦІНЕННЯ РИЗИКІВ

4.1. Алгоритм та комп'ютерна програма ініціації проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів на основі оцінки ризиків

У основі розроблення алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків лежать розроблені оптимізаційні математичні моделі та метод, які подано у п. 3.2 і 3.4 цієї роботи. Блок-схему всього алгоритму будемо розробляти з поділом його на окремі частини.

Блок-схема алгоритму (перша частина), яка зображена на рис. 4.1, передбачає введення вхідних даних, визначення площі об'єкту, перевірку наявності приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації та імовірності ризику його відмови, а також перевірку наявності пожежних сповіщувачів та імовірність ризику їх відмови. Розглянемо призначення кожного з цих елементів.

Блок 1. Введення вхідних даних: ширина об'єкта B_o , м; довжина об'єкта L_o , м; дійсна кількість пожежних сповіщувачів на об'єкті $N_{n.c.o}$, од; сумарний час очікування пожежного сповіщувача $\tau_{n.c}$, год; площа, яку контролює один сповіщувач $S_{n.c}$, м²; дійсна кількість пожежних оповіщувачів на об'єкті $N_{n.o.o}$, од.; сумарний час роботи оповіщувача $\tau_{n.o}$, год; площа, яку контролює один оповіщувач $S_{n.o}$, м²; наявність приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації P_k , од.; тривалість роботи приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації від початку експлуатації $\tau_{n.k.n}$, год; дійсна кількість протидимних пристроїв на об'єкті $N_{n.z.o}$, од.; сумарний час роботи протидимних пристроїв $\tau_{n.z}$, год; площа, яка обслуговується одним димоприймальним пристроєм $S_{n.z}$, м²; наявність евакуаційних дверей з

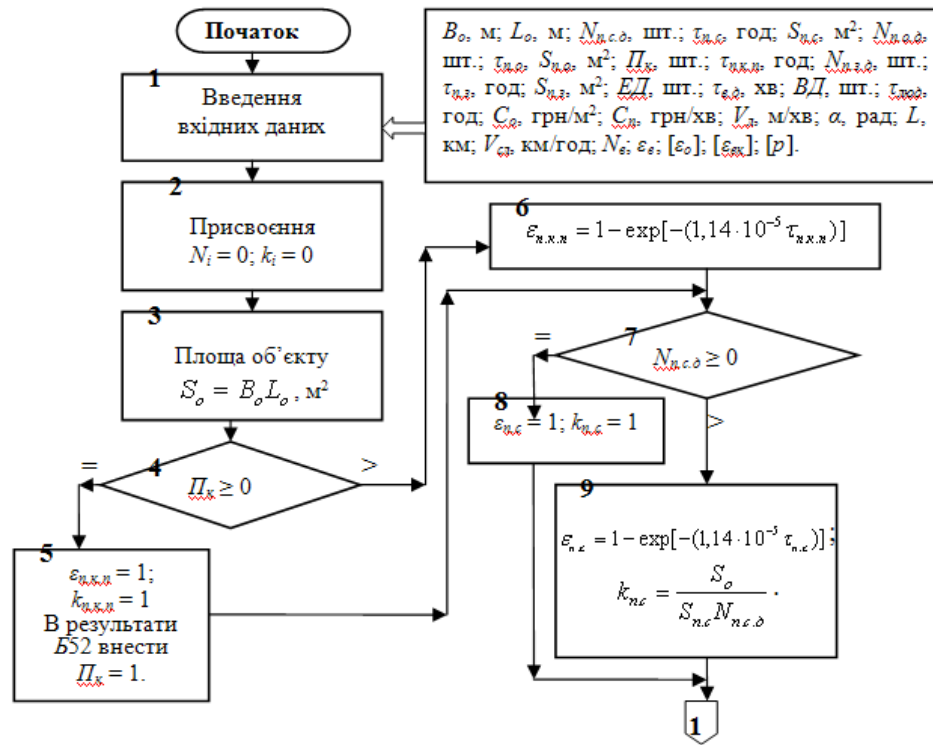


Рисунок 4.1 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (перша частина)

системою їх автоматичного відкриття $EД$, од.; тривалість роботи $EД$ в період евакуації $\tau_{е.д}$, хв; $ВД$ – кількість звичайних дверей для виходу, од.; $\tau_{люд}$ – тривалість присутності людей на об'єкті, год; C_o – середня вартість одного квадратного метра площі об'єкта, грн/м²; C_n – середня вартість однієї хвилини роботи пожежно-рятувальних підрозділів, грн/хв; V_n – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв; α – кутовий коефіцієнт, який враховує форму пожежі, рад; L – відстань від пожежно-рятувальної частини до об'єкта, км; $V_{сл}$ – швидкість руху пожежного автомобіля, км/год; $ВП$ – загальна кількість відділень, які беруть участь в ліквідації пожежі; ε_e – ризику невчасної евакуації людей; $[\varepsilon_o]$, $[\varepsilon_{ек}]$ – допустимі значення пожежного та екологічного ризиків; $[p]$ – допустиме значення імовірності потрапляння досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків.

Блок 2. Присвоєння нульових значень циклам $N_i = 0, k_i = 0$.

Блок 3. Визначення площі внутрішнього об'єму приміщення об'єкта захисту за залежністю

$$S_o = B_o L_o, \text{ м}^2. \quad (4.1)$$

Блок 4. Виконується перевірка наявності на об'єкті приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації. За його відсутності команда передається на блок 5, а за наявності – на блок 6.

Блок 5. За відсутності приймально-контрольного пристрою приймається імовірність його відмови $\varepsilon_{n.k.n} = 1$, $k_{n.k.n} = 1$. Крім цього, рекомендується прийняти $P_k = 1$.

Блок 6. У випадку наявності на об'єкті приймально-контрольного пристрою визначають значення дійсної імовірності його відмови за залежністю (3.2).

Блок 7. Виконується перевірка наявності на об'єкті пожежних сповіщувачів. У випадку їх відсутності виконується перехід до блока 8, а за наявності – до блока 9.

Блок 8. Виконується присвоєння значень $\varepsilon_{n.c} = 1$; $k_{n.c} = 1$.

Блок 9. Визначається значення дійсної імовірності відмови пожежних сповіщувачів за залежністю (3.6) і значення $k_{n.c}$ – за залежністю (3.8).

Після цього виконується перехід до блока 10 блок-схеми алгоритму (друга частина), яка зображена на рис. 4.2.

В цій частині визначається наявність на об'єкті пожежних оповіщувачів, системи протидимного захисту, евакуаційних дверей з системою їх автоматичного відкривання, імовірностей їх відмови та наявного на об'єкті пожежного ризику.

Блок 10. Виконується перевірка наявності на об'єкті пожежних оповіщувачів. У випадку їх відсутності виконується перехід до блока 11, а за наявності – до блока 12.

Блок 11. Виконується присвоєння значень $\varepsilon_{n.o} = 1$; $k_{n.o} = 1$.

Блок 12. Визначається значення дійсної імовірності відмови пожежних оповіщувачів за залежністю (3.11) і значення $k_{n.o}$ – за залежністю (3.12).

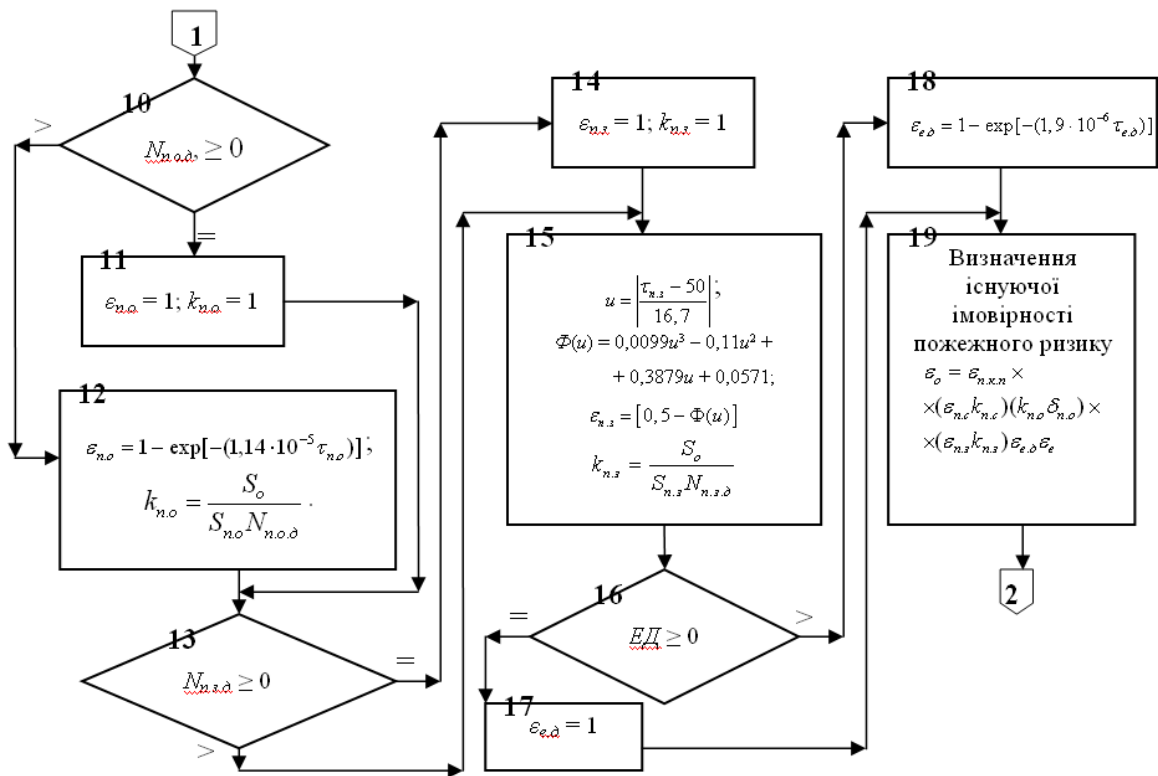


Рисунок 4.2 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (друга частина)

Блок 13. Виконується перевірка наявності на об'єкті системи протидимного захисту. У випадку її відсутності виконується перехід до блока 14, а за наявності – до блока 15.

Блок 14. Виконується присвоєння значень $\varepsilon_{н.з.} = 1$; $k_{н.з.} = 1$.

Блок 15. Визначається значення дійсної імовірності ризику відмови системи протидимного захисту за залежністю (3.15) і значення $k_{н.з.}$ – за залежністю (3.17).

Блок 16. Виконується перевірка наявності на об'єкті евакуаційних дверей з системою їх автоматичного відкривання. У випадку їх відсутності виконується перехід до блока 17, а при наявності – до блока 18.

Блок 17. Виконується присвоєння значення $\varepsilon_{е.д.} = 1$.

Блок 18. Визначається значення дійсної імовірності відмови евакуаційних дверей з системою їх автоматичного відкривання за залежністю (3.19).

Блок 19. Виконується визначення пожежного ризику для об'єкта і проводиться перехід до блока 20.

Для розгляду блока 20 і наступних скористаємося блок-схемою алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (третя частина), яка зображена на рис. 4.3.

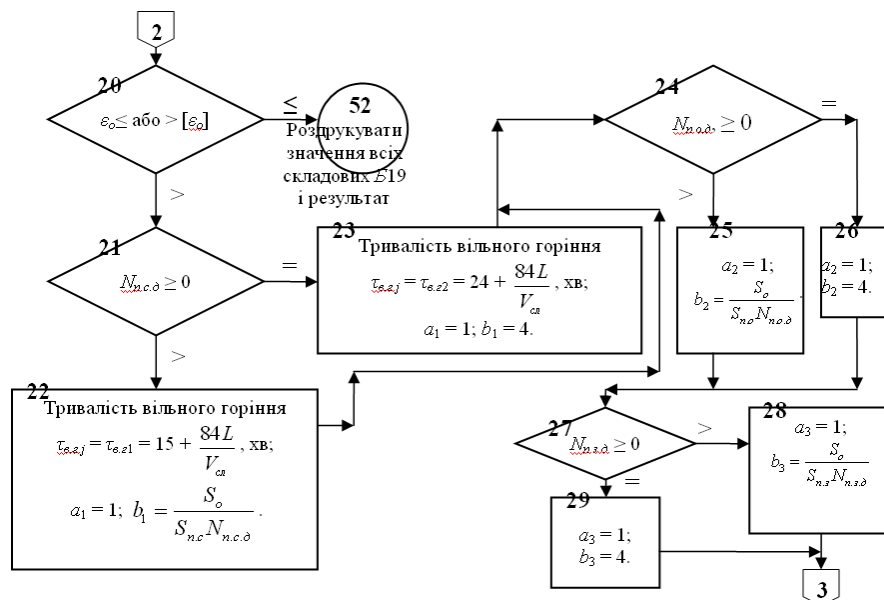


Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (третя частина)

В цій частині блок-схеми алгоритму порівнюється дійсне значення пожежного ризику з допустимим значенням і передається на друк. Крім того, визначається тривалість вільного горіння та граничні значення обмежень (3.61) – (3.63).

Блок 20. Виконується порівняння дійсного значення пожежного ризику з допустимим. Якщо значення дійсного пожежного ризику перебуває в межах допустимого значення, то на друк блока 52 передається результат розрахунку з блока 19. Якщо дійсне значення пожежного ризику буде більшим за допустиме значення, то виконується перехід до блока 21.

Блок 21. В цьому блоці залежно від наявності на об'єкті пожежних сповіщувачів виконується перехід до блока 22, а за відсутності – до блока 23.

Блоки 22 - 29. В цих блоках визначаються граничні значення обмежень (3.61) – (3.63).

Після проходження блока 29 переходимо до визначення ризиків спрацьовування протипожежних засобів об'єкта з використанням методу Монте-Карло. Алгоритм визначення імовірностей ризиків зображено на блок-схемі алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (четверта частина) (рис. 4.4).

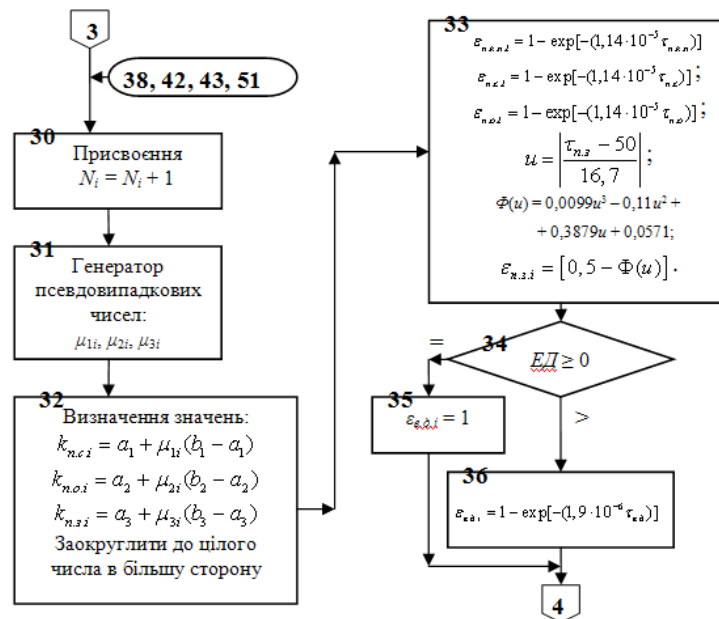


Рисунок 4.4 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (четверта частина)

Блок 30. Виконується присвоєння номера циклу роботи алгоритму.

Блок 31. Генератор комп'ютера на кожному циклі генерує три псевдовипадкових числа: $\mu_{1i}, \mu_{2i}, \mu_{3i}$.

Блок 32. Визначаються значення $k_{n.c.i}, k_{n.o.i}, k_{n.z.i}$ з використанням граничних значень обмежень (3.61) – (3.63).

Блок 33. Визначаються значення імовірностей прогнозованої відмови протипожежних засобів об'єкта.

Блок 34. Виконується перевірка наявності на об'єкті евакуаційних дверей з системою їх автоматичного відкривання. У випадку їх відсутності виконується перехід до блока 35, а за наявності – до блока 36.

Блок 35. Виконується присвоєння значення $\varepsilon_{e,d,i} = 1$.

Блок 36. Визначається значення дійсної імовірності відмови евакуаційних дверей з системою їх автоматичного відкривання за залежністю (3.19).

Після блока 36 переходимо до наступної п'ятої частини блок-схеми алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків. Алгоритм визначення кількісних значень пожежного та екологічного ризиків зображено на блок-схемі алгоритму (п'ята частина), а також перевірка їх значень з допустимими та визначення потрібної кількості протипожежних засобів, площі пожежі, площі локалізації, тривалості ліквідації пожежі і зайнятості ПРП для ліквідації пожежі (рис. 4.5).

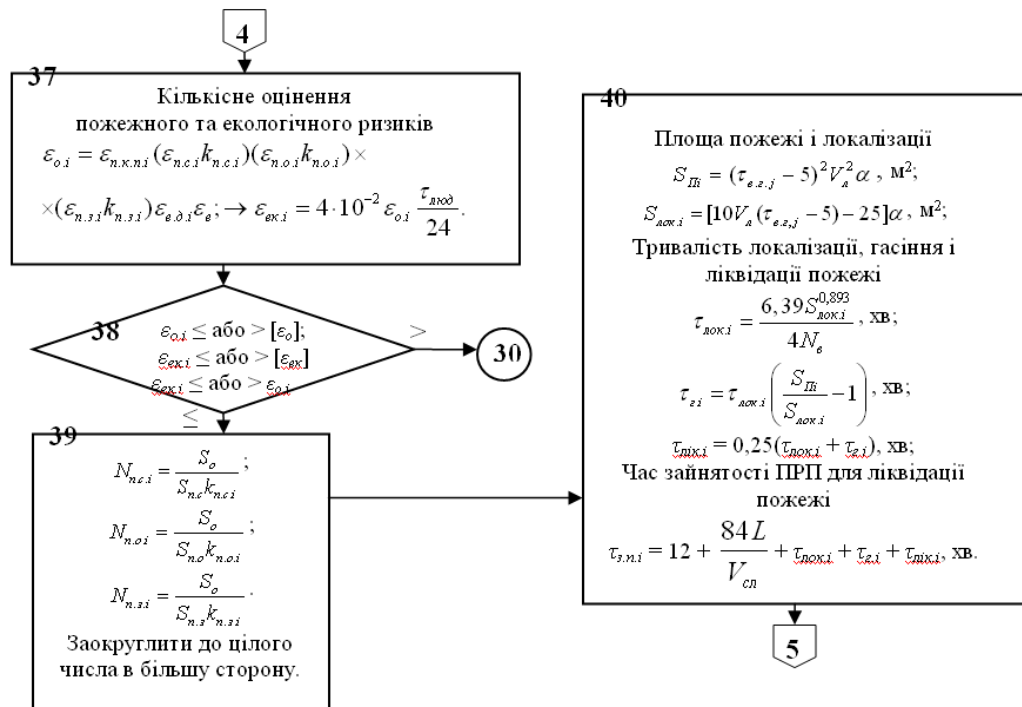


Рисунок 4.5 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (п'ята частина)

Блок 37. Виконується визначення ризиків для об'єкта і перехід до блока 38.

Блок 38. Виконується перевірка кількісних значень ризиків з допустимими значеннями. У випадку, коли кількісні значення ризиків більші за допустимі, основний цикл роботи алгоритму припиняється і починає діяти

новий цикл з блока 30. Якщо кількісні значення ризиків менші або дорівнюють допустимим, робота циклу продовжується за шляхом переходу до блока 39.

Блок 39. Визначається потрібна кількість протипожежних засобів.

Блок 40. Визначаються площі пожежі і локалізації, тривалість локалізації, гасіння та ліквідації пожежі, а також час зайнятості ПРП для ліквідації пожежі.

Блок 41. Визначаються збитки об'єкта від пожежі та витрати на його протипожежний захист (рис. 4.6).

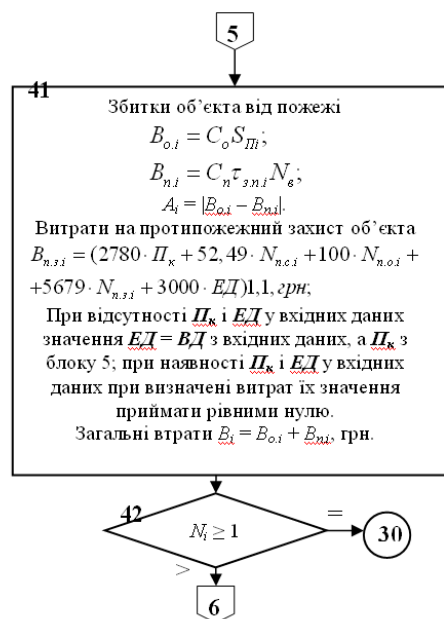


Рисунок 4.6 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (шоста частина)

Блок 42. Визначається номер циклу N_i . У випадку, коли $N_i = 1$ процес розрахунку за алгоритмом повинен повторитися з блока 30. Якщо $N_i > 1$, то процес розрахунку за алгоритмом продовжується на блок 43.

Блок 43. Перевіряється значення різницевого критерію за модулем на i -му циклі з попереднім циклом ($i-1$) та витрати на протипожежний захист $B_{n.z,i}$ з витратами B_i . У випадку, коли $A_i > A_{i-1}$ та $B_{n.z,i} > B_i$, то процес розрахунку за алгоритмом повинен повторитися з блока 30. Якщо ці чинники менші за значенням або дорівнюють, то процес розрахунку продовжується на блок 44.

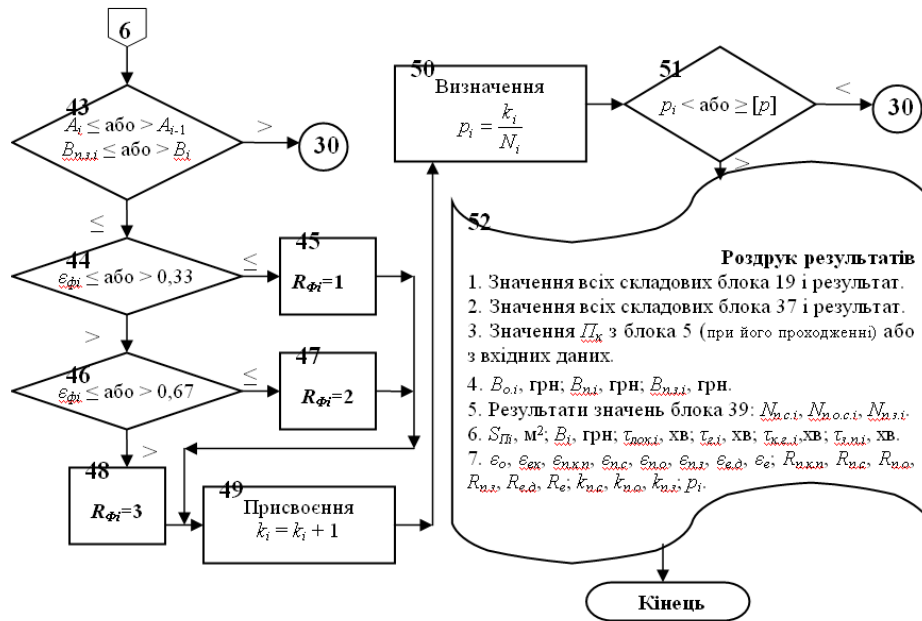


Рисунок 4.7 – Блок-схема алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (сьома частина)

Блоки 44 - 48. Ці блоки при роботі в цикловому режимі призначені для переводу значень ризиків в цифрові значення ризиків $R_{\Phi i}$ для кожного етапу виконання робіт у проекті СПЗО.

Блок 49. Виконується присвоєння номера циклу, який потрапив в область допустимих розв'язків.

Блок 50. Визначається значення імовірності потрапляння досліджуваного циклу в область допустимих розв'язків.

Блок 51. Виконується перевірка значення імовірності потрапляння досліджуваного циклу в область допустимих розв'язків з допустимим значенням. У випадку, коли значення імовірності менше за допустиме, то процес розрахунку за алгоритмом повинен повторитися з блока 30. Якщо цей чинник більший за значення або дорівнює допустимому, то процес розрахунку продовжується на блок 52.

Блок 52. Виконується роздрук результатів:

1. Значення всіх складових блока 19 і результат.
2. Значення всіх складових блока 37 і результат.
3. Значення Π_K з блока 5 (при його проходженні) або з вхідних даних.

4. $B_{o,i}$, грн; $B_{n,i}$, грн; $B_{n.з,i}$, грн.

5. Результати значень блока 39: ПС, ЗПО, СПЗ.

6. S_{Pi} , м²; B_i , грн; $\tau_{лок,i}$, хв; $\tau_{г,i}$, хв; $\tau_{к.г..i}$, хв; $\tau_{з.n,i}$, хв.

7. ϵ_o , $\epsilon_{ек}$, $\epsilon_{п.к.п}$, $\epsilon_{п.с}$, $\epsilon_{п.о}$, $\epsilon_{п.з}$, $\epsilon_{е.д}$, ϵ_e ; $R_{п.к.п}$, $R_{п.с}$, $R_{п.о}$, $R_{п.з}$, $R_{е.д}$, R_e ; $k_{п.с}$, $k_{п.о}$, $k_{п.з}$; p_i .

На підставі наведеного алгоритму ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків (рис. 4.1-4.7) були розроблені лістинги програми [32], які дозволяють на стадії аудиту об'єкта щодо стану системи протипожежного захисту виявляти недоліки, що лежить в основі обґрунтування дій у проекті СПЗО цього об'єкта.

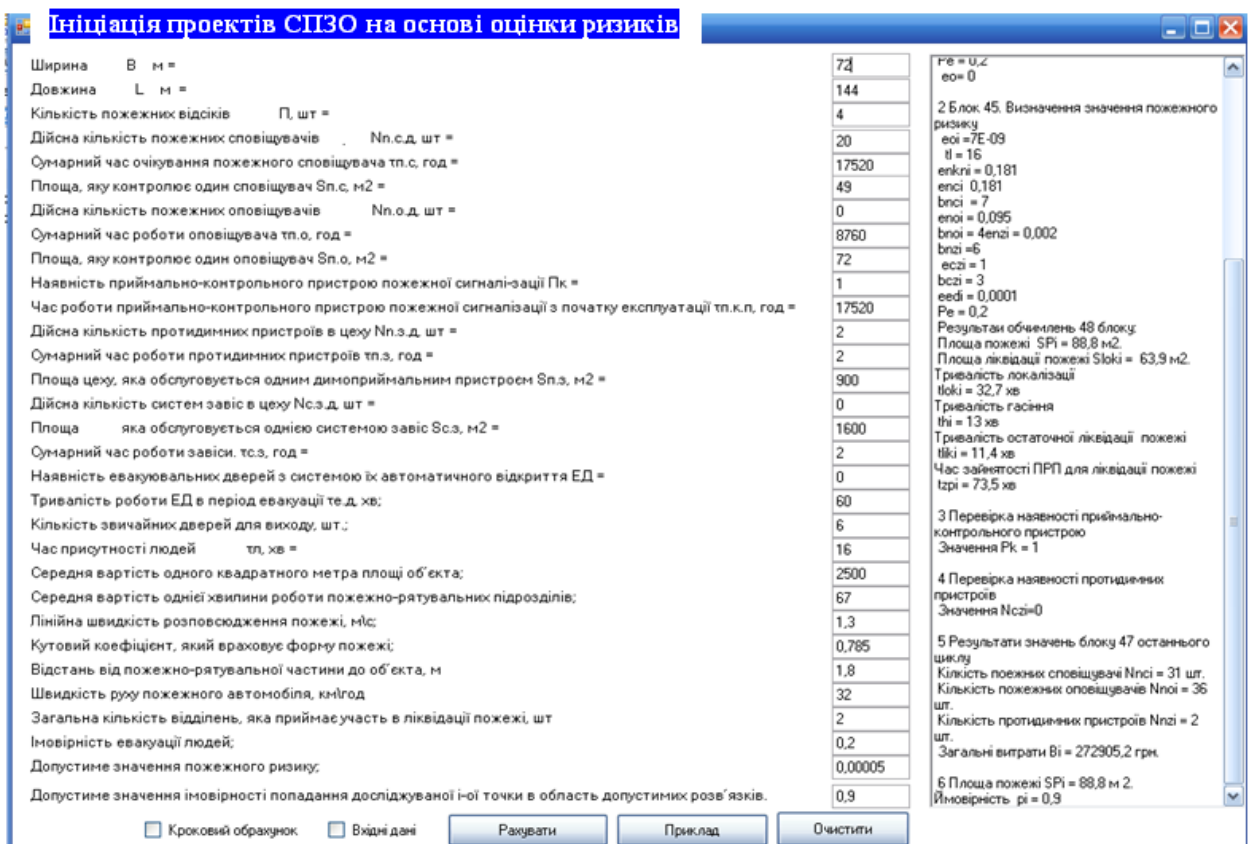


Рисунок 4.8 – Загальний вигляд робочого вікна комп'ютерної програми ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків

Крім цього, це дає можливість визначити потребу у ресурсах (кількість протипожежних засобів), визначити витрати на їх придбання і встановлення та прогнозувати втрати від можливих пожеж на об'єкті за різних станів комплектації цих систем. Робоче вікно відповідної комп'ютерної програми зображено на рис. 4.8.

4.2. Алгоритм та комп'ютерна програма визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів створення систем протипожежного захисту об'єктів міста із врахуванням ризиків

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 3.5 цієї роботи, розроблено блок-схеми алгоритму та комп'ютерну програму.

Блок-схема алгоритму визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста із врахуванням ризиків зображена на рис. 4.9.

Після введення вихідних даних в блок 1 виконується занулювання циклів роботи системи в блоці 2 та видача псевдовипадкових чисел в блоці 3. Отримані псевдовипадкові числа перетворюються в блоці 4 до значень пожежних ризиків ε_i відповідних груп об'єктів міста та в блоці 5 визначається пожежний ризик для міста. В блоках 6...9 визначаються прямі збитки від можливих пожеж та додаткових витрат на протипожежний захист. В 10 блоці виконується порівняння поточного пожежного ризику міста з допустимим значенням, що дозволяє після його проходження присвоїти номер загальному циклу роботи комп'ютера в блоці 11.

В блоці 12...14 визначається значення критерію оптимізації та відбувається його порівняння з попереднім значенням. В блоках 15 і 16 визначається питома вага пожежних ризиків груп об'єктів та відповідно для кожної групи витрати (додаткові) на протипожежний захист.

В блоках 17...19 виконується присвоєння номера циклу, який потрапив в область допустимих розв'язків, визначення імовірності потрапляння досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків та порівняння поточної імовірності з допустимим значенням. Блок 20 виконує роздрук отриманих даних на підставі їх оптимізації.

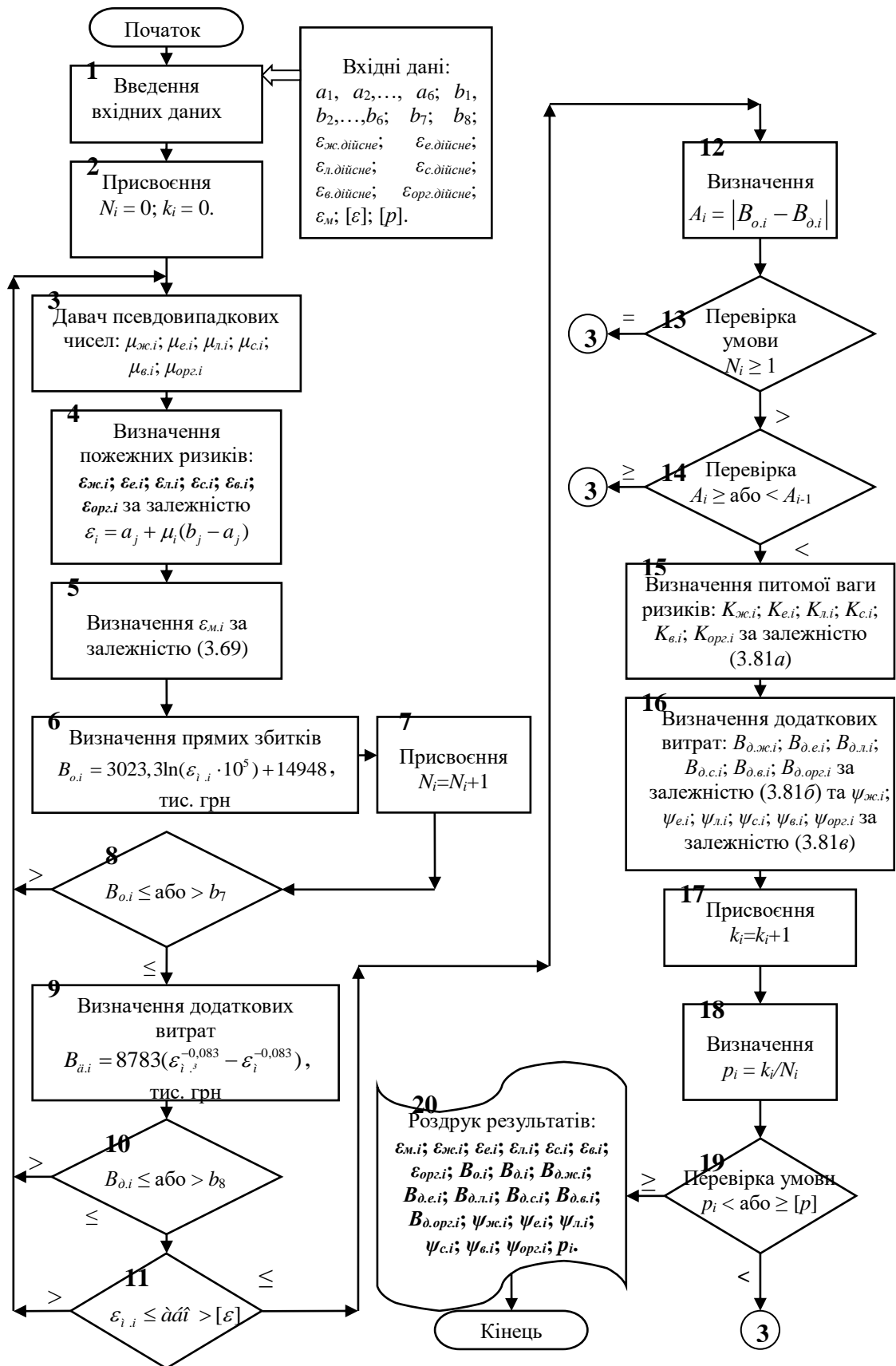


Рисунок 4.9 – Блок-схема алгоритму визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста із врахуванням пожежного ризику

На підставі наведеної блок-схеми алгоритму визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста із врахуванням пожежного ризику було розроблено лістинги програми [33]. Робоче вікно комп'ютерної програми зображено на рис. 4.10.

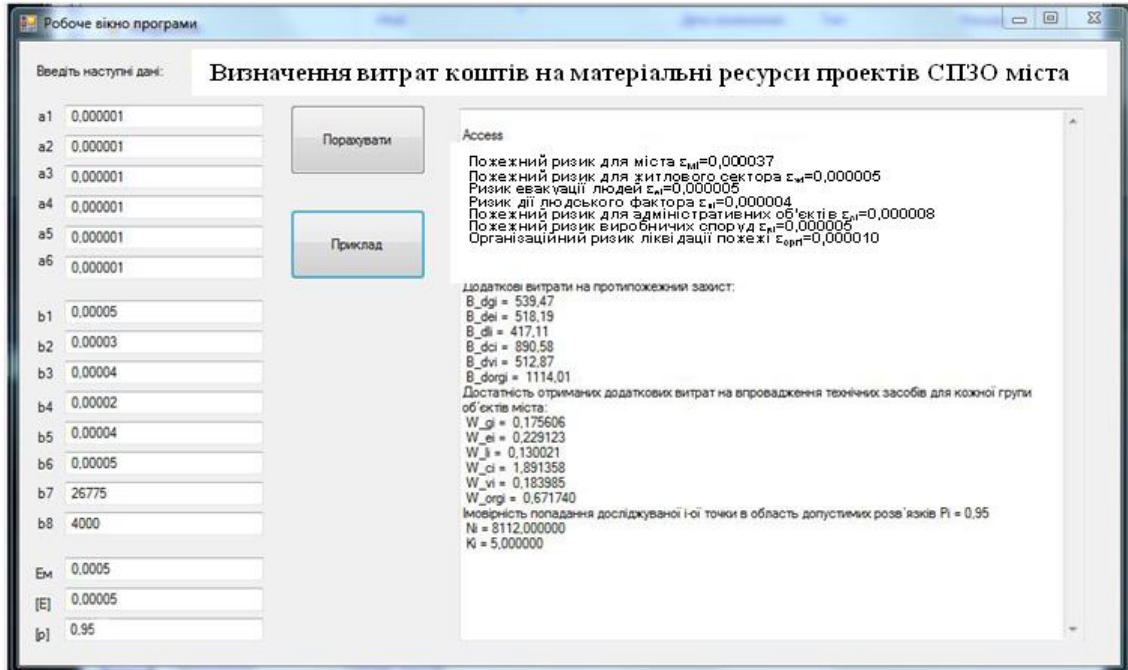


Рисунок 4.10 – Робоче вікно програми для визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста із врахуванням пожежного ризику

Розроблена комп'ютерна програма визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міста із врахуванням пожежного ризику дає змогу на підставі використання статистичних даних для заданого міста визначати додаткові витрати на забезпечення об'єктів міста протипожежними засобами.

4.3. Інструментарій обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ліквідації пожеж із оцінкою ризиків

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 п. 3.1, 3.3, 3.4 і 3.6. Блок-схему зазначеного алгоритму будемо розробляти з поділом її на окремі частини.

Розглянемо призначення кожної частини блок-схеми алгоритму для розроблення комп'ютерної програми обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків. На рис. 4.11 зображено першу частину блок-схеми зазначеного алгоритму.

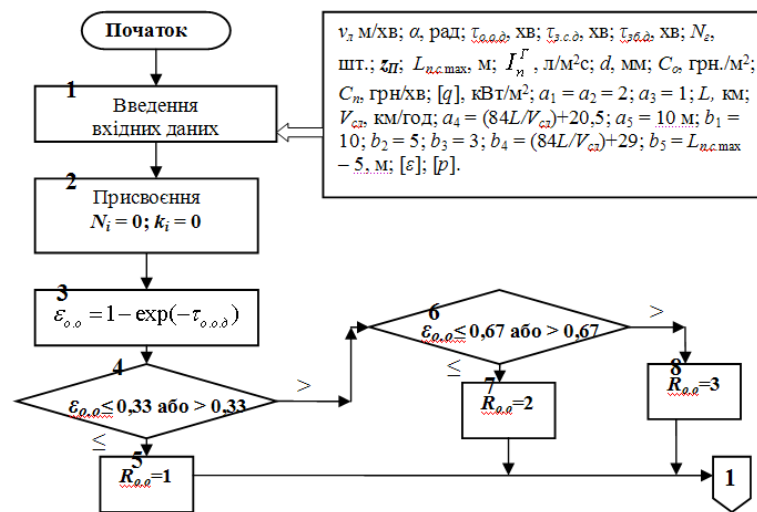


Рисунок 4.11 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (перша частина)

Розглянемо призначення кожного блока алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП на основі оцінки ризиків.

Блок 1. Введення вхідних даних: лінійна швидкість розповсюдження пожежі v_n , м/хв; кутовий коефіцієнт форми пожежі α , рад; отримання та опрацювання сигналу про пожежу $\tau_{o.o,d}$, хв; залучення сил і засобів гарнізону $\tau_{z.c,d}$, хв; збір особового складу $\tau_{z.b,d}$, хв; кількість гідрантів на об'єкті N_z ; поверх пожежі z_{II} ; максимальна довжина суцільного струменя $L_{n.c,max}$, м; інтенсивність подачі вогнегасної речовини I_n^A , л/с·м²; діаметр насадки пожежного ствола d , мм; середня вартість одиниці площі об'єкта C_o , грн/м²; середня вартість однієї хвилини роботи ПРП C_n , грн/хв; допустима густина теплового потоку $[q]$, кВт/м²; мінімальна кількість стволів Б на гасіння a_1 ; мінімальна кількість стволів Б на захист a_2 ; мінімальна кількість стволів А на

гасіння $a_3 = 1$; відстань від пожедо до об'єкта L , км; швидкість слідування ПРП $V_{сл}$, км/год; мінімальне значення часу вільного горіння $a_4 = (84L/V_{сл})+20,5$, хв; мінімальна відстань пожежника від осередку пожежі a_5 , м; максимальна кількість стволів Б на гасіння b_1 ; максимальна кількість стволів Б на захист b_2 ; максимальна кількість стволів А на гасіння b_3 ; максимальне значення часу вільного горіння $b_4 = (84L/V_{сл})+29$, хв; максимальна відстань пожежника від осередку пожежі $b_5 = L_{н.с.маx} - 5$, м; допустиме значення ризику проекту $[\epsilon]$; допустима імовірність розв'язку $[p]$.

Блок 2. Присвоєння $N_i = 0$; $k_i = 0$.

Блок 3. Визначення імовірності ризику отримання та опрацювання сигналу про пожежу $\epsilon_{i,i} = 1 - \exp(-\tau_{i,i,d})$.

Блок 4. Перевірка $\epsilon_{o,o} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 5. Присвоєння значення ризику $R_{o,o} = 1$.

Блок 6. Перевірка $\epsilon_{o,o} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 7. Присвоєння значення ризику $R_{o,o} = 2$.

Блок 8. Присвоєння значення ризику $R_{o,o} = 3$.

Блок 9. Визначення ризику залучення сил і засобів гарнізону $\epsilon_{z,c} = 1 - \exp(-0,33\tau_{z,c,d})$ (рис. 4.12).

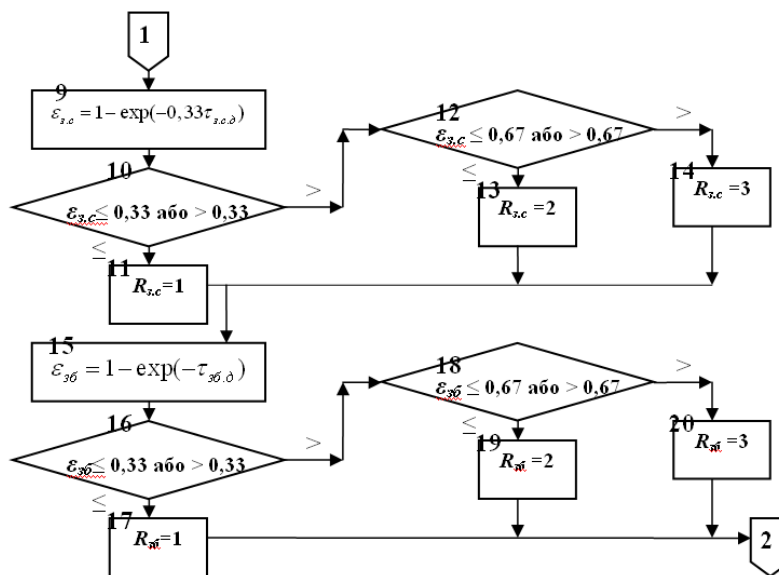


Рисунок 4.12 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (друга частина)

Блок 10. Перевірка $\varepsilon_{3,c} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 11. Присвоєння значення ризику $R_{3,c} = 1$.

Блок 12. Перевірка $\varepsilon_{3,c} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 13. Присвоєння значення ризику $R_{3,c} = 2$.

Блок 14. Присвоєння значення ризику $R_{3,c} = 3$.

Блок 15. Визначення ризику несвоєчасного збору особового складу $\varepsilon_{зб} = 1 - \exp(-\tau_{зб,d})$.

Блок 16. Перевірка $\varepsilon_{зб} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 17. Присвоєння значення ризику $R_{зб} = 1$.

Блок 18. Перевірка $\varepsilon_{зб} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 19. Присвоєння значення ризику $R_{зб} = 2$.

Блок 20. Присвоєння значення ризику $R_{зб} = 3$.

Блок 21. Визначення тривалості слідування $\tau_{сл,d} = \frac{84L}{V_{сл}}$, хв (рис. 4.13).

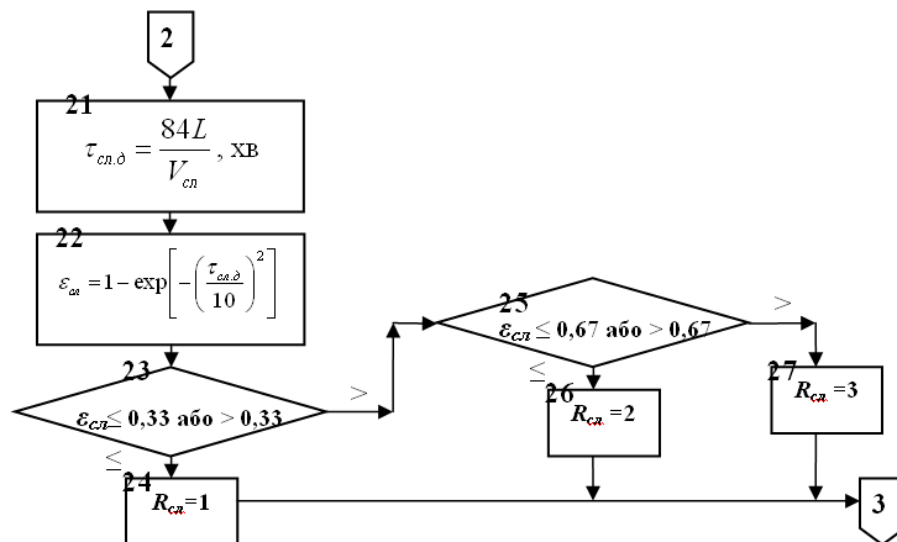


Рисунок 4.13 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (третья частина)

Блок 22. Визначення ризику несвоєчасного слідування $\varepsilon_{сл} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau_{сл,d}}{10}\right)^2\right]$.

Блок 23. Перевірка $\varepsilon_{сл} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 24. Присвоєння значення ризику $R_{сл} = 1$.

Блок 25. Перевірка $\varepsilon_{cl} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 26. Присвоєння значення ризику $R_{cl}= 2$.

Блок 27. Присвоєння значення ризику $R_{cl}= 3$.

Блок 28. Генератор псевдовипадкових чисел: $\mu_{1i}, \mu_{2i}, \mu_{3i}, \mu_{4i}, \mu_{5i}$ (рис. 4.14).

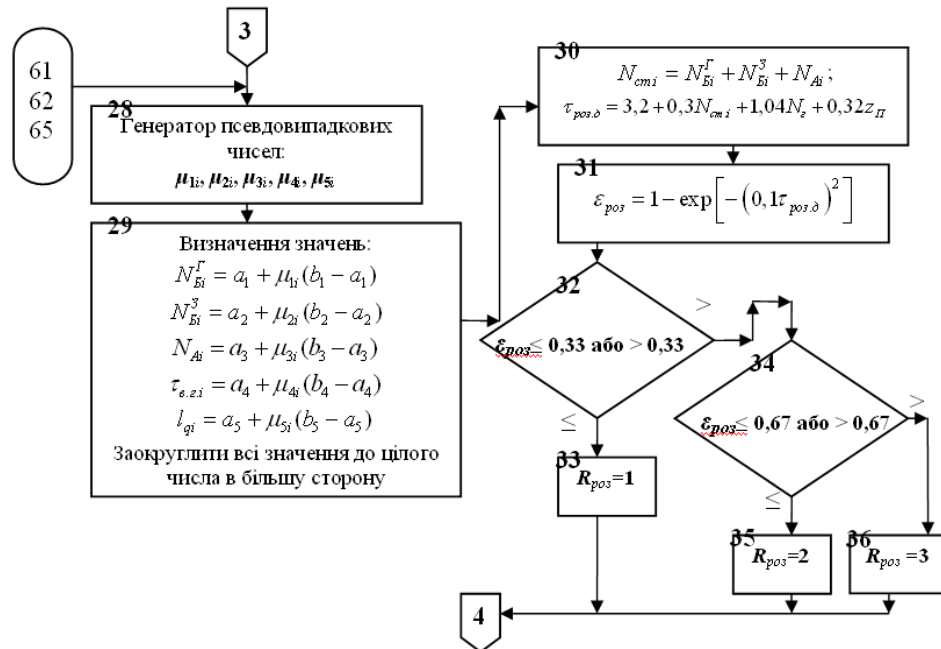


Рисунок 4.14 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (четверта частина)

Блок 29. Визначення значень кількості пожежних стволів, тривалості вільного горіння та відстані від осередку пожежі до пожежника.:

Блок 30. Визначення загальної кількості пожежних стволів та тривалості оперативного розгортання.

Блок 31. Визначення ризику несвоєчасного оперативного розгортання $\varepsilon_{роз} = 1 - \exp\left[-(0,1\tau_{роз,d})^2\right]$.

Блок 32. Перевірка $\varepsilon_{роз} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 33. Присвоєння значення ризику $R_{роз} = 1$.

Блок 34. Перевірка $\varepsilon_{роз} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 35. Присвоєння значення ризику $R_{роз} = 2$.

Блок 36. Присвоєння значення ризику $R_{роз} = 3$.

Блок 37. Присвоєння $N_i = N_i + 1$ (рис. 4.15).

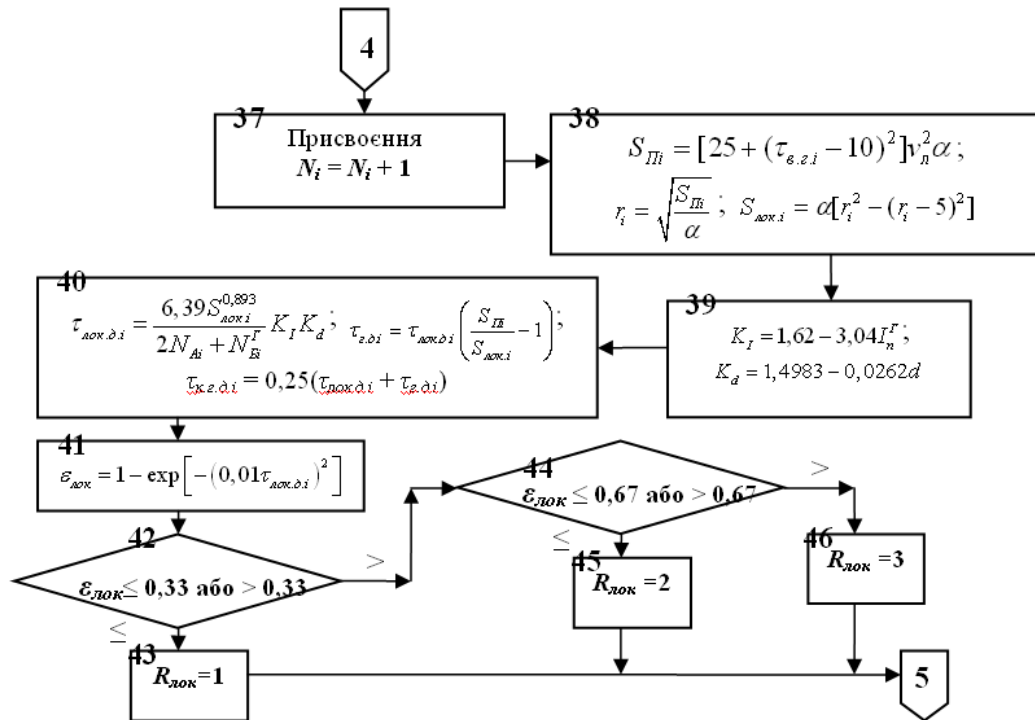


Рисунок 4.15 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (п'ята частина)

Блок 38. Визначення площі пожежі і локалізації.

Блок 39. Визначення коефіцієнтів $K_I = 1,62 - 3,04I_n^r$ і $K_d = 1,4983 - 0,0262d$.

Блок 40. Визначення часу локалізації, гасіння та кінцевого гасіння.

Блок 41. Визначення імовірності ризику локалізації пожежі

$$\varepsilon_{лок} = 1 - \exp\left[-(0,01\tau_{лок.д.i})^2\right].$$

Блок 42. Перевірка $\varepsilon_{лок} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 43. Присвоєння значення ризику $R_{лок} = 1$.

Блок 44. Перевірка $\varepsilon_{лок} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 45. Присвоєння значення ризику $R_{лок} = 2$.

Блок 46. Присвоєння значення ризику $R_{лок} = 3$.

Блок 47. Визначення імовірності ризику гасіння пожежі

$$\varepsilon_g = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau_{г.з.i}}{60}\right)^2\right] \text{ (рис. 4.16).}$$

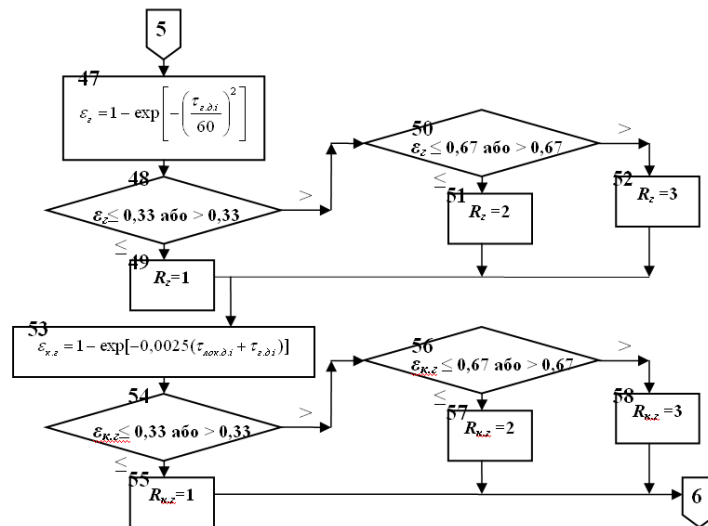


Рисунок 4.16 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (шоста частина)

Блок 48. Перевірка $\varepsilon_z \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 49. Присвоєння значення ризику $R_z = 1$.

Блок 50. Перевірка $\varepsilon_z \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 51. Присвоєння значення ризику $R_z = 2$.

Блок 52. Присвоєння значення ризику $R_z = 3$.

Блок 53. Визначення ризику несвоєчасного завершення гасіння пожежі

$$\varepsilon_{к.з} = 1 - \exp[-0,0025(\tau_{лок.д.і} + \tau_{з.д.і})].$$

Блок 54. Перевірка $\varepsilon_{к.з} \leq 0,33$ або $> 0,33$.

Блок 55. Присвоєння значення ризику $R_{к.з} = 1$.

Блок 56. Перевірка $\varepsilon_{к.з} \leq 0,67$ або $> 0,67$.

Блок 57. Присвоєння значення ризику $R_{к.з} = 2$.

Блок 58. Присвоєння значення ризику $R_{к.з} = 3$.

Блок 59. Визначення збитків об'єкта від пожежі $B_{o.i} = C_o S_{Пi}$, грн

(рис.4.17). Зайнятість ПРП при ліквідації пожежі $\tau_{з.н.і} = 12 + \frac{84L}{V_{сє}} + \tau_{лок.д.і} + \tau_{з.д.і}$

+ $\tau_{к.з.д.і}$. Визначення кількості відділень $N_{в.і} = 0,33N_{см.і}$. Витрати ПРП

$B_{н.і} = C_n \tau_{з.н.і} N_{в.і}$, грн. Імовірність несвоєчасної ліквідації пожежі $\varepsilon_{л.н.і} = \varepsilon_{o.o} \varepsilon_{з.с}$

$\varepsilon_{зб} \varepsilon_{сл} \varepsilon_{роз} \varepsilon_{лок} \varepsilon_{г} \varepsilon_{к.г}$. Тривалість ліквідації пожежі $\tau_{в.і.і} = \tau_{лок.д.і} + \tau_{г.д.і} + \tau_{к.г.д.і}$.

Кількість пожежних автоцистерн $N_{n.a.i} = N_{в.і}$.

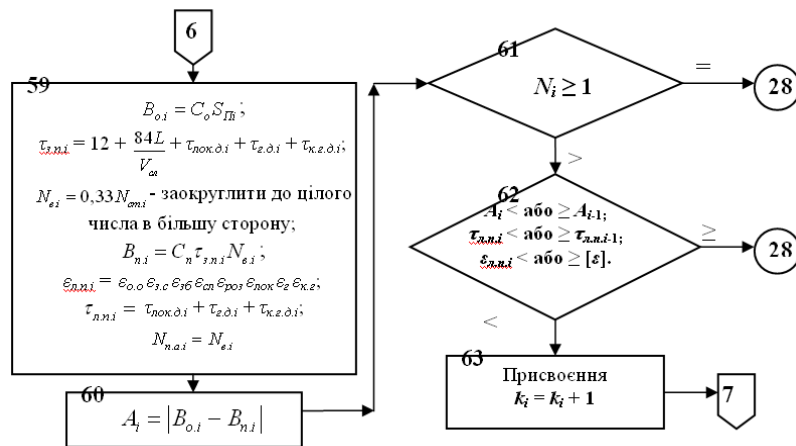


Рисунок 4.17 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (сьома частина)

Блок 60. Визначення критерію оптимізації $A_i = |B_{o,i} - B_{n,i}|$, грн.

Блок 61. Перевірка умови $N_i \geq 1$.

Блок 62. Перевірка умов: $A_i < \text{або} \geq A_{i-1}$, $\tau_{л.н.і} < \text{або} \geq \tau_{л.н.і-1}$, $\varepsilon_{л.н.і} < \text{або} \geq [\varepsilon]$.

Блок 63. Присвоєння $k_i = k_i + 1$.

Блок 64. Визначення $p_i = \frac{k_i}{N_i}$ (рис. 4.18).

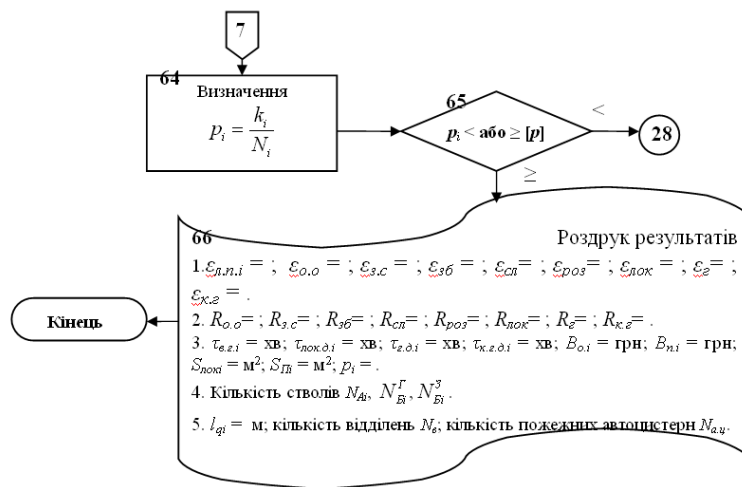


Рисунок 4.18 – Блок-схема алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП із оцінкою ризиків (восьма частина)

Блок 65. Перевірка умови $p_i < a$ або $\geq [p]$.

Блок 66. Роздрук результатів (завершальний цикл):

1. $\varepsilon_{л.п.i} = ; \varepsilon_{o.o} = ; \varepsilon_{з.с} = ; \varepsilon_{зб} = ; \varepsilon_{сл} = ; \varepsilon_{роз} = ; \varepsilon_{лок} = ; \varepsilon_{г} = ; \varepsilon_{к.г} = .$
2. $R_{o.o} = ; R_{з.с} = ; R_{зб} = ; R_{сл} = ; R_{роз} = ; R_{лок} = ; R_{г} = ; R_{к.г} = .$
3. $\tau_{в.г.i} = \text{хв}; \tau_{лок.д.i} = \text{хв}; \tau_{г.д.i} = \text{хв}; \tau_{к.г.д.i} = \text{хв}; B_{o.i} = \text{грн}; B_{п.i} = \text{грн}; S_{локі} = \text{м}^2;$
 $S_{Пi} = \text{м}^2; p_i = .$
4. Кількість стволів CA, CB^r, CB^3 .
5. $l_{qi} = \text{м}$; кількість відділень $ВП$; кількість пожежних автоцистерн $АЦ$.

На підставі наведеного алгоритму обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП на основі оцінки ризиків (рис. 4.11...4.18) були розроблені лістинги програми [34], які дають змогу на стадії ініціації та реалізації проектів ЛП приймати управлінські рішення щодо дій та потреби у ресурсах на основі оцінки ризиків.

На рис. 4.19 зображено загальний вигляд робочого вікна комп'ютерної програми обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ЛП на основі оцінки ризиків.

Обґрунтування дій за заданих ресурсів у проектах ЛП

Вхідні дані

лінійна швидкість розпов. пожежі $v_{л}$	0,7	м/хв;	мін. к-ть стволів Б на гасіння a_1	2	
кутовий коефіцієнт форми пожежі α	1,57	рад;	мін. к-ть стволів Б на захист a_2	2	
отрим. та опрац. сигналу про пожежу то.од	0,9	хв;	мін. к-ть стволів А на гасіння a_3	1	
залучення сил і засобів гарнізону $t_{з.д}$	1	хв;	відстань від пожеди до об'єкта L	1,4	км;
збір особового складу $t_{з.б.д}$	0,8	хв;	швидкість слідування ПРП $V_{сл}$	60	км/год;
кількість гідрантів N_g	3		мін час вільного горіння a_4	22,46	хв;
макс. довжина суцільного струменя $L_{п.макс}$	30	м;	мін. відстань від осер. пожежі a_5	20	м;
інтенсивність подачі вогнегасної речовини $I_{п}$	0,2	л/с*м ² ;	макс. к-ть стволів Б на гасіння b_1	10	
діаметр насадки пожежного ствола d	19	мм;	макс. к-ть стволів Б на захист b_2	5	
середня вартість одиниці площі об'єкта C_0	2600	грн./м ² ;	макс. к-ть стволів А на гасіння b_3	3	
середня вартість однієї хвилини роботи ПРП $C_{п}$	67	грн./м ² ;	макс. знач часу вільного горіння b_4	30,96	хв;
допустима густина теплового потоку $[q]$	3,6	кВт/м ² ;	макс. відстань від осер пожежі b_5	25	м;
допустима імовірність розв'язку p	0,9		допустиме знач імов. ризику $[e]$	0,00005	

Результати

*** Роздрук результатів ***
 1. $\varepsilon_{л.п} = 9,0108E-06$ $\varepsilon_{o.o} = 0,593$
 $\varepsilon_{з.с} = 0,281$ $\varepsilon_{зб} = 0,551$
 $\varepsilon_{сл} = 0,038$ $\varepsilon_{роз} = 0,605$
 $\varepsilon_{г} = 0,18$ $\varepsilon_{к.г} = 0,154$
 2. $R_{o.o} = 2$ $R_{з.с} = 1$
 $R_{зб} = 2$ $R_{сл} = 1$
 $R_{роз} = 2$ $R_{к.г} = 1$ $R_{г} = 1$
 3. $t_{в.г} = 25$ хв; $t_{лок.д} = 57,1$ хв;
 $t_{г.д} = 24,52$ хв; $t_{к.г.д} = 20,4$ хв;
 $B_o = 349830$ грн; $B_{п} = 31082,64$ грн
 $S_{лок} = 134,55$ м²; $S_{п} = 192,32$ м²; $p = 0,5$
 4. Кількість стволів $N_a = 3$ $N_b = 3$ $N_{бi} = 4$
 $l_{qi} = 24$ м;
 кількість відділень $N_v = 4$;
 кількість пожежних автоцистерн $N_{ац} = 4$.

Покроковий розрахунок

Рахувати Очистити Приклад

Рисунок 4.19 – Загальний вигляд робочого вікна комп'ютерної програми обґрунтування дій за заданих ресурсів у проектах ЛП на основі оцінки ризиків

Для роботи програми необхідно ввести вхідні дані на табло робочого вікна. Після цього натиснути клавішу «Рахувати» і на табло буде наведений

результат розрахунку, який є основою для розроблення плану управління проєктів ЛП із кількісною оцінкою ризиків.

Перед проведенням досліджень з використанням комп'ютерної програми «Пожежний диспетчер» було перевірено її на адекватність під час реалізації проєкту ЛП на підприємстві ТЗОВ «Львівдрев» (м. Львів, вул. Городоцька, 172) [87]. Результати досліджень показали, що прогнозована тривалість проєкту ЛП $\tau_{л.п} = 96,7$ хв відрізняється від дійсної $\tau_{л.п.д} = 105$ хв на 7,9%.

$$\Delta = \frac{\tau_{л.п.д} - \tau_{л.п}}{\tau_{л.п.д}} 100 = \frac{105 - 96,7}{105} 100 = 7,9\% .$$

Проведені багаточисельні порівняльні розрахунки показали, що відносна похибка прогнозованої тривалості проєктів ЛП у порівнянні з дійсним часом не перевищує 10%, що свідчить про її адекватність.

На рис. 4.20 зображено загальний вигляд робочого вікна комп'ютерної програми «Пожежний диспетчер» визначення потреби у ресурсах для реалізації проєктів ЛП із врахуванням ризику (пожеж класу А).

The screenshot shows the 'Fire Dispatcher' software interface. It includes input fields for various parameters and a results panel on the right.

Input Parameters:

- Вибір цеху прийняття: Механічний цех
- Оперативний час: 13:56:38
- Кількість пожежних автомобілів на чергуванні: 2
- Відстань до пожежі від пожежної частини, км: min 1, max 2
- Швидкість руху, км/год: В день (selected), Вночі
- Кількість стовпів "А" для гасіння: min 2, max 4
- Кількість стовпів "Б" на гасіння та захист: min 4, max 8
- Кількість відділень для гасіння пожежі: 3
- Площа приміщення, де виникла пожежа, м.кв: 5184
- Кількість пінных стовпів: 4
- Кількість стовпів на захист: 32
- Площа пожежі за повідомленням, м.кв: 10
- Площа пожежі до перших стовпів, м.кв: 1520
- Середнє значення імовірності безвідмовної роботи: 0,83
- Імовірність прогнозування: 0,5

Result Panel: Результат розрахунку(пожежа класу А)

- Прогнозований час виконання всіх технологічних операцій по гасінню пожежі: 53 хв
- Середня швидкість автомобіля: 58 км/год
- Кількість відділень пожежної частини: 2
- Кількість відділень, які залучаються з інших пожежних частин: 12
- Кількість пожежних машин пожежної частини: 2
- Кількість пожежних машин, які залучаються з інших пожежних частин: 12
- Кількість стовпів "А" на гасіння пожежі: РСП-70 11 шт
- Кількість стовпів "Б" на гасіння пожежі: РС-50 20 шт
- Кількість стовпів "Б" на захист: РС-50 7 шт
- Потрібна кількість води для гасіння пожежі: 424 м.куб
- Запас води на пожежних автомобілях: 33 м.куб

Bottom Panel:

- Вручні стовпи: 0,5 РСП-70
- Пінні стовпи: 0,20 АЛ-30 (66) 184
- Пожежні автомобілі: 0,20 АЛ-30 (66) 184

Рисунок 4.20 – Загальний вигляд робочого вікна комп'ютерної програми «Пожежний диспетчер» визначення потреби у ресурсах для реалізації проєктів ЛП із врахуванням ризику (пожеж класу А)

Практичне застосування цієї комп'ютерної програми здійснили під час реалізації проекту ЛП в умовах механоскладального цеху Львівського заводу фрезерних верстатів (ЛЗФВ), який реалізовувався державною пожежно-рятувальною частиною № 29 (ДПРЧ – 29).

Аналіз отриманих результатів досліджень за умови використання комп'ютерної програми «Пожежний диспетчер» показує, що за існуючого плану дій пожежно-рятувальних підрозділів значна частина часу витрачається на прибуття до місця виклику, що значно перевищує допустимі нормативні значення.

Сукупні зведені збитки об'єкта і витрати ПРЧ на ліквідацію пожеж за існуючої організації роботи ПРЧ без використання інструментарію управління проектами становлять 4,15 млн грн. За умови використання прикладних комп'ютерних програм, що базуються на розроблених методах та моделях ініціації проектів ЛП із оціненням та реакціями на ризики можна знизити тривалість реалізації зазначених проектів та відповідно прогнозовані зведені збитки об'єкта і витрати ПРЧ на ліквідацію пожеж до 0,995 млн. грн.

4.4. Результати практичного використання розробленого інструментарію для ініціації проектів ліквідації пожеж

Для підтвердження адекватності 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 аналізу пожеж, які виникали у м. Львові в житловому секторі, в смт Комарно в храмі УКГЦ «Святого Антонія» та у виробничому цеху підприємства «Федюк» (с. Гійче Жовківського району) показали, що на всіх цих об'єктах відсутні засоби протипожежного захисту. Це призвело до збільшення тривалості вільного горіння в середньому на 20%. Крім цього, на виклик прибула недостатня

кількість відділень для ліквідації пожеж, що пояснюється відсутністю оперативних даних для прогнозування і забезпечення прибуття до місця виклику потрібної кількості пожежно-рятувальних відділень. Для наочності розглянемо кожен проект окремо.

Проект ЛПІ. 23.06.2016 р. о 06 год 10 хв до ОДС м. Львова прийшло повідомлення про пожежу в м. Львів, вул. І. Франка, 60, кв. 9 на другому поверсі триповерхового житлового будинку. Для ліквідації пожежі була залучена ДПРЧ-1.

Для ініціації проекту ЛПІ використовуємо розроблені прикладні комп'ютерні програми із врахуванням ризику. Проектне середовище має такі характеристики: лінійна швидкість розповсюдження пожежі $v_{л}=0,35$ м/хв; кутовий коефіцієнт форми пожежі $\alpha = 1,57$ рад. Встановлено, що тривалості виконання підготовчих робіт: отримання та опрацювання сигналу про пожежу $\tau_{o.o.d}=0,6$ хв; залучення сил і засобів гарнізону $\tau_{з.с.d} = 0,7$ хв; збір особового складу $\tau_{зб.d} = 0,8$ хв. Об'єкт має такі характеристики: кількість гідрантів на об'єкті $N_2 = 1$; поверх пожежі $z_{П} = 2$; максимальна довжина суцільного струменя $L_{н.с.маx} = 10$ м; інтенсивність подачі вогнегасної речовини $I_n^r = 0,2$ л/с·м²; діаметр насадки пожежного ствола $d = 19$ мм; середня вартість одиниці площі об'єкта $C_o = 4100$ грн/м²; середня вартість однієї хвилини роботи ПРП $C_n = 67$ грн/хв; допустима густина теплового потоку $[q] = 3$ кВт/м²; мінімальна кількість стволів Б на гасіння $a_1 = 2$; мінімальна кількість стволів Б на захист $a_2 = 2$; мінімальна кількість стволів А на гасіння $a_3 = 1$; відстань від пожедепо до об'єкта $L = 1,3$ км; швидкість слідування ПРП $V_{сл} = 60$ км/год; мінімальне значення часу вільного горіння $a_4 = (84L/V_{сл})+20,5 = (84 \cdot 1,4/60) + 20,5 = 22,3$ хв; мінімальна відстань пожежника від осередку пожежі $a_5 = 5$ м; максимальна кількість стволів Б на гасіння $b_1 = 3$; максимальна кількість стволів Б на захист $b_2 = 3$; максимальна кількість стволів А на гасіння $b_3 = 1$; максимальне значення часу вільного горіння $b_4 = (84L/V_{сл})+29 = 30,8$ хв; максимальна відстань пожежника від

осередку пожежі $b_5 = L_{n.c.max} - 5 = 10 - 5 = 5$ м; допустиме значення ризику для виконання дій $[\varepsilon] = 0,00005$; допустима імовірність розв'язку $[p] = 0,9$.

На підставі використання інформаційної системи із врахуванням ризику отримано результати, які свідчать, що для реалізації проекту потрібно залучити такі технічні ресурси: $ВП = 2$; $АЦ = 2$; $СА = 1$; $СБ^I = 2$; $СБ^3 = 2$.

Результати реалізації проекту ЛП: $\tau_{в.з} = 23$ хв; $\tau_{лок.д} = 40,77$ хв; $\tau_{з.д} = 0,11$ хв; $\tau_{к.з.д} = 10,2$ хв; $B_o = 152561$ грн; $B_n = 8718$ грн; $S_{лок} = 37,21$ м²; $S_{П} = 37,71$ м²; $l_q = 5$ м; $p = 0,9$.

Значення ризиків: $R_{o.o} = 2$; $R_{з.с} = 1$; $R_{зб} = 2$; $R_{сл} = 1$; $R_{роз} = 2$; $R_{лок} = 1$; $R_z = 1$; $R_{к.з} = 1$.

Отже, на підставі аналізу отриманих результатів виконання проекту ЛП встановлено, що час прибуття ПРП о 06 год 21 хв у складі АЦ-40 (43362)63б.02 (5 чол.), АППД 2(3310) 274 (4 чол.). Оперативне розгортання завершилося о 06 год 27 хв, $\tau_{роз} = 6$ хв.

$$\varepsilon_{роз} = 1 - \exp\left[-(0,1\tau_{роз.д})^2\right] = 1 - \exp\left[-(0,1 \cdot 6)^2\right] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,36}} = 0,3; R_{роз} = 1.$$

Локалізація пожежі за використання $СБ^I = 2$ закінчилася о 07 год 30 хв, $\tau_{лок} = 63$ хв;

$$\varepsilon_{лок} = 1 - \exp\left[-(0,01\tau_{лок.д})^2\right] = 1 - \exp\left[-(0,01 \cdot 63)^2\right] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,397}} = 0,34; R_{лок} = 2.$$

Виконання робіт із гасіння пожежі закінчилося о 07 год 35 хв, $\tau_z = 5$ хв;

$$\varepsilon_z = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau_{з.д}}{60}\right)^2\right] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{5}{60}\right)^2\right] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,007}} = 0,007; R_z = 1.$$

Виконання завершальних робіт із гасіння пожежі закінчилося о 07 год 51 хв, $\tau_{к.з} = 16$ хв;

$$\varepsilon_{к.з} = 1 - \exp[-0,0025(\tau_{лок.д} + \tau_{з.д})] = 1 - \exp[-0,0025(63 + 5)] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,17}} = 0,16; R_{к.з} = 1.$$

Зайнятість ПРП під час виконання робіт із ліквідації пожежі $\tau_{з.н} = 101$ хв; витрати ПРП за залучення двох відділень $ВП = 2$

$$B_n = C_n \tau_{з.н} \cdot ВП = 67 \cdot 101 \cdot 2 = 13534 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих результатів, можна стверджувати, що за залучення двох відділень було використано недостатню кількість приладів пожежогасіння, що призвело до збільшення тривалості локалізації пожежі в 1,5 рази, що підтверджує значення ризику локалізації $R_{лок} = 2$ у порівнянні з проектом інжинірингу ЛП $R_{лок} = 1$. Це призвело до збільшення витрат ПРП на ліквідацію пожежі в 1,55 рази. Відсутність на більшості об'єктів житлового сектору на сходових клітках пожежних сповіщувачів і оповіщувачів призводить до значного збільшення тривалості вільного розвитку пожежі і відповідно до збитків об'єкта захисту.

Проект ЛП2. 22.04.2016 р. о 20 год 58 хв до ОДС м. Жовква (Львівська обл.) надійшло повідомлення про пожежу в с. Гійче, вул. Травнева 1 у виробничому цеху розміром 56x18 м на ФОП «Федюк». Для ліквідації пожежі були залучені: АЦ-60/4 (МВ Altego 1329) ДПРЧ -17 м. Жовква (4 осіб.); АЦ-40 (131)137 ДПРП-48 м. Рава-Руська (3 осіб.); АЦ МПК с. Бишків (1 особа); АЦ ЧСПТ ЗТС м. Львів (6 осіб.); АЦ ДПРП-52 м. Великі Мости (3 осіб.); трактор з бочкою ємністю 10 т та МП ПП «Західний Буг» (1 особа); МОГ ГУ (1 особа); ОКЦ (4 осіб).

Для ініціації проекту ЛП використовуємо розроблені прикладні комп'ютерні програми із врахуванням ризику. Проектне середовище має такі характеристики: лінійна швидкість розповсюдження пожежі $v_{л} = 0,4$ м/хв; кутовий коефіцієнт форми пожежі $\alpha = 0,785$ рад; отримання та опрацювання сигналу про пожежу $\tau_{o.o.d} = 1$ хв; залучення сил і засобів гарнізону $\tau_{з.с.д} = 1$ хв; збір особового складу $\tau_{зб.д} = 1$ хв; кількість гідрантів на об'єкті $N_z = 0$; поверх пожежі $z_{л} = 1$; максимальна довжина суцільного струменя $L_{n.c.max} = 30$ м; інтенсивність подачі вогнегасної речовини $I_n^r = 0,2$ л/с·м²; діаметр насадки пожежного ствола $d = 19$ мм; середня вартість одиниці площі об'єкта $C_o = 2100$ грн/м²; середня вартість однієї хвилини роботи ПРП $C_n = 67$ грн/хв; допустима густина теплового потоку $[q] = 2$ кВт/м²; мінімальна кількість стволів Б на гасіння $a_1 = 2$; мінімальна кількість стволів Б на захист $a_2 = 2$; мінімальна кількість стволів А на гасіння $a_3 = 1$; відстань від пожежного депо

до об'єкта $L = 16$ км; швидкість слідування ПРП $V_{сл} = 89$ км/год; мінімальне значення часу вільного горіння $a_4 = (84L/V_{сл}) + 20,5 = (819 \cdot 16/60) + 20,5 = 35,19$ хв; мінімальна відстань пожежника від осередку пожежі $a_5 = 5$ м; максимальна кількість стволів Б на гасіння $b_1 = 12$; максимальна кількість стволів Б на захист $b_2 = 2$; максимальна кількість стволів А на гасіння $b_3 = 6$; максимальне значення часу вільного горіння $b_{19} = (819L/V_{сл}) + 29 = 30,8$ хв; максимальна відстань пожежника від осередку пожежі $b_5 = L_{н.с.мак} - 5 = 30 - 5 = 25$ м; допустиме значення імовірності ризику для всього процесу $[\varepsilon] = 0,00005$; допустима імовірність розв'язку $[p] = 0,9$.

На підставі використання інформаційної системи із врахуванням ризику отримано результати, які свідчать що для реалізації проекту потрібно залучити такі технічні ресурси: $ВП = 5$; $АЦ = 5$; $СА = 5$; $СБ^Г = 6$; $СБ^3 = 2$.

Результати реалізації проекту ЛП: $\tau_{в.з} = 31$ хв; $\tau_{лок.д} = 12,82$ хв; $\tau_{з.д} = 2,8$ хв; $\tau_{к.з.д} = 3,9$ хв; $B_o = 101052$ грн; $B_n = 15550,7$ грн; $S_{лок} = 1153,12$ м²; $S_{П} = 58,5$ м²; $l_q = 11$ м; $p = 0,9$.

Значення ризиків: $R_{o.o} = 2$; $R_{з.с} = 1$; $R_{зб} = 2$; $R_{сл} = 3$; $R_{роз} = 2$; $R_{лок} = 1$; $R_{з} = 1$; $R_{к.з} = 1$.

Отже, на підставі аналізу отриманих результатів виконання проекту ЛП встановлено, що час прибуття ПРП о 21 год 16 хв. Оперативне розгортання закінчилося о 21 год 22 хв, $\tau_{роз} = 6$ хв.

$$\varepsilon_{роз} = 1 - \exp\left[-(0,1\tau_{роз.д})^2\right] = 1 - \exp\left[-(0,1 \cdot 6)^2\right] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,36}} = 0,3; R_{роз} = 1.$$

Локалізація пожежі за використання $СА = 5$; $СБ^Г = 11$ закінчилася о 21 год 42 хв, $\tau_{лок} = 20$ хв;

$$\varepsilon_{лок} = 1 - \exp\left[-(0,01\tau_{лок.д})^2\right] = 1 - \exp\left[-(0,01 \cdot 20)^2\right] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,04}} = 0,04; R_{лок} = 1.$$

Виконання робіт із гасіння пожежі закінчилася о 21 год 47 хв, $\tau_{з} = 5$ хв;

$$\varepsilon_2 = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau_{z,d}}{60}\right)^2\right] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{5}{60}\right)^2\right] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,007}} = 0,007; R_2 = 1.$$

Виконання завершальних робіт щодо гасіння пожежі закінчилося о 22 год 00 хв, $\tau_{к.з} = 13$ хв;

$$\varepsilon_{к.з} = 1 - \exp[-0,0025(\tau_{лок.д} + \tau_{z,d})] = 1 - \exp[-0,0025(20 + 5)] = 1 - \frac{1}{2,718^{0,06}} = 0,06; R_{к.з} = 1.$$

Зайнятість ПРП під час виконання робіт із ліквідації пожежі $\tau_{з.н} = 62$ хв; витрати ПРП при залученні відділень $ВП = 5$

$$B_n = C_n \tau_{з.н} \cdot ВП = 67 \cdot 62 \cdot 5 = 20770 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих результатів, можна стверджувати, що враховуючи розташування об'єкта в сільській місцевості і невчасне прибуття ПРП збільшився і загальний час зайнятості ПРП для ліквідації пожежі в 1,07 раза. Це призводить до збільшення витрат ПРП в 1,319 раза. Наявність на об'єкті системи протипожежного захисту дає змогу в умовах сільської місцевості забезпечити мінімальне значення тривалості вільного горіння.

Вцілому можна стверджувати, що розроблений практичний інструментарій ініціації проектів ЛП на основі оцінення ризиків адекватно відображає реальну їх реалізацію. На підставі отриманих результатів ми порівняли різні варіанти забезпечення протипожежного захисту на окремих об'єктах із врахуванням цінності проектів СПЗО і ЛП, яка оцінювалася за збитками від пожеж (рис. 4.21).

Отримана діаграма (рис. 4.21) 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%.

Для розвинення раціональних реакцій на ризики у проектах ЛП необхідно розробити розширений план управління ризиками. 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.

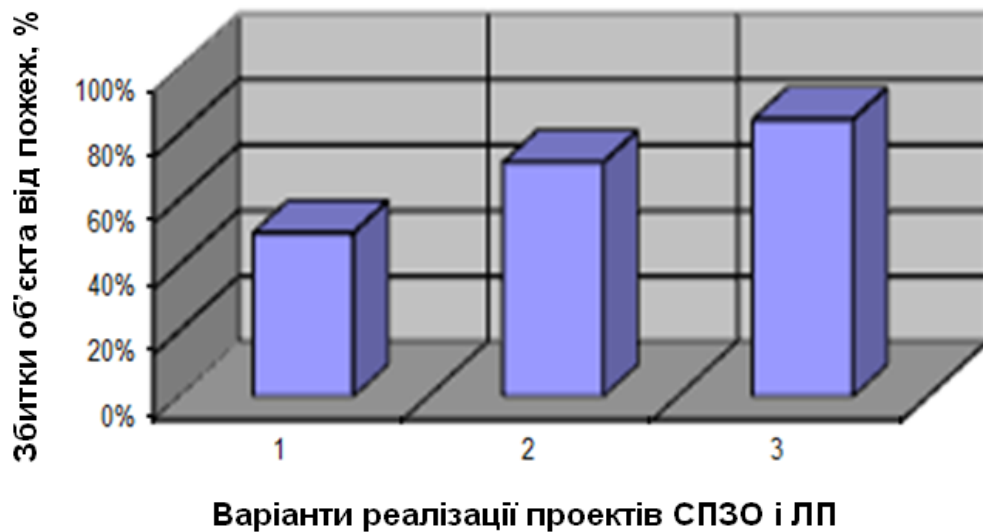


Рисунок 4.21 – Збитки об'єктів від пожеж за різних варіантів реалізації проектів СПЗО і ЛП: 1 – за умови спільної реалізації проектів СПЗО і ЛП; 2 – реалізація тільки проектів СПЗО; 3 – без реалізації проектів

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

4.5. Висновки

1. Запропонований алгоритм (рис. 4.1-4.7) виконання управлінських операцій, згрупований у 52 блоки, базується на обґрунтованих моделях і методах, що дає можливість розробити прикладну комп'ютерну програму для підтримки прийняття рішень стосовно ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків.

2. Розроблена комп'ютерна програма ініціації проектів СПЗО на основі оцінки ризиків дає змогу проводити аудит об'єктів щодо стану систем протипожежного захисту, виявляти недоліки, що лежить в основі

обґрунтування дій у зазначених проектах, а також дає можливість визначити потребу у ресурсах (кількість протипожежних засобів), витрати на їх придбання і прогнозовані втрати від можливих пожеж за різних станів комплектації цих систем.

3. Обґрунтований алгоритм та розроблена комп'ютерна програма визначення витрат коштів на матеріальні ресурси проектів СПЗО міст із врахуванням ризиків базуються на обґрунтованих моделях та методах, які враховують екологічні ризики та ризики відмови протипожежних засобів об'єктів з одночасним визначенням додаткових витрат на їх придбання, та забезпечують виконання процесів моніторингу та управління ризиками на стадії ініціації цих проектів.

4. Розроблений інструментарій обґрунтування дій та потреби у ресурсах на реалізацію проектів ліквідації пожеж із оцінкою ризиків базується на обґрунтованих методах та моделях ініціації проектів ЛП із оціненням і дає можливість знизити тривалість реалізації зазначених проектів та майже у 4 рази – зведені збитки об'єкта і витрати ПРЧ на ліквідацію пожеж.

5. Результати практичного використання розробленого інструментарію для ініціації проектів ліквідації пожеж свідчать про те, що збитки від пожеж на об'єктах залежать від варіантів реалізації проектів СПЗО і ЛП. Обґрунтовано, 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%.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі за результатами проведеного дослідження вирішено важливу науково-прикладну задачу підвищення ефективності ініціації проектів СПЗО і ЛП завдяки розробленню науково-методичних основ, моделей, методів і інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень, що доповнюють методологію управління проектами систем пожежогасіння.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у такому:

1. Виконаний 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 про відсутність ефективних моделей, методів, алгоритмів та комп'ютерних програм ініціації проектів на основі оцінення їхніх специфічних 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, що лежить в основі розроблення моделей та методів їх ініціації.

3. Розроблені моделі та методи оцінювання ризиків проектів СПЗО і ЛП враховують стан проектного середовища, особливості виконання робіт у цих проектах та наявність ресурсів, базуються на методах математичної статистики, Монте-Карло та забезпечують адекватну кількісну оцінку 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 зниження бюджету цих проектів.

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

6. Запропонований метод визначення фінансових втрат 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. 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 ступеня «магістр», що навчаються за спеціальністю 073 «Менеджмент» спеціалізації «Управління проектами».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Автоматика** для ворот. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.alta-pr.all.biz>.
2. **Аналіз** масиву карток обліку пожеж (rog_stat) за 12 місяців 2015 року. – К.: УкрНДІЦЗ, 2015. – 24 с. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2016/1/20/AD_12_2015.pdf.
3. **Андрійчук В.** Менеджмент: прийняття рішень і ризик / В. Андрійчук, І. Бауер. – К.: КНЕУ, 1998.- 316 с.
4. **Арчибальд Р.** Управление высокотехнологичными программами и проектами / Р. Арчибальд: Пер. с англ. - М.: ДМК Пресс, 2002. - 464 с.
5. **Бажин И.И.** Информационные системы менеджмента / И.И. Бажин. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 688 с.
6. **Балдин К.В.** Риск-менеджмент. / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев - М.: Гардарики, 2005. – 288 с.
7. **Басманов О.Є.** Теоретичні основи попередження каскадного розповсюдження пожежі в резервуарних парках з нафтопродуктами і підвищення ефективності її ліквідації / О.Є. Басманов // Автор. дис. докт. техн. наук. – Харків: УЦЗ України, 2006. – 36 с.
8. **Башинський О.І.** Обґрунтування методів управління ризиком у проекті реінжинірингу системи технічного обслуговування та ремонту пожежних автомобілів / Автореф. дис. канд. техн. наук. – Львів: ЛДАУ, 2006. – 20 с.
9. **Бегун В.В.** Безпека життєдіяльності. / В.В. Бегун , І.М. Науменко. – К.: 2004. – 328 с.
10. **Богданов В.** Материалы по MS Project 2003 // [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://www.pmpofy.ru>.
11. **Богданов В.В.** Управление проектами в Microsoft Project 2002 / В.В. Богданов. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 640 с.

12. Бондаренко В.В. Обґрунтування портфелів проектів реінжинірингу систем пожежогасіння сільських поселень [Текст] : автореф. дис канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / В.В. Бондаренко. – Львів, 2014. – 18 с.

13. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Н.Н. Брушлинский. – М: Стройиздат, 1981. – 96 с.

14. Брушлинский Н.Н. Совершенствование организации и управления пожарной охраной / Н.Н. Брушлинский, А.К. Микеев, Г.С. Бозуков и др. – М.: Стройиздат, 1986. – 152с.

15. Бут В.П. Практичний посібник з пожежної тактики. / В.П. Бут, Б.В. Куціций, Б.В. Болібрух. – Львів: СПОЛОМ, 2003. – 133 с.

16. Бушуев С. Д. Креативні моделі як інструмент розвитку складних систем / С. Д. Бушуев, Р. Ф. Ярошенко // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць КНУБА. – К., 2011. – Вип. 5. – С. 10-12.

17. Бушуев С. Д. Ценностный подход в управлении развитием сложных систем / С. Д. Бушуев, Д. А. Харитонов // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць КНУБА. – К., 2010. – Вип. 1. – С. 10-15.

18. Бушуев С.Д. Модели и методы стратегического развития организаций от «видения» к реальности/С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2005. – № 4. – С. 5-13.

19. Бушуев С.Д. Управление проектами: основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров (National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1) / С. Бушуев, Н. Бушуева. – Изд. 2-е. – К.: ІРІДІУМ, 2010. – 208 с.

20. Бушуева Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития / Н.С. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2007. – 270 с.

21. Бушуев С.Д. Керівництво з питань проектного менеджменту / С.Д. Бушуев. - К.: Українська асоціація управління проектами, 1999. - 197 с.

22. Бушуєв С.Д. Словник-довідник з питань управління проектами. / С.Д. Бушуєв. – К.: Видавничий дім «Деловая Украина», 2001. – 640 с.

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

24. Васильєв Н.И. Пожарный риск для города и его уменьшение за счет оптимизации проектов системы пожаротушения / Н.И. Васильєв // Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» «ЧС - 2014» – Гомель: Республика Беларусь, Гомельский инженерный институт, 2014. – С. 108.

25. Васильєв Н.И. Уменьшение экологического риска в функциональной зависимости от оптимизации проектов системы пожаротушения на складах лесоматериалов / Н.И. Васильєв // 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. 112

26. 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.

27. 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.

28. 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. 64-65.

29.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.

30.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.

31.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.

32.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.

33.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.

34.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.

35. Верба В.А. Гармонізація процесного і проектного підходів до управління розвитком компанії / В.А. Верба // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2009. - № 3 (31). - С. 14-22. - Режим доступу: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/31/09vvaurk.pdf>

36. Вітлінський В.В. Ризик у менеджменті / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний. – К.: ТОВ «Борисфен-М», 1996. - 336 с.

37. Войтович Д.П. Вплив пожежі на викиди токсичних продуктів згорання на об'єктах зберігання нафти та нафтопродуктів / Д.П. Войтович, Е.М. Гуліда // Науковий вісник НГУ, № 5. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – С. 91-97.

38. Войтович Д.П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах / Д.П. Войтович // Автор. дис. канд. техн. наук. – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – 20 с.

39. Гогунский В.Д. Управление безопасностью в территориальных экосистемах / В.Д. Гогунский, В.А. Колесников, С.В. Руденко // МНТК «Автоматизация: проблемы, анализ, решения». – Севастополь: СевНТУ, 2007. – С. 186-188.

40. Гогунский, В.Д. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – С. 170 – 175.

41. Гогунський, В.Д. Управління ризиками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці / В.Д. Гогунський, Ю.С. Чернега // Вост.-Европейский журнал передовых технологий. - № 1/10 (61). – Харьков : Технолог. центр, 2013 – С. 83 – 85.

42. Головатий Р. С. Управління безпекою на стадії планування проектів створення об'єктів з масовим перебуванням людей [Текст] :

автореф. дис ... канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / Р. С. Головатий. – Львів, 2018. – 24 с.

43.Грачева М.В. Анализ проектных рисков. / М.В. Грачева. - М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999. - 126 с.

44.Грачева М.В. Риск-анализ инвестиционного проекта. / М.В. Грачева - М.: Юнити-Дана, 2001.-352 с.

45. Григорян Т. Г. Применение когнитивного моделирования в оценке портфелей проектов повышения безопасности АЭС / Т. Г. Григорян, Е. А. Квасневский, К. В. Кошкин // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2012. – № 2. – С. 73-77.

46. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах / В.М. Гужва. – К.: КНГУ, 2001. – 400 с.

47.Гуліда Е.М. Вплив пожеж на екологічну безпеку навколишнього середовища / Е.М. Гуліда, А.А. Ренкас // Науковий вісник НГУ, № 5. – Дніпропетровськ: НГУ, 2014. – С. 91-100.

48. Гуліда Е.М. Вплив пожежного ризику на величину збитків від пожежі в приміщеннях різних об'єктів / Е.М. Гуліда. // Зб. наук. праць «Пожежна безпека» - № 28, 2016. – Львів: ЛДУ БЖД. – С. 18-27.

49.Гуліда Е.М. Забезпечення прийняттого пожежного ризику для соціально-культурних, громадських та адміністративних споруд / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан. // Зб. наук. праць Пожежна безпека: теорія і практика. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, № 13, 2013. – С. 16-22.

50.Гуліда Е.М. Зменшення тривалості вільного розвитку пожежі на основі оптимізації шляху слідування пожежників до місця слідування / Е.М. Гуліда // зб. наукових праць «Пожежна безпека», № 23. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – С. 64-70.

51.Гуліда Е.М. Методика визначення соціального пожежного ризику в приміщеннях навчальних закладів / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан, Т.М. Кіт // Науковий вісник НЛТУ України. Вип. 24.11. – Львів: НЛТУ України, 2014. – С. 139-149.

52.Гуліда Е.М. Моделювання тактики локалізації та гасіння пожеж в закритих приміщеннях деревообробних підприємств / Е.М. Гуліда, О.М. Коваль // Зб. наукових праць «Пожежна безпека: теорія і практика», № 19. - Черкаси: НУЦЗ України, ІПБ, 2015. – С. 25-36.

53.Гуліда Е.М. Моделювання тактики локалізації та гасіння пожеж в закритих приміщеннях деревообробних підприємств / Е.М. Гуліда, О.М. Коваль // Зб. наук. праць «Пожежна безпека: теорія практика», № 19. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2015. – С. 25-36.

54.Гуліда Е.М. Надійність технології гасіння пожежі на машинобудівних підприємствах / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан // Науковий вісник УкрНДІПБ, 2004, № 2 (10). – С. 42-48.

55.Гуліда Е.М. Оцінка організаційного ризику процесу ліквідації пожежі в місті / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан // Науковий вісник НЛТУ України. Випуск 22.10, 2012 / Львів: НЛТУ. – С. 293-300.

56.Гуліда Е.М. Оцінка пожежного ризику у функціональній залежності від людського фактора / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан // Науковий вісник НЛТУ України. Випуск 22.7, 2012 / Львів: НЛТУ. – С. 317-322.

57.Гуліда Е.М. Оцінювання пожежного ризику для споруд виробничого призначення / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан // Науковий вісник НЛТУ України. Випуск 22.9, 2012 / Львів: НЛТУ. – С. 118-128.

58.Гуліда Е.М. Прогнозування виникнення пожеж в житловому секторі на підставі аналізу техногенного ризику. / Е.М. Гуліда, О.І. Башинський, І.О. Мовчан // Збірник наукових праць «Пожежна безпека», № 20. – Львів: ЛДУ БЖД, 2012. – С. 150-154.

59. Гультьєв А.К. MS Project 2002. Управлене проектами / А.К. Гультьєв. – Санкт-Петербург: КОРОНА, 2003. – 592 с.

60.ДБН 360-92* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Укрархбудінформ, 1993. – 107с.

61.ДБН В.2.5-56:2015 Системи протипожежного захисту. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 185 с.

62.Державні стандарти України (збірник). Пожежна безпека, Продукція протипожежного призначення. – К.: Пожінформтехніка, 2000. – 640 с.

63.Дзюба Л.Ф. Основи надійності машин / Л.Ф. Дзюба, Ю.В. Зима, Є.М. Лютий. – Львів: Логос, 2003. – 204 с.

64.Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем (перевод с английского) / Диллон Б., Сингх Ч. – М.: Мир, 1984. – 318 с.

65.ДСТУ 2302-93 Батареї акумуляторні свинцеві стартерні. Приймання до ремонту і видача. – К.: Держстандарт України, 2000. – 18 с.

66.Дубинин Е. Анализ рисков инвестиционного проекта. / Е. Дубинин // [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://www.cfm.ru>.

67. Завер В. Б. Методи та моделі ідентифікації конфігурації проектів реінжинірингу систем пожежогасіння гірських лісових масивів [Текст] : автореф. дис ... канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / В. Б. Завер. – Львів, 2012. – 22 с.

68. Зачко О. Б. Методологія безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем [Текст] : автореф. дис ... док. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / О. Б. Зачко. – Київ, 2015. – 43 с.

69.Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Клюс. – М.: Стройиздат, 1987. – 288с.

70.Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.

71.Кимстач И.Ф. Организация тушения пожаров в городах и населенных пунктах / И.Ф. Кимстач. – М.: Стройиздат, 1997. – 142 с.

72.Клебанова Т.С. Теория экономического риска. / Т.С. Клебанова, Е.В. Раевнева. - Харьков: Издательский Дом «ИНЖЭК», 2003. - 156 с.

73.Климась Р. Визначення ймовірності виникнення пожеж у будівлях і спорудах різного призначення / Р. Климась, Д. Матвійчук // Надзвичайна ситуація № 11, 2011. – с. 44-45.

74. Кобилкін Д. С. Структуризація проектів впровадження автоматизованих систем антикризового управління в цивільному захисті (на прикладі системи 112) [Текст] : автореф. дис ... канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / Д. С. Кобилкін. – Львів, 2016. – 24 с.

75. Кононенко И. В. Построение модели данных портфеля проектов для использования в имитационной модели / И. В. Кононенко А. В. Харазий // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2011. – №1/5 (49). – С.17-19.

76. Кошкин К.В. Алгоритмическое обеспечение управления проектами виртуальных производств в судостроении: Монография. / К.В. Кошкин, А.А. Павлов. – Херсон: Олди-плюс, 2001. - 178 с.

77.Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

78.Крайнюк О.І. Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони. / О.І. Крайнюк // Науковий вісник УкрНДІПБ, 2008, № 2 (18). – С. 180-185.

79.Кудин А.И. Розроблення експертної системи прийняття рішень при організації гасіння пожеж // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків: ХІПБ, 1997. – 18 с.

80. Лебедев А. Open Plan Professional 3.1. Новая версия профессиональной системы планирования и контроля проектов // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.pmpofy.ru./content/rus/114/1143-article.asp>.

81. Лучкин В. Самоучитель по управлению рисками // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://spiderproject.com.ua>.

82.Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС РФ от 30.06.2009 № 382). – М.: МЧС РФ, 2009. – 10 с.

83.Мовчан И.А. Оптимизационная модель оценки вероятности ликвидации пожара при преподавании пожарной тактики / И.А. Мовчан, Н.И. Васильев // 36. наук. праць 4-ої МНПК «Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи», випуск 4, частина 2. – Київ-Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 66-71.

84.Мовчан И.А. Оптимизационная модель оценки вероятности ликвидации пожара при преподавании пожарной тактики // И.А. Мовчан, Н.И. Васильев // Матеріали ІV МНПК «Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи». – Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 64-65.

85.Мовчан І.О. Вибір критеріїв для прийняття рішень в системі пожежогасіння / І.О. Мовчан, М.І. Васильєв // 36. наук. праць «Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності», № 8. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – С. 146-154.

86.Мовчан І.О. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах. / І.О. Мовчан, Е.М. Гуліда, Д.П. Войтович // Проблеми пожежної безпеки, Вип. 23, Харків, УЦЗ України, 2008. – С. 241-247.

87. Мовчан І.О. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах. / І.О. Мовчан, Е.М. Гуліда, Д.П. Войтович // Проблеми пожежної безпеки, Вип. 23, Харків, УЦЗ України, 2008. – С. 241-247.

88.Мовчан І.О. Визначення ризику евакуації людей із будівель та споруд у випадку пожежі з урахуванням її критичного часу / І.О. Мовчан, Е.М. Гуліда // Вісник ЛДУ БЖД. № 6, 2012 / Львів: ЛДУ БЖД. – С. 157-161.

89.Мовчан І.О. Забезпечення ліквідації пожежі на промислових підприємствах з урахуванням надійності пожежної техніки та устаткування / І.О. Мовчан // Автореф. дис. канд. техн. наук. – Харків: УЦЗ України, 2007. – 18 с.

90.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.

91.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.

92.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.

93.Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Изд. «Пожнаука», 2000. – 482с.

94.Москвин В.А. Управление рисками при реализации инвестиционных проектов. - М.: Финансы и статистика, 2004. - 352 с.

95.Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер // Перевод с нем.. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

96.Надежность и эффективность в технике // Справочник в 10 Т. Т.7 //Под редакцией И.В. Апполонова .- М.: Машиностроение, 1989. – 280с.

97.Наказ МВС України №325 від 01.07. 1993. – К. – 2 с.

98.Ноздріна Л. В. Управління проектами / Л.В. Ноздріна, В.І. Ящук, О.І. Полотай. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 432 с.

99.Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К.:УДПО МВС України, 1995. – 14 с.

100. Обґрунтування структури процесу визначення концептуального плану програм (портфелів) проектів / Сидорчук О., Тригуба А., Сидорчук Л., Бондаренко В. // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2013. – № 17. – С. 3-10.

101. Огляд стану організації пожежогасіння, пожежно-рятувальних робіт, застосування пожежної та спеціальної техніки ПРП МНС України у 2005 році. – К.: Департамент ЦЗ МНС України, 2005. – 31 с.

102. Паснак І.В. Підвищення ефективності ліквідації пожеж класу А і В на промислових підприємствах шляхом удосконалення технічних засобів пожежогасіння / І.В. Паснак // Автор. дис. канд. техн. наук. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – 20 с.

103. Пермяков В.И. Перспективы разработки и применения экспертных систем при тушении пожаров / В.И. Пермяков , А.И. Кудин // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: МВД Украины, 1993. – С. 293-296.

104. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик, П.П. Ключ, А.М. Матвейкин. – М.: Стройиздат, 1990. – 335с.

105. Постанова Кабінету міністрів України від 27 листопада 2013 р. № 874 – К. – 3 с.

106. Постанова Кабінету міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306. – К. – 3 с.

107. Программы для управления проектами Primavera // [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://www.pmpofy.ru/programms.asp>.

108. Пятенко С. Методы анализа наиболее типичных проблем управления проектом. / С. Пятенко. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.intalev.com.ua>.

109. Разу М.Л. Управление программами и проектами / М.Л. Разу, В.И. Воропаев , Ю.В. Якутии. // 17-модульная программа для менеджеров. Мод.8. - М.: ИНФРА-М, 2000.-320 с.

110. Рак Ю. П. Безпеко-орієнтоване управління регіональними проектами захисту критичних інфраструктур засобами Системи 112 / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, Д. С. Кобилкін, Р. Р. Головатий // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2016. № 1 (57). – С. 49 – 55.

111. Рак Ю. П. Формування проектів методом візуалізації інформації для підвищення стану безпеки торгово-розважальних центрів / 123 Ю. П. Рак, Р. Р. Головатий // Управління проектами у розвитку суспільства: зб. тез доповідей XII Міжнар. конф. – Київ: КНУБА, 2015. – С. 226 – 228.

112. Ратушний Р.Т. Автоматизована інформаційно-аналітична система управління проектом протипожежного захисту сільського району / Р.Т. Ратушний, О.В. Сидорчук, В.О. Тимочко // Вчені ЛДАУ виробництву. – Вип. V. – Львів: ЛДАУ, 2005. – С. 104-105.

113. Ратушний Р.Т. Відображення моделлю функціонування підрозділів системи протипожежного захисту сільських населених пунктів / Р.Т. Ратушний, О.В. Сидорчук, В.О. Тимочко // Науковий вісник УкрНДІПБ, 2004, № 4. – С. 124-127.

114. Ратушний Р.Т. Методи та моделі управління конфігурацією проекту удосконалення системи пожежогасіння у сільському адміністративному районі: автореф. канд. техн. наук / Р.Т. Ратушний. – Львів: ЛДАУ, 2005. – 19 с.

115. Рач В. А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку : навч. посіб. / Рач В.А., Россошанська О.В., Медведєва О.М.; за ред. В.А. Рача. – К.: «К.І.С.», 2010. – 276 с.

116. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.

117. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК) – четвертое издание. РМІ, 2008. – 464 с. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://forpm.ru/pmbok-4>.

118. Руководство по управлению инновационными проектами и программами P2M: т. 1, версия 1.2 / пер. на рус. язык под ред. С.Д. Бушуева. – К. : Наук. Світ, 2009. – 173 с.

119. Руководство по управлению инновационными проектами и программами: [пер. на рус.]; т.1, версия 1.2 / под ред. С.Д. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2009. – С. 59.

120. Савчук В. Операционный риск. / В. Савчук. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.management.com.ua>.

121. Самошин Д.А. Расчет пожарных рисков для общественных, жилых и административных зданий / Самошин Д.А. – 46 с // [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http // www.akademygps.ru](http://www.akademygps.ru).

122. Сидорчук О.В. Обґрунтування плану управління ризиками у проектах реінжинірингу систем технічного обслуговування та ремонту пожежно-рятувальних автомобілів / Сидорчук О.В., Тригуба А. М., Башинський О.І.// Вісник ЛДУ БЖД : зб. наук. праць. №15 (2017). – Львів: ЛДУБЖД, 2017.– С.26-32.

123. Старинская А. Ставка на карту рисков // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://spiderproject.com.ua>.

124. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. – К.: МНС України, 2012. – 143 с.

125. Стовер Т. Эффективная работа Microsoft Project 2002 // [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://www.pmprofy.ru>. (104)

126. Структура процесу управління конфігурацією проектів / О. В. Сидорчук, Р. Т. Ратушний, О. М. Щербаченко, О. М. Сіваковська // Вісник НТУ «ХП». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – № 3 (1225). – С. 29–34.

127. Тарасенко О.А. Розвиток наукових основ ліквідації наземних ландшафтних пожеж / О.А. Тарасенко // Автор. дис. докт. техн. наук. – Харків: НУЦЗ України, 2011. – 36 с.

128. Терпугов А. MS Project: укрощение // [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://www.pmpofy.ru>.

129. Тесля Ю. М. Аналіз підходів до побудови біадаптивних систем управління проектно-орієнтованими підприємствами / Ю. М. Тесля, О. Г. Тімінський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. - № 2(3). - С. 38-42.

130. Тригуба А. М. Критерії оцінювання проектів та програм розвитку адміністративних територій / Тригуба А. М., Боярчук О. В., Ратушний Р., Щербаченко О. // Сучасні тренди підготовки фахівців з управління проектами та програмами: матеріали підсумкової науково-практичної конференції (м. Луцьк, 23 квітня 2018 р.). – Луцьк, 2018. – С. 105-109.

131. Тэпман Л.Н. Риски в экономике. / Л.Н. Тэпман. // Под. ред. проф. В.А. Швандара. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. - 380с.

132. Тянь Р.Б. Управління проектами / Р.Б. Тянь, Б.І. Холод, В.А. Ткаченко. - Київ: Центр навчальної літератури, 2003. - 224 с.

133. Устенко О.Л. Теория экономического риска. / О.Л. Устенко. - К.: МАУП, 1997,- 164 с.

134. Устименко В.М. Методологічні аспекти щодо визначення екологічних ризиків / В.М. Устименко // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Система управління екологічними ризиками: наука і практика». – К.: 2007. – С. 14 – 21.

135. Фесенко Т. Г. Управління проектами: теорія та практика виконання проектних дій / Т. Г. Фесенко. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 181 с.

136. Фесенко Т. Г. Управління проектами: теорія та практика виконання проектних дій: навч. посібник / Т. Г. Фесенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 181с.

137. Формування територіальних зон дії пожежно-рятувальних частин адміністративної області / Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Ратушний Р.Т., Бондаренко В.В., Ратушний А.Р. // Вісник ЛДУ БЖД : зб. наук. праць. №9 (2014). – Львів: ЛДУБЖД, 2014.– С. 110-116.

138. Формула та напрямки наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / Бушуев С.Д., Гогунський В.Д., Кононенко І.В., Кошкін К.В., Рач В.А., Тесля Ю. М. // Управління проектами: стан та перспективи : VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 28 – 31.

139. Холщевников В.В. Моделирование людских потоков / В.В. Холщевников // Моделирование пожаров и взрывов. – М.: Ассоциация «Пожнаука», 2000. – С. 139-169.

140. Хохлов Н.В. Управление риском. / Н.В. Хохлов. - М.: ЮНИТИ, 2001. - 239 с.

141. Цветков А.В. Корпоративный подход к управлению проектами с использованием продуктов Primavera / А.В. Цветков, Е.В. Колосова // [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://www.pmpofy.ru>. (114)

142. Чернов В.А. Анализ коммерческого риска. / В.А. Чернов. - М.: Финансы и статистика, 1998- 127 с.

143. Чернов С. К. Облік ризиків і невизначеностей в організаційних проектах [Текст] / С. К. Чернов // Управління проектами та розвиток виробництва: зб.наук.праць. – Луганськ: вид-во Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля, 2006. – № 1 (17). – С. 41 – 44.

144. Чернов С. К. Риски и неопределенность в организационных проектах реструктуризации [Текст] / С. К. Чернов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – №1. – С. 31 – 35.

145. Чернова Г.В. Управление рисками. / Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев - М.: Проспект, 2003.- 160 с.

146. Чумаченко И. В. Формирование адаптивной команды проекта [Текст] / И. В. Чумаченко, Н. В. Доценко, Н. В. Косенко, Л. Ю. Сабадош //

Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – №2 (38). – Луганськ, 2011. – С. 67 – 71.

147. Чумаченко И. В. Формирование холистической ценности инновационных проектов и программ / И. В. Чумаченко, Н. В. Доценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5 (49). – Т.1. – С. 14 – 16.

148. Шаповалов В. Как управлять рисками // [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://www.cfin.ru>.

149. Шатов С.В. Формування організаційно-технологічних рішень розбирання руйнувань будівель в особливих умовах / С.В. Шатов // Автор. дис. докт. техн. наук. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2014. – 37 с.

150. Эидрю Х. Риск-менеджмент. / Х. Эидрю. - М.: Эксмо, 2007. - 304 с.

151. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules - Structural fire design.

152. Fire risk assessments. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.uk/...fire.../fire-risk-assessment>.

153. Fire safety in the workplace. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.uk/workplace-fire-safety-your-responsibilities/fire-risk-assessments>.

154. Guide A. To the project management body of knowledge (PMBOK). - USA: Project management Institute, 2004. - 421 p.

155. Henderson L.F. On the fluid mechanics of human crowd motion. // Transportation Research, 1974, vol. 8, № 6. – P. 28-36.

156. Hulida E. Mathematical model of the optimization of fire extinguishing time length in the woodworking enterprises` workshops / E. Hulida, O. Koval. // Econtechmod. – Lublin; Rzeszow, 2015. – Vol. 4, № 1. – P. 39-43.

157. ISO 21500:2012 Guidance on project management [Електронний ресурс] / Міжнародна організація зі стандартизації. – Режим доступу : http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=50003.

158. Kolesnikova, K. V. The development of the theory of project management: project initiation study law [Text] / K. V. Kolesnikova // Management of Development of Complex Systems. – 2013. – № 17. – P. 24-30.

159. Library of PMI Global Standards. [Електронний ресурс]. – Сайт Інституту управління проектами PMI. – Режим доступу: <https://www.pmi.org/>

160. PRINCE2® in one thousand words [Електронний ресурс] / Andy Murray and Director of Outperform UK Ltd, 2009 – Режим доступу: www.best-management-practice.com/gempdf/PRINCE2_in_One_Thousand_Words.pdf

161. Spider Project – професійна інтегрована система для комплексного управління проектами // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://spiderproject.com.ua/php>.

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

163. A-Project Technologies // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://projectm.narod.ru>. (119)

Результати оптимізації дій у проектах ЛП

Аналізуючи залежність (2.8) встановлено, що для прогнозування тривалості вільного горіння $\tau_{в.г}$ невідомими складовими є тривалість з моменту виникнення до виявлення пожежі $\tau_{в.в}$ та тривалість слідування на пожежу $\tau_{сл}$. Для прогнозування $\tau_{в.г}$ значення $\tau_{в.в}$ можна приймати до 5 хв, а час слідування – його середньо статистичне значення по Україні $\tau_{сл} = 12$ хв. В цьому випадку отримаємо за залежністю (2.8):

$$\tau_{в.г} = 5 + 1 + 1 + 3 + 1 + 12 + 6 = 29 \text{ хв.}$$

Тобто час вільного горіння може коливатися в межах $\tau_{в.г} = 25 \dots 29$ хв залежно від тривалості часу виявлення пожежі та часу тривалості сповіщення диспетчеру оперативного координаційного центру. Крім цього, цей час також може бути меншим в залежності від того, який буде час слідування. Для розрахунків можна приймати середнє значення $\tau_{в.г} = 25 \dots 28$ хв.

Для визначення тривалості виконання робіт щодо гасіння пожежі для прикладу приймаємо $S_{П}=100\text{м}^2$. Тоді при гасінні пожежі одним відділенням $\tau_{лок} + \tau_2 = 139,9$ хв; при гасінні пожежі двома відділеннями $\tau_{лок} + \tau_2 = 68,9$ хв; при гасінні пожежі трьома відділеннями $\tau_{лок} + \tau_2 = 43,9$ хв; при гасінні пожежі чотирма відділеннями $\tau_{лок} + \tau_2 = 32$ хв.

Аналогічні розрахунки виконуємо для площі пожежі $S_{П} = 200 \text{ м}^2$. За результатами розрахунків побудуємо графічні залежності часу гасіння пожежі від кількості відділень пожежно-рятувальної частини (рис. А.1).

Результати аналізу отриманих залежностей показали, що час гасіння пожежі залежить обернено-пропорційно кількості відділень і прямо пропорційно площі пожежі.



Рисунок А.1 – Залежність тривалості виконання робіт щодо гасіння пожежі від кількості залучених відділень: 1 – площа пожежі $S_{П} = 100 \text{ м}^2$; 2 – площа пожежі $S_{П} = 200 \text{ м}^2$

На підставі математичної обробки отриманих результатів методом математичної статистики була отримана залежність для визначення часу гасіння пожежі від кількості відділень k_v та площі пожежі $S_{П}$

$$\tau_{Г} = \tau_{лок} + \tau_z = 1,413 \frac{S_{П}}{k_v^{1,064}}, \text{ хв.} \quad (\text{А.1})$$

На другому етапі визначимо витрати B_n пожежно-рятувального підрозділу, які пов'язані з гасінням пожежі. Витрати пожежно-рятувального підрозділу на ліквідацію пожежі починаються з моменту виїзду відділення на пожежу до закінчення дій щодо гасіння пожежі та повернення в частину. Ці витрати залежать від часу, який витрачається на всі дії пожежогасіння.

Для визначення витрат B_n пожежно-рятувального підрозділу при ліквідації пожеж класу А, які характерні для житлового сектору, були спочатку визначені витрати B_1 на одну хвилину роботи одного пожежно-рятувального відділення, які пов'язана зі слідуванням на пожежу, оперативним розгортанням, збором пожежного спорядження після ліквідації пожежі і поверненням в частину, тобто ці витрати дорівнюють $B_1 = 2,905$ грн/хв. До цих витрат увійшли: витрата паливно-мастильних матеріалів,

амортизаційні відрахування від технічних засобів та зарплата виконавців. В цьому випадку витрати B_{n1} відділення будуть:

$$B_{n1} = 2B_1(\tau_{cl} + \tau_{роз}) = 2 \cdot 2,905(12 + 6) = 104,58 \text{ грн.} \quad (\text{A.2})$$

Визначимо витрати B_2 на одну хвилину роботи одного відділення у проектах ЛП. В цьому випадку враховуємо: розхід води на гасіння пожежі; паливно-мастильні матеріали для випадку, коли працюють всі необхідні агрегати пожежного автомобіля; амортизаційні відрахування від технічних засобів та зарплата відділення. Сумарно ці витрати складають $B_2 = 8,317$ грн/хв. Тоді витрати B_{n2} одного відділення на гасіння пожежі будуть:

$$B_{n2} = B_2\tau_{\Gamma} = 8,317\tau_{\Gamma}, \text{ грн.} \quad (\text{A.3})$$

Визначаємо витрати коштів одним відділення на ліквідацію пожежі:

$$B_{n(1)} = B_{n1} + B_{n2} = 104,58 + 8,317(\tau_{лок} + \tau_z), \text{ грн} \quad (\text{A.4})$$

Для k_g відділень з урахуванням залежності (A.2) отримаємо:

$$B_n = [104,58 + 8,317(\tau_{лок} + \tau_z)]k_g, \text{ грн.} \quad (\text{A.5})$$

За більшої кількості відділень за залежністю:

$$k_g = \left(\frac{1,413S_{\Pi}}{\tau_{лок} + \tau_z} \right)^{0,94}; \quad (\text{A.6})$$

Розглянемо вплив тривалості виконання робіт щодо гасіння пожежі на витрати ресурсів пожежно-рятувальних підрозділів для реалізації проекту ЛП загальною площею 100 м^2 в залежності від кількості відділень, які необхідно

залучати для виконання робіт щодо гасіння пожежі за певний час τ_i , а потім витрати B_n пожежно-рятувального підрозділу на цей проект.

При $\tau_1 = \tau_{лок} + \tau_2 = 21$ хв $\rightarrow k_{\delta 1} = 6$; $B_{n1} = 1709,7$ грн; при $\tau_2 = 25$ хв $\rightarrow k_{\delta 2} = 5$; $B_{n2} = 1591$ грн; ...; при $\tau_6 = 139,9$ хв $\rightarrow k_{\delta 6} = 1$; $B_{n6} = 1273,8$ грн.

Результати цих розрахунків зображені на рис. А.2.

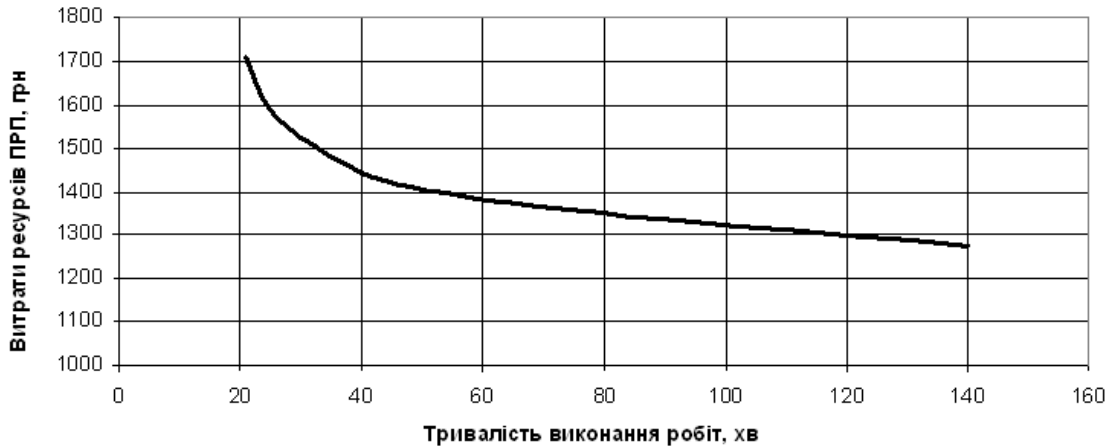


Рисунок А.2 – Вплив тривалості виконання робіт у проекті ЛП на витрати ресурсів пожежно-рятувального підрозділу за пожежі площею 100 м^2

Результати аналізу графічної залежності (рис. А.2) показали, що при зменшенні кількості залучених відділень k_{δ} для реалізації проекту ЛП збільшується тривалість τ виконання робіт у ньому.

Обробка отриманих результатів методами математичної статистики дозволила отримати залежність для визначення витрат ресурсів пожежно-рятувальних підрозділів на гасіння пожежі в залежності від тривалості проекту ЛП $\tau_{Г} = \tau_{лок} + \tau_2$ з урахуванням кількості залучених відділень k_{δ} за площі пожежі $S_{П}$:

$$B_n = 25,42 S_{П} \tau_{Г}^{-0,1445}, \text{ грн.} \quad (\text{А.7})$$

Отримана залежність (А.7) може бути критерієм оптимізації дій та ресурсів проектів ЛП. Для визначення цього критерія розглянемо приклад

для: 1) мінімаксного критерію (ММ) на основі пессимістичної позиції; 2) критерію Севіджа; 3) різницевого критерію.

Результат аналізу графічних залежностей (рис. А.3) показує, що різницевий критерій, який визначається залежністю (2.5), буде дорівнювати нулю за тривалості проекту ЛП 14 хв і залученні 11 відділень, а загальні збитки становитимуть 8000 грн.

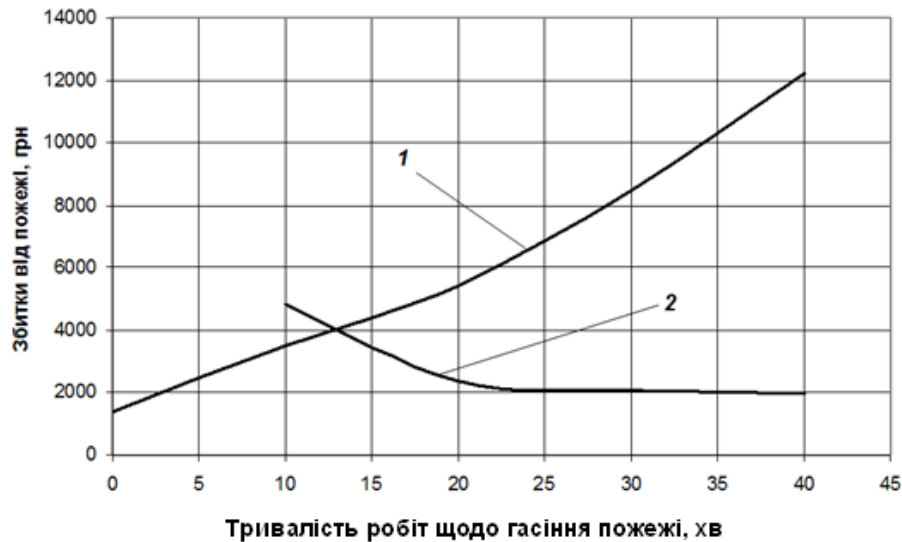


Рисунок А.3 – Залежність збитків об'єкта (крива 1) та витрат ресурсів пожежно-рятувальних підрозділів (крива 2) від тривалості реалізації проекту ЛП

Визначити оптимальне значення тривалості реалізації проекту ЛП з використанням різницевого критерію можна після отримання функції на підставі суми залежностей для визначення прямих збитків об'єкту від пожежі:

$$V_o = C_o S_{II}, \text{ грн}$$

де C_o – середня вартість одиниці площі об'єкта, на якому виникла пожежа, грн/м².

Після цього від цієї функції беремо похідну та прирівнюємо її до нуля. Перевірку мінімуму тривалості реалізації проекту виконуємо за рахунок

визначення зміни знака похідної зліва і справа від мінімального значення. Якщо знак міняється з мінуса на плюс, то значення тривалості реалізації проекту ЛП буде мінімальним.

Тепер перейдемо до визначення мінімального значення тривалості реалізації проекту ЛП, яке водночас є оптимальним. Для цього запишемо значення функції y , розкривши значення площі пожежі S_{II} для зручності диференціювання, а також замінивши позначення часу $\tau_{6,2}$ та τ_{II} на τ . Після цього отримуємо:

$$y = C_o \pi v_n^2 \tau^2 - 10 C_o \pi v_n^2 \tau + 25 C_o \pi v_n^2 + 25,42 S_{II} \tau^{-0,1445}. \quad (\text{A.8})$$

Визначаємо похідну від функції (A.8) та прирівнюємо її значення до нуля:

$$\frac{dy}{d\tau} = 2 C_o \pi v_n^2 \tau - 10 C_o \pi v_n^2 - 3,67 S_{II} \tau^{-1,1445} = 2 C_o \pi v_n^2 (\tau - 5) - 3,67 S_{II} \tau^{-1,1445} = 0. \quad (\text{A.9})$$

Тоді

$$(\tau - 5) \tau^{1,1445} = \frac{3,67 S_{II}}{2 C_o \pi v_n^2}. \quad (\text{A.10})$$

Розв'язуючи методом ітерації залежність (A.10), отримуємо значення $\tau = \tau_{II} = \tau_{лок} + \tau_2 \approx 14$ хв. При цьому умова мінімуму перевірялася за залежністю (A.8) зі значеннями $\tau = 10$ хв і $\tau = 20$ хв. Було встановлено, що знак похідної змінюється з «-» на «+», тобто умова мінімуму підтверджена.

Результати аналізу критеріїв прийняття управлінських рішень показали, що всі вони можуть використовуватися для оптимізації дій та ресурсів у проектах ЛП. Наприклад, мінімаксий критерій (ММ) дозволяє приймати рішення стосовно ресурсів (сил і засобів пожежогасіння) з певним запасом, що виключає ризик у процесі реалізації робіт у проектах ЛП. Використання цього критерію доцільно лише у випадках, коли об'єкт стабільний та існують варіанти виникнення пожежі, а також будуть відомі збитки в залежності від площі пожежі. Критерій Севіджа має такі ж недоліки, як і мінімаксий критерій. Тому ці критерії доцільно використовувати під час

реалізації проектів ЛП лише для невідповідальних об'єктів, які споряджені обладнанням низької вартості.

Різницевий критерій відрізняється від ММ критерія та критерія Севіджа. За його використання визначення потреби у ресурсах (сил і засобів пожежогасіння) не потребує розроблення матриць формування рішень, а на підставі тільки двох рівнянь в залежності від проектного середовища (класу та прогнозованої площі пожежі) визначити оптимальне значення тривалості реалізації проектів ЛП та потреби у ресурсах.

Результати оцінення ризиків технічних ресурсів проектів ЛП

На підставі розробленого методу та статистичного моделювання визначимо основні показники надійності кожного із технічних ресурсів проектів ЛП. Почнемо, наприклад, з колонки пожежної типу КП У1 ДСТУ 2801 – 94. Для оцінки надійності колонки пожежної розраховуємо десять ($N=10$) значень напрацювання системи до відмови. Розподіл напрацювання системи приймаємо відповідно до закону розподілу з параметрами $T_B=300$ циклів (згідно із ДСТУ 2801 – 94), $b = 2$. Результати моделювання розподілу напрацювання на відмову заносимо до табл. Б.1, на підставі яких будемо графічну залежність (рис. Б.1).

Таблиця Б.1 – Результати статистичного моделювання надійності колонки пожежної типу КП У1 ДСТУ 2801 – 94

№ з/п	$i (N=10)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Випадкові значення X_i	0,60	0,33	0,55	0,12	0,29	0,50	0,05	0,95	0,07	0,83
2	Напрацювання на відмову τ_i , циклів	214	315	232	437	334	250	519	68	489	130
3	Впорядкований ряд τ_i , циклів	68	130	214	232	250	315	334	437	489	519
4	$R(\tau_i)$	0,91	0,82	0,73	0,64	0,55	0,46	0,36	0,27	0,18	0,09
5	$\lg \tau_i$	1,83	2,11	2,33	2,36	2,40	2,50	2,52	2,64	2,70	2,72
6	$\lg(-\lg R(\tau_i))$	-1,38	-1,06	-0,86	-0,71	-0,58	-0,47	-0,36	-0,25	-0,13	0,02

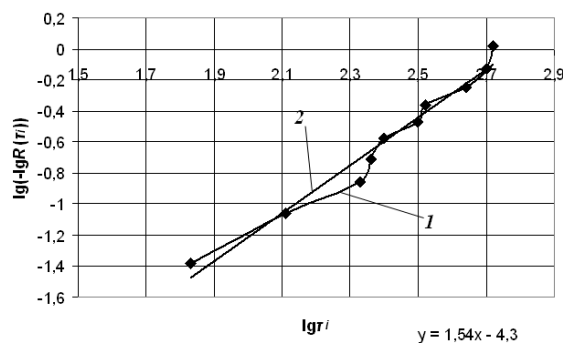


Рисунок Б.1 – Розподіл напрацювання на відмову колонки пожежної:

1 – емпірична крива; 2 – лінія тренда

Отримавши залежність виду $y = 1,54x - 4,3$ (рис. Б.1), визначаємо уточнене значення напрацювання колонки пожежної на відмову за умови, що $b = 1,54$, а $c = 4,3$:

$$T_B = 10^{\frac{4,3-0,362}{1,54}} = 360 \text{ циклів.}$$

На підставі статистичного моделювання визначимо основні показники надійності дій у проектах ЛП, протипожежних засобів і пожежного спорядження значення напрацювання на відмову T_B і параметри форми кривої розподілу b значень T_B . Результати цих розрахунків наведені в табл. Б.2.

Таблиця Б.2 – Значення напрацювання на відмову T_B і параметрів форми кривої розподілу b

№ з/п	Назва технологічної операції, приладу або спорядження	Одиниця виміру T_B	T_B	b	Закон розподілу
1	2	3	4	5	6
1	Приймально-контрольний пристрій (ПКП) ДСТУ EN 54-2:2003	год	87600	1	Експоненціальний
2	Пожежний сповіщувач (ПС) ДСТУ EN 54-5:2003	год	87600	1	Експоненціальний
3	Звуковий пожежний оповіщувач (ЗПО) ДСТУ EN 54-3:2003	год	100	1	Експоненціальний
4	Система протидимного захисту (СПЗ)	год	100 [50]	2,2	Нормальний
5	Евакуювальні двері (ЕД)	год	8760 [1]	1	Експоненціальний
6	Виявлення пожежі при відсутності ПС	хв	6 [101]	2,1	Нормальний
7	Сповіднення про пожежу при відсутності ПКП	хв	4 v [101]	2,15	Нормальний
8	Отримання та опрацювання сповіщення про пожежу	хв	1 [84]	1	Експоненціальний
9	Залучення сил і засобів гарнізону	хв	3 [82]	1	Експоненціальний
10	Збір особового складу	хв	1 [84]	1	Експоненціальний
11	Прибуття (слідування) до місця виклику	хв	10 [90]	2	Вейбулла
12	Колонка пожежна типу КП У1 ДСТУ 2801 – 94	цикл	180	1,54	Вейбулла
13	Рукав пожежний типу Т У1 ДСТУ 3810 – 98	год	8600	0,9	Експоненціальний
14	Замок запалення автомобіля АЦ, АНР, АА, АВ, АКТ	год	1060 [50]	0,93	Експоненціальний
15	Акумулятор	год	9120 [53]	1	Експоненціальний

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6
16	Реле стартера автомобіля АЦ, АНР, АА, АВ, АКТ	год	9600 [50]	1	Експоненціальний
17	Стартер автомобіля АЦ, АНР, АА, АВ, АКТ	год	2200 [50]	1	Експоненціальний
18	Двигун автомобіля АЦ, АНР,	год	320 [50]	2	Вейбулла
19	Коробка швидкостей автомобіля АЦ, АНР, АА, АВ, АКТ	год	4500 [81]	2	Вейбулла
20	Коробка відбору потужності КВП -68Б, КВП-ПМ-102А, КВП-107	год	5000 [81]	2	Вейбулла
21	Карданна передача від коробки відбору потужності до насоса	год	100 [50]	1,8	Вейбулла
22	Пожежний відцентровий насос ПН-40; ПН-60; ПН-110	год	150 [50]	2	Вейбулла
23	Триходове розгалуження рукавне типу РТ-70 У ДСТУ 2111-92	цикл	200	0,74	Експоненціальний
24	Пожежний ручний ствол типу А і Б	цикл	160 [50]	1,8	Вейбулла
25	Тривалість оперативного розгортання	хв	8 [13]	1	Експоненціальний
26	Тривалість локалізації пожежі	хв	100 [56]	2	Вейбулла
27	Тривалість гасіння пожежі	хв	60 [56]	2	Вейбулла
28	Тривалість завершального гасіння пожежі	хв	40 [56]	1	Експоненціальний

Результати виконаних досліджень дозволили можливість зробити висновки, що за допомогою методу статистичного моделювання надійності технічних ресурсів у проектах ЛП, можна визначити значення основного показників їх складових, а саме параметра форми кривої розподілу, що дозволяє виконати кількісне оцінення ризику, встановивши відповідний закон розподілу та залежності для протипожежних засобів, пожежної техніки і спорядження.

Результати оцінення ризиків дій у проектах СПЗО

На промисловому підприємстві ВАТ «Львівський автобусний завод» в складальному цеху виникла кутова (180°) пожежа від короткого замикання в електрощитовій, яка розміщена в центральній частині цеху. Цех оснащений пожежною сигналізацією, що функціонує від пожежних тепло-димових сповіщувачів типу АРТОН СПД-3.5, а також системою управління евакуацією.

Початкові дані: до диспетчерського пункту ДСНС поступив сигнал про виникнення пожежі $\tau_{o.o.d} = 0,8$ хв; $\tau_{з.с.d} = 2$ хв; $\tau_{зб.d} = 1$ хв; $\tau_{сл.d} = 12$ хв (поза нормативами); $\tau_{роз.d}$ при 2-х відділеннях, 8 стволів Б, 1 гідрант, $z_{ЛП} = 1$; $\tau_{лок.d}$ при $\tau_{в.г} = 28$ хв, $v_{л} = 0,7$ м / хв, $K_I = K_d = 1$.

Після визначення ризиків дій у проекті ЛП та з використанням залежності (3.51) було встановлено ризик цього проекту:

$$\varepsilon_{л.п} = 0,55 \cdot 0,48 \cdot 0,632 \cdot 0,763 \cdot 0,366 \cdot 0,44 \cdot 0,47 \cdot 0,27 = 0,0026 = 2,6 \cdot 10^{-3}.$$

Аналізуючи отриманий результат розглянутого прикладу, можна зробити наступні висновки. Ризик проекту ЛП перевищує значення імовірності високого (терпимого) ризику в 5,2 рази (згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я і Постанови Кабінету міністрів України [16, 89], а значення імовірності високого (терпимого) ризику $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$), що є неприпустимим для реалізації проекту ЛП.

Для зменшення кількісного значення зазначеного ризику до допустимого значення проведемо моніторинг числових оцінок ризиків з реакцією в першу чергу на їх високе значення. Такими ризиками є ризик тривалості слідування $R_{сл} = 3$ ($\varepsilon_{сл} = 0,763$) і ризик тривалості гасіння пожежі $R_2 = 2$ ($\varepsilon_2 = 0,47$).

Згідно плану управління ризиками, слід виконати низку реакцій на ці ризики. Зокрема, необхідно для пожежно-рятувальних підрозділів, які обслуговують відповідні райони міста, розробити схему вибору оптимальних шляхів слідування до крайніх меж району обслуговування з використанням інформаційних систем для підтримки прийняття управлінських рішень. Це дозволить зменшити тривалість слідування на 30 ... 35%. В нашому випадку використання інформаційної системи для оптимізації шляхів слідування пожежних відділень дозволить із $\tau_{сл.д} = 12$ хв зменшиться до $\tau_{сл.д} = 8,4 \dots 7,8$ хв. При середньому значенні $\tau_{сл.д} = 8$ хв .

$$\varepsilon_{сл} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{8}{10} \right)^2 \right] = 0,47; \quad R_{сл} = 2.$$

Використання інформаційної системи підтримки прийняття рішень щодо вибору сил і засобів для пожежогасіння дозволяє зменшити тривалість локалізації в середньому на 35...40%. В нашому прикладі дійсна тривалість гасіння пожежі $\tau_{г.д} = 48,2$ хв. Використання інформаційної системи підтримки прийняття рішень дає можливість зменшити тривалість гасіння до $\tau_{г.д} = 29$ хв, що забезпечує:

$$\varepsilon_{г} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{29}{60} \right)^2 \right] = 0,2; \quad R_{лок} = 1.$$

Реагування на ризики $R_{сл}$ і $R_{г}$ дозволило зменшити його кількісне значення, яке лежить в межах $6,8 \cdot 10^{-4}$, що є наближеним до значення допустимої імовірності ризику $[\varepsilon] = 5 \cdot 10^{-4}$ для проекту ЛП.

Результати обґрунтування взаємозв'язків між ризиками проектів СПЗО та ЛП

Під час аудиту будь-якого об'єкта щодо протипожежного захисту користуються терміном «пожежний ризик», тобто встановлюють для об'єкта захисту міру можливості реалізації пожежної небезпеки та її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Згідно із даними роботи [101] стосовно пожежних ризиків, основними для будь-якого об'єкта є: пожежний ризик; індивідуальний пожежний ризик і соціальний пожежний ризик. Ці пожежні ризики, згідно із рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я і Постанови Кабінету Міністрів України [16, 89], класифікують так:

- 1) незначний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$;
- 2) середній ризик $\varepsilon = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-5}$;
- 3) високий (терпимий) ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$;
- 4) неприйнятний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

Розглядаючи наведені пожежні ризики та їх значення можна констатувати, що сам ризик не впливає на виникнення пожежі. Пожежа на об'єкті може виникнути і при незначному, за класифікацією, ризику, але її наслідки при цьому можуть бути різними. Виходячи з цього положення пожежний ризик вказує тільки на міру можливості реалізації пожежної небезпеки об'єкта захисту завдяки забезпеченню його всіма необхідними протипожежними засобами [121].

При забезпеченні допустимого значення пожежного ризику для об'єкта існує імовірність несвоєчасного оперативно виконання евакуації людей із зони пожежі [122, 124], несвоєчасного оперативного виклику ПРП та зростання тривалості вільного горіння, що впливає на своєчасність реалізації проектів ЛП. Такий підхід до забезпечення допустимого значення пожежного ризику для об'єкта дає змогу значно зменшити збитки від пожежі і не допустити загибелі людей.

Відомо, що на величину площі пожежі в першу чергу впливає тривалість вільного горіння $\tau_{в.г}$. Зі збільшенням цієї тривалості площа пожежі збільшується. Тривалість вільного розвитку пожежі залежить від тривалості її виявлення і передачі сповіщення про пожежу до оперативної диспетчерської служби ДСНС. Для зменшення ризиків виконання цих дій на об'єктах захисту реалізують проекти СПЗО, який передбачає виконання робіт щодо оцінення стану комплектації об'єкта засобами протипожежного захисту та виявлення потреби і виконання робіт щодо її реінжинірингу. При цьому кожен об'єкт до реалізації проекту ЛП і після нього можна оцінити кількісним значенням пожежного ризику ε_o .

В роботі [46] на підставі результатів досліджень отримана залежність для визначення тривалості вільного горіння $\tau_{в.г}$ пожежі від значення пожежного ризику ε_o для об'єкта захисту:

$$\tau_{в.г} = 1,2(\varepsilon_o \cdot 10^4) + 24,3. \quad (Д.1)$$

Для встановлення взаємозв'язку між ризиками проекту ЛП і пожежним ризиком, який належить до проекту СПЗО на першому етапі визначимо значення $\tau_{в.г}$ в залежності від значень пожежних ризиків згідно із наведеною класифікацією. Результати розрахунку за залежністю (Д.1) наведені в табл. Д.1.

Таблиця Д.1 – Результати визначення тривалості вільного горіння

№ з/п	Значення пожежного ризику ε_o	Тривалість вільного горіння $\tau_{в.г}$, хв
1	0,000001	24,31
2	0,00005	24,9
3	0,0005	30,3
4	0,001	36,3

На підставі отриманих даних визначаємо площу пожежі $S_{П}$ (з урахуванням, що лінійна швидкість розповсюдження пожежі $v_{л} = 1$ м/хв, а тип пожежі круговий $\alpha = 3,14$), площу локалізації $S_{лок}$ і відповідно тривалість

локалізації $\tau_{лок}$ (з використанням п'яти пожежно-рятувальних відділень), гасіння τ_2 та кінцевого гасіння $\tau_{к.2}$. Результати розрахунку заносимо до табл. Д.2.

Таблиця Д.2 – Характеристики проектного середовища і дій у проекті ЛП

№ з/П	$\tau_{6,2}$, ХВ	$S_{II} = [25 + (\tau_{6,2} - 10)^2] v_3^2 \alpha, M^2$	$r = \sqrt{\frac{S_{II}}{\alpha}}, M$	$S_{лок} = \alpha[r^2 - (r-h)^2], M^2$	$\tau_{лок}$, ХВ	τ_2 , ХВ	$\tau_{к.2}$, ХВ
1	24,31	721,5	15,2	398,8	67,1	54,3	30,4
2	24,9	775,6	15,7	414,5	69,5	60,5	32,5
3	30,3	1372,5	20,9	577,8	83,5	114,8	49,5
4	36,3	2250,4	26,8	763,0	119,8	233,5	88,3

Для встановлення взаємозв'язку між ризиками проекту ЛП і СПЗО (або пожежним ризиком) необхідно визначити імовірності виконання робіт щодо локалізації пожежі, її гасіння та її завершального гасіння. Результати розрахунків заносимо до табл. Д.3.

Таблиця Д.3 – Ризики у проектах СПЗО і ЛП

№ з/П	Значення ризику проектів СПЗО (пожежного ризику) ε_o	Ризик робіт у проектах ЛП					
		локалізації		гасіння пожежі		завершення гасіння	
		$\varepsilon_{лок}$	$R_{лок}$	ε_2	R_2	$\varepsilon_{к.2}$	$R_{к.2}$
1	0,000001	0,36	2	0,56	2	0,26	1
2	0,00005	0,38	2	0,64	2	0,28	1
3	0,0005	0,68	3	0,97	3	0,39	2
4	0,001	0,90	3	0,99	3	0,58	2

Аналізуючи отримані результати досліджень, які наведені в табл. Д.3, можна стверджувати, що ризик проектів СПЗО значно впливає на ризик робіт у проектах ЛП (локалізації, гасіння та завершення гасіння пожежі). Наприклад, при переході від незначного пожежного ризику для об'єкта захисту ($\varepsilon_o = 10^{-6}$) до неприйняттого ризику ($\varepsilon_o = 10 \cdot 10^{-4}$) імовірність

несвоєчасної локалізації збільшується в 2,5 рази, гасіння пожежі – в 1,8 рази, а завершального гасіння – в 2,2 рази. Такий вплив ризику проектів СПЗО на ризик проектів ЛП необхідно враховувати під час прийняття управлінських рішень під час ініціації проектів ЛП.

Додаток Е
Акти впровадження

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший заступник начальника
Головного управління ДСНС України у
Львівській області

І.М. Дідух



8 бересне 2018 р.

АКТ ПЕРЕДАЧІ

результатів наукового дослідження
Васильєва Микити Ігоровича

Цим актом підтверджується, що за результатами дисертаційної роботи ад'юнкта кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД) Васильєва М.І. в ГУ ДСНС України у Львівській області передано для впровадження:

1. Віртуальну систему реінжинірингу СПЗО управління системою протипожежного захисту об'єктів захисту, яка побудована на основі управління ризиками відмови в процесі експлуатації елементів протипожежного захисту.

2. Віртуальну систему для визначення додаткового фінансування об'єктів захисту міста для їх доукомплектування протипожежними засобами в залежності від дійсного значення пожежного ризику для міста з урахуванням споруд всіх об'єктів за ЄДРПОУ.

3. Віртуальну систему для управління проектом реінжинірингу «Ліквідація пожежі», яка побудована на основі управління ризиками виконання технологічних операцій процесу ліквідації пожежі.

Використання розроблених систем дозволить підвищити пожежну безпеку об'єктів захисту з використанням аудиту, а також підвищить ефективність ліквідації пожеж за рахунок можливості керувати прогнозованими ризиками всіх операцій пожежогасіння.

Начальник сектору телекомунікацій,
інформаційних технологій та Системи 112
Головного управління ДСНС України
у Львівській області

М.Д. Конанець

Начальник центру оперативного зв'язку,
Телекомунікаційних систем та
інформаційних технологій
Головного управління ДСНС України
у Львівській області
підполковник служби цивільного захисту

Р.І. Яремчук



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор
Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності
підполковник служби цивільного захисту
професор

 М.С. Коваль

« 07 » 07 2016 року

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

в навчальний процес ЛДУ БЖД

результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидат технічних наук
зі спеціальності 05.13.22 – управління проектами та програмами

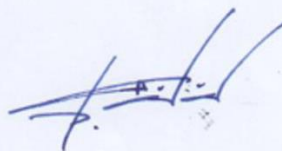
Васильєва Микити Ігоровича

на тему «Ризик – менеджмент ефективного управління у проектах реінжинірингу систем
ліквідації пожеж»

Комісія в складі заступника начальника навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки к.т.н., доцента Пархоменко Р.В., заступника начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт к.т.н., доцента Луца В.І. та наукового керівника проректора ЛДУ БЖД к.т.н., доцента Мовчана І.О. склали Акт про те, що результати наукових досліджень стосовно побудови моделей управління системою реінжинірингу протипожежного захисту об'єктів міста та управління проектом реінжинірингу «Ліквідація пожежі» в умовах невизначеності, розроблених ад'юнктом кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій капітаном служби цивільного захисту Васильєвим М.І. впроваджено в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності при формуванні та наповненні таких дисциплін, як «Основи теорії надійності і техногенний ризик» і «Пожежна тактика».

Результати наукових досліджень стосовно побудови моделей управління системою реінжинірингу протипожежного захисту об'єктів міста та управління проектом реінжинірингу «Ліквідація пожежі» сформує у сучасного рятувальника глибокі навички з ІТ-технологій та роботи складних кібернетичних систем, які характеризуються умовами невизначеності при маніпулюванні знаннями для оперативного прийняття найбільш правильних рішень на всіх стадіях ліквідації пожежі.

Заступник начальника
навчально-наукового інституту
пожежної та техногенної безпеки
к.т.н., доцент



Пархоменко Р.В.

Заступник начальника кафедри
пожежної тактики та аварійно-рятувальних
робіт к.т.н., доцент



Луца В.І.

Науковий керівник,
проректор ЛДУ БЖД
к.т.н., доцент



Мовчан І.О.