

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

На правах рукопису

**ІВАНУСА АНДРІЙ ІВАНОВИЧ**

УДК 65.012:338.24+69.004

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД**

**Спеціальність 05.13.22 – управління проектами та програмами**

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
доктор технічних наук, професор  
Рак Юрій Павлович

Львів – 2013

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД</b> .....	10
1.1. Характеристики проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	10
1.2. Особливості управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд .....	15
1.3. Аналіз нормативно-правової бази управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	20
1.4. Постановка завдань управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	30
Висновки.....	33
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД</b> .....	35
2.1. Класифікація проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	35
2.2. Моделі та методи управління часом та зацікавленими сторонами в проектах безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	42
2.3. Інструментальні засоби обґрунтування проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	46
2.4. Причинно-наслідкові зв'язки в проектах забезпечення безпеки життєдіяльності людей на спортивно-видовищних спорудах.....	51
Висновки.....	54
<b>РОЗДІЛ 3. МЕТОД І ТОПОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОЕКТІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД</b> .....	56

3.1. Характеристики успішної реалізації проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	56
3.2. Методи оптимізації проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	58
3.3. Аналіз топологічних схем маршрутизації та моделювання руху зацікавлених сторін проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	62
3.4. Алгоритм оптимізації проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	69
Висновки.....	75
<b>РОЗДІЛ 4. ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРАКТИКУ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД.....</b>	<b>77</b>
4.1. Алгоритм управління архітектурою проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.....	77
4.2. Структура проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд на прикладі стадіону «Арена Львів».....	85
4.3. Проекти підвищення рівня безпеки людей на спортивно-видовищних спорудах.....	99
Висновки.....	109
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....</b>	<b>111</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>114</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>129</b>

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

<b>БЕ СВС</b>	безпечна експлуатація спортивно-видовищних споруд;
<b>БЖД</b>	безпека життєдіяльності;
<b>ГТЛ</b>	граф технологічної лінії;
<b>ДСНС України</b>	Державна служба України з питань надзвичайних ситуацій;
<b>ЛДУ БЖД</b>	Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;
<b>НС</b>	надзвичайні ситуації;
<b>СВС</b>	спортивно-видовищна споруда, стадіон;
<b>ТЛПЕ</b>	технологічна лінія процесу евакуації;
<b>УЄФА</b>	Союз європейських футбольних асоціацій;
<b>ФФУ</b>	Федерація футболу України;
<b>ЯПФ</b>	ярусно-паралельна форма.

## ВСТУП

Реалізація проекту побудови об'єкта з масовим перебуванням людей передбачає виконання комплексу заходів для забезпечення їх безпеки. Враховуючи велику кількість людей та їх психофізіологічні властивості, унікальність проектування споруди, непрогнозованість проведення масових заходів, досвід з експлуатації спортивних споруд, особливого підходу до забезпечення безпеки людей потребують проекти безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд (БЕ СВС). Реалізація проектів БЕ СВС, своєю чергою, потребує проведення аналізу нормативно-правової бази в галузі забезпечення безпеки людей, її відповідності світовим нормам та впровадження цих норм в практичну діяльність.

Хоча науково-технічний прогрес набув великих масштабів, проте питання безпеки людини на спортивно-видовищних спорудах (СВС) залишається і надалі актуальним, про що свідчать трагедії, які часто виникають на об'єктах цього типу в процесі їх експлуатації. Одним із можливих напрямів вирішення завдання підвищення безпеки людей в проектах БЕ СВС є проведення та впровадження в практику результатів наукових досліджень з методології управління проектами в умовах надзвичайних ситуацій (НС), а також управління зацікавленими сторонами таких та часом реалізації проектів.

Розробці науково-методичних засад управління часом та зацікавленими сторонами проектів значну увагу приділили в своїх роботах такі українські та закордонні вчені: С. Д. Бушуєв, В. А. Рач, В. К. Кошкін, В. Д. Гогунський, Ю. П. Рак, І. В. Кононенко, С. К. Чернов, Ю. М. Тесля, Є. А. Дружинін, Х. Танака, В. М. Бурков, О. Б. Данченко, О. Б. Зачко та ін.

Зараз поки що немає універсального та системного підходу до реалізації проектів БЕ СВС, які характеризуються умовами невизначеності, турбулентністю впливу зовнішнього середовища, відсутністю принципів класифікації в процесі автоматизації відбору інформації при прийнятті рішень топ-менеджерами для

забезпечення умов безпеки життєдіяльності. Тому і надалі залишається актуальною науково-прикладна задача розробки нових моделей та методів управління проектами в умовах надзвичайних ситуацій, а саме в галузі управління часом та зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС з метою забезпечення безпеки життєдіяльності (БЖД) людини на спортивних спорудах.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд шляхом розробки моделей та методів управління зацікавленими сторонами та часом проектів в умовах виникнення НС. Досягнення поставленої мети обумовило необхідність вирішення таких завдань:

- 1) провести аналіз предметної області, а саме проектів безпечної експлуатації СВС, визначити їх особливості та характеристики;
- 2) проаналізувати сучасні моделі та методи управління проектами БЕ СВС, а саме в частині управління часом та управління зацікавленими сторонами проектів в умовах виникнення НС;
- 3) розробити метод обчислення часу реалізації проектів БЕ СВС при виникненні НС;
- 4) розробити топологічні моделі управління зацікавленими сторонами проектів (потокami людей) при виникненні НС на СВС;
- 5) удосконалити метод оптимізації часу проектів БЕ СВС при виникненні НС;
- 6) розробити інструментарій візуалізації інформації та впровадити результати теоретичних досліджень у практику управління проектами БЕ СВС.

*Об'єкт дослідження* – процеси управління часом та зацікавленими сторонами проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд.

*Предмет дослідження* – моделі та методи управління часом та зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС при виникненні НС.

*Методи дослідження.* У дослідженнях використаний системний підхід до вивчення предметної області управління проектами БЕ СВС, моделювання,

топологічного аналізу та синтезу для дослідження існуючого стану евакуаційної системи СВС, метод критичного шляху для оптимізації часу проектів БЕ СВС.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Основний науковий результат дисертаційної роботи полягає в розробці моделей та методів управління часом та зацікавленими сторонами в проектах БЕ СВС при виникненні НС. У рамках дослідження щодо досягнення стану безпеки людей на СВС отримані такі наукові результати:

- **вперше**
  - розроблено топологічні моделі управління зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС, на основі використання теорії топологічного аналізу та синтезу технологічних ліній, маршрутизації евакуаційних шляхів, що дають змогу проводити розрахунок часу їх евакуації в безпечну зону при виникненні НС. Запропоновані топологічні моделі дають змогу керувати потоками людей на евакуаційних шляхах при виникненні НС для досягнення стану безпеки в проектах експлуатації СВС;
  - розроблено метод проведення розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС шляхом синтезу існуючих математичних моделей, які описують рух зацікавлених сторін проектів. Розроблений метод забезпечує пошук критичних шляхів, буферних зон та ідентифікує «вузькі» місця для мінімізації часу безпечної евакуації зацікавлених сторін проектів БЕ СВС;
  - **удосконалено** метод оптимізації часу проектів БЕ СВС, який, на відміну від існуючих, дає змогу забезпечити своєчасну евакуацію людей у безпечну зону при виникненні НС;
  - **отримала подальший розвиток** класифікація проектів БЕ СВС, яка відрізняється від існуючих введенням нової класифікаційної ознаки – параметри безпеки.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблені автором моделі та методи управління часом і зацікавленими сторонами у проектах БЕ СВС

використані при створенні авторським колективом програмного забезпечення «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0».

Результати дисертаційної роботи, а саме: моделі та методи управління часом та зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС – частково реалізовані при проведенні Євро-2012, а також підготовлені до практичного використання у формі планів та рекомендацій для своєчасної евакуації людей у випадку виникнення НС:

- у Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області (Додаток А.1, акт впровадження від 23.05. 2013 р.);
- на ТзОВ «Укрдизайнгруп» (Додаток А.2, акт впровадження від 13.04. 2012 р.).

Робота над дисертацією проводилась у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД) і пов'язана з вирішенням завдань, визначених «Інтегрованою концепцією забезпечення безпеки і правопорядку під час підготовки і проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу», Постановою Кабінету Міністрів України № 2025 від 18.12. 1998 року «Про порядок підготовки спортивних споруд та інших спеціально відведених місць для проведення масових спортивних та культурно-видовищних заходів», Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 25.04. 2012 року «Про затвердження Порядку організації робіт із забезпечення громадського порядку та громадської безпеки під час проведення футбольних матчів».

Дисертація відповідає тематичній спрямованості наукових розробок, що здійснювались у ЛДУ БЖД в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Розрахунок часу евакуації людей з Львівського стадіону до Євро-2012 на вільну територію» (договір №10-02/09 від 10.09.2011 р., № державної реєстрації 0111U007633), «Розрахунок часу евакуації людей з верхнього та нижнього ярусів в безпечну зону на Львівському стадіоні до Євро-2012» (договір №02/10 від 25.10.2010 р., № державної реєстрації 0110U007849).



**Особистий внесок здобувача.** Всі основні наукові положення, розробки та висновки дисертаційної роботи є результатом самостійно проведеного автором дослідження. У публікаціях, які написані в співавторстві, особистий внесок здобувача наведений у переліку наукових праць, опублікованих за темою дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційних досліджень розглядалися на VIII, IX та X Міжнародних науково-практичних конференціях: «Управління проектами у розвитку суспільства» (м. Київ, 2011, 2012, 2013 рр.), VII та VIII Міжнародних науково-практичних конференціях: «Управління проектами: стан та перспективи» (м. Миколаїв, 2011, 2012 рр.), II та IV Міжнародних науково-практичних конференціях: «Інтегроване стратегічне управління, управління проектами та програмами розвитку підприємств і територій» (сmt. Славське, 2011, м. Яремче, 2013 рр.), IX та X Міжнародних науково-практичних конференціях: «Сучасні інформаційні технології в економіці і управлінні підприємствами, програмами і проектами» (м. Харків, 2011, 2012 рр.), II Міжнародній конференції «Ділове та публічне адміністрування» (м. Луганськ-Слов'янськ, 2012 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» (м. Гомель, Білорусь, 2012).

**Публікації.** За результатами дослідження опубліковано 14 робіт, з них 5 у фахових збірниках наукових праць та 9 у матеріалах наукових конференцій.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із 164 найменувань та 3 додатки. Основна частина викладена на 113 сторінках, містить 3 таблиці та 45 рисунків. Повний обсяг роботи становить 133 сторінки.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД

### 1.1. Характеристики проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Проекти в галузі забезпечення безпеки життєдіяльності являють собою сукупність дій спрямованих на вивчення загальних закономірностей виникнення небезпек, їх властивостей, наслідків впливу на організм людини, основ захисту здоров'я та життя людини і середовища її проживання від небезпек, а також на розробку та реалізацію відповідних засобів і заходів з метою створення і підтримки здорових та безпечних умов життя і діяльності, як у побутових умовах, так і в умовах надзвичайних ситуацій. Отже, основна мета проектів БЖД – мінімізація небезпеки для людини під час її діяльності.

Небезпека для людей під час перебування на спортивно-видовищних спорудах полягає в тому, що їх велике скупчення може спричинити тисняву на окремих її ділянках, підвищується імовірність вчинення терористичного акту, можливе обвалення конструкцій, виникнення масових безпорядків, пожежі чи надзвичайної ситуації та ін., що становить загрозу життю та здоров'ю людини. Проте не завжди вище зазначенні джерела небезпек мають місце на СВС. При організації масових спортивних та культурно-видовищних заходів різних масштабів виникають різні джерела небезпек, яким необхідно протидіяти. Тому з метою раціонального використання ресурсів у проектах БЕ СВС, при організації та проведенні, масових заходів їх поділяють на певні рівні значущості. Згідно з «Положенням про порядок підготовки спортивних споруд та інших спеціально відведених місць для проведення масових спортивних та культурно-видовищних заходів», події за своїм значенням поділяються на міжнародні, державні та регіональні [112].

До міжнародних заходів належать різного роду події участь у яких беруть представники двох і більше країн світу (чемпіонати, першості та кубки світу, Європи, інші офіційні змагання, а також міжнародні показові виступи, фестивалі, конкурси тощо).

До державних заходів належать спортивні змагання (чемпіонати, першості, кубки країни, всеукраїнські спортивні змагання), інші заходи (всеукраїнські фестивалі, конкурси, конгреси), що проводяться за рішенням центральних органів виконавчої влади.

До регіональних заходів належать спортивні змагання (чемпіонати, першості, кубки) та інші заходи (фестивалі, конкурси), що проводяться за рішенням місцевих держадміністрацій або органів місцевого самоврядування.

Якщо ж масові заходи регіонального та державного значень можуть проводитись у відповідності до чинної української нормативно-правової бази, то міжнародні – і української, і світової. Враховуючи цю особливість, відразу помітно в чому полягає успіх реалізацій проектів БЕ СВС – приведення однієї нормативно-правової бази у відповідність до іншої, оскільки така неузгодженість може призвести до нераціонального використання ресурсів, знизити рівень якості продукту проекту чи поставити під загрозу саму реалізацію такого проекту.

Чинна законодавча база України, що регламентує вимоги стосовно забезпечення безпеки на СВС при організації та проведенні спортивних та культурно-масових заходів різного рівня значимості, представлена у [11, 12, 41-43, 46, 50, 62, 63, 71, 78-85, 112, 122] доповняє або уточнює певні вимоги, а інколи і дублює. Європейські вимоги в цьому напрямі представлені у [146, 147, 162] і є узгодженні з нормативними актами країн-членів Європейського союзу.

Невідповідність нормативно правової бази України в галузі будівництва СВС рекомендаціям УЄФА широко обговорювалась на численних засіданнях, конференціях, круглих столах на різних рівнях управління нашою державою із представниками УЄФА в період підготовки України та Польщі до проведення чемпіонату Європи з футболу 2012 року (Євро-2012). Як результат в Україні було

додатково розроблено та приведено в дію ряд законодавчих актів, які удосконалюють чинну українську нормативно-правову базу та приводять у відповідність до європейської.

Одними із таких законодавчих актів, які потребували змін та доповнень є Закон України «Про особливості забезпечення громадського порядку та громадської безпеки у зв'язку з підготовкою та проведенням футбольних матчів» № 3673-VI від 08 липня 2011 року та Кодекс України про адміністративні правопорушення.

Незважаючи на те, що Закон прийнятий в контексті підготовки та проведення на належному рівні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу, він не поширюється на відносини, які виникають у зв'язку з підготовкою та проведенням на території України футбольних матчів у змаганнях серед команд професіональних клубів. Це пояснюється тим, що за основу деяких норм Закону взято положення міжнародних нормативних актів щодо забезпечення безпеки та громадського порядку під час проведення футбольних матчів і не враховано специфіку проведення матчів Всеукраїнських змагань з футболу серед команд професіональних клубів.

Як показав досвід проведення чемпіонату України з футболу серед команд клубів Професійної футбольної ліги, проблема полягає в тому, що особи, які залучаються клубами до забезпечення громадського порядку та безпеки на території спортивної споруди, не мають визначених законодавством необхідних повноважень (наприклад, проведення огляду особистих речей глядачів), а також не можуть зупиняти випадки насильницьких дій та неналежної поведінки організованих груп футбольних хуліганів. Варто також зазначити, що розділ 3 Закону [42] «Відповідальність за порушення вимог законодавства про забезпечення громадського порядку та громадської безпеки у зв'язку з підготовкою та проведенням футбольних матчів» не враховує норми регламентних документів УЄФА та ФФУ, в частині дисциплінарної відповідальності організаторів футбольних матчів.

Отже, при проведенні змагань державного рівня, постала потреба у перегляді деяких норм з метою встановлення і, особливо, розмежування обов'язків та повноважень як організаторів, так і спеціальних підрозділів правоохоронних органів, а також прийняття до уваги норм регламентних документів УЄФА та ФФУ, в частині дисциплінарної відповідальності за порушення вимог законодавства щодо забезпечення громадського порядку та громадської безпеки при підготовці та проведенні футбольних матчів.

Також необхідно було встановити відповідальність осіб, які порушують правила поведінки, громадський порядок та можуть своїми діями завдати шкоди безпеці громадян, які перебувають на території спортивної споруди, де проходить культурно-масовий захід. Цю норму мав би регламентувати Кодекс України про адміністративні порушення [50]. Проте Положення цього Кодексу на сьогодні взагалі не містять виду, переліку порушень громадського порядку і громадської безпеки та не передбачають відповідальності за такі правопорушення до, під час та після проведення масових заходів.

Враховуючи вище зазначене в Україні і був розроблений Проект Закону, який передбачав внесення змін та доповнень до Закону України «Про особливості забезпечення громадського порядку та громадської безпеки у зв'язку з підготовкою та проведенням футбольних матчів» та Кодексу України про адміністративні правопорушення в частині забезпечення громадського порядку та громадської безпеки до, під час та після проведення спортивних та культурно-масових заходів.

Внесення змін до законодавчих актів дає змогу впровадити програму в напрямі підвищення безпеки людини на СВС – «Стюардинг». Програма «Стюардинг» розроблена Європейською асоціацією з безпеки стадіонів (ESSMA), яка активно займається збором технічної інформації про експлуатацію та управління безпекою на найвищому рівні, основною метою якої є обмін ноу-хау, досвідом на ринку СВС Європи зі своїми стратегічними партнерами [144-146, 148, 150, 152, 162, 164]. Програма передбачає підготовку висококваліфікованого

*стюарда* – фізичної особи, яка пройшла відповідну підготовку та на договірній основі виконує допоміжні функції з підтримання громадського порядку та громадської безпеки на території СВС.

Тривалий період часу на спортивних спорудах під час масових заходів порядок забезпечували працівники правоохоронних органів. Проте такий підхід на сьогодні є застарілим і від нього відмовились європейські країни, оскільки помітна присутність співробітників силових структур провокує вболівальників на порушення громадського порядку, руйнуючи, тим самим, атмосферу свята. У результаті УЄФА та європейські країни знайшли рішення у вигляді служби стюардів, тому проведення «Євро-2012» в Україні та відповідні вимоги УЄФА стали ключовим фактором реалізації проекту «Стюардинг» на стадіонах, які приймуть матчі європейської першості.

Сам курс навчання включає: тренінг ESSMA, медичну і фізичну підготовку, основи знань з пожежної безпеки та самозахист; основні регламенти та правила роботи на стадіоні, основи гостинності, клієнтоорієнтовність, навички психологічної витривалості та комунікативна компетентність, командоутворення. Втілення стюардами на практиці набутих навичок та умінь в результаті навчання в рамках даного проекту підвищує рівень комфорту та безпеки СВС.

Важливе місце в проектах БЖД, при організації спортивних та культурно-масових заходів на СВС, займають навчальні проекти в яких беруть участь працівники екстрених служб з метою покращення їх взаємодії щодо протидії тероризму і диверсіям, масовим заворушенням чи іншим надзвичайним ситуаціям. Так, один із найбільш масштабних навчальних проектів, які проводились в Україні та Польщі в рамках підготовки до Євро-2012 був реалізований у Львові. У ньому взяли участь підрозділи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Головного територіального управління ДСНС України у Львівській області, пожежної охорони Республіки Польща, Польського Червоного Хреста, служба швидкої медичної допомоги та інших спеціальних служб загальною чисельністю близько тисячі осіб.

Проект навчань передбачав відпрацювання оперативних дій під час ліквідації надзвичайних ситуацій та рятування людей за наслідками групових порушень на території стадіону та порядок проведення рятувальних дій у випадку виникнення пожежі у готельному комплексі з подальшою евакуацією потерпілих і наданням невідкладної медичної та психологічної допомоги. Проведення таких навчальних проктів допомагає визначити на практиці першочергові дії при виникненні НС та підвищують рівень готовності та взаємодії екстрених служб, що також впливає на стан безпеки людини.

## **1.2. Особливості управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд**

Проведення спортивних та культурно-масових змагань європейського рівня у різних країнах, а особливо у тих країнах де великомасштабні заходи міжнародного значення відбуваються вперше, потребує реалізації проектів побудови нових або реконструкції старих СВС у відповідності до світових стандартів. Така ситуація спостерігалась у нашій державі під час підготовки до проведення Євро-2012, оскільки виникла проблема невідповідності українських вимог з напрямку забезпечення безпеки СВС світовим. Це зумовлено тим, що високий ступінь безпеки людини у будь-якій споруді найкращим чином досягається через хороше планування проекту побудови чи реконструкції цієї споруди, вимоги до чого постійно зростають у зв'язку із інтенсивним розвитком світового науково-технічного прогресу [77, 88, 96]. Проте закладання безпечних умов перебування людей на СВС на концептуальній стадії проекту не тільки підвищує його якісні характеристики, а й знижує вартість його реалізації [98, 100, 103-105, 110, 118, 121, 137, 154].

Проект будівництва чи реконструкції СВС для організації змагань міжнародного рівня потребує перегляду багатьох нормативних актів, якими

керуються на стадіях його реалізації, проте в нашому випадку необхідно розглянути ті, що відносяться до напряму забезпечення безпеки людей.

Проведений інформаційно-аналітичний аналіз нормативно-правових баз [38, 50, 62, 63, 71, 75, 78-85, 112, 122, 146, 147, 162] показав, що система БЖД на СВС включає в себе такі підсистеми:

- 1) автоматична система пожежної сигналізації та пожежогасіння (АУПС, АУПГ);
- 2) система оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей;
- 3) система моніторингу стану поведінки людей;
- 4) система контролю при вході на СВС;
- 5) система плану дій спеціальних служб у випадку НС;
- 6) система евакуації.

Функціонування перших п'яти підсистем регулюється чинним законодавством, тому для практичного їх впровадження необхідно дотримуватись уже розробленого на сьогодні механізму [11, 12, 41-43, 46].

Особливого підходу до реалізації проектів БЕ СВС потребує система евакуації споруди. Згідно з Кодексом цивільного захисту України, *евакуація* – це організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення.

Евакуаційна система створюється на об'єкті з метою надання людині можливості швидкого виходу із зони небезпеки, що часто вимагає організації та виконання додаткових проектних дій спрямованих на:

- 1) інформаційне забезпечення людей на СВС у разі виникнення НС;
- 2) організацію руху людських потоків на СВС – рух людей по споруді має бути організований таким чином, щоб забезпечити максимальну їх швидкість та комфортність пересування по території споруди, а у випадку надзвичайної ситуації, ще й досягти максимально можливої безпеки, тобто унеможливити



діяльність небезпечних чинників пожежі чи НС на організм людини при проходженні через евакуаційні шляхи та виходи;

Передумовою виконання таких дій є проведення комплексного аналізу функціонування існуючих СВС на стадії їх проектування, будівництва та експлуатації.

Розроблена нормативно-правова база країни-організатора спортивного чи культурно-видовищного заходу безперечно відіграє ключову роль в контексті забезпечення безпеки та комфорту на СВС. В європейських країнах вона, як уже зазначалось, представлена у вигляді рекомендацій «Зелена Книга» [147], які діють під егідою УЄФА, а в Україні – у вигляді законів, державних будівельних норм, ГОСТів, правил пожежної безпеки та інших додаткових нормативних актів [62].

Інформаційний аналіз нормативно-правових баз засвідчив, що найбільш ефективним способом забезпечення безпеки відвідувачів СВС є своєчасна та безперешкодна їх евакуація у безпечну зону. Згідно з європейськими вимогами тривалість проведення такого процесу не повинна перевищувати 8 хвилин, в той час коли в українська законодавча база взагалі не регламентує цю вимогу для СВС напіввідкритого та відкритого типу. Таке часове обмеження було встановлене на основі результатів дослідження і накопиченого досвіду з експлуатації СВС, який свідчить про те, що в цей період часу спостерігається низький рівень виникнення загроз життю та здоров'ю людей, а також завдання матеріальної шкоди. Проте слід враховувати, що в багатьох ситуаціях глядачі свідомо затримуються на майданчику довше регламентованого часу, наприклад, щоб подивитися на табло, почути додаткові оголошення або просто почекати, поки розійдеться натовп [2, 7, 27, 40, 56, 58, 72, 73, 116, 119, 128, 133, 139-141]. Однак такі випадки не повинні розглядатися, як фактор при визначенні часу виходу.

Необхідно підкреслити, що існує різниця між виходом в нормальних умовах і часом виходу під час виникнення НС [112]. Загальний час виходу включає в себе

періоди часу, які необхідні глядачам в нормальних умовах, щоб покинути зону глядацьких місць і пройти через систему евакуації.

Для збереження умов стану безпеки та комфортності глядачів, що перебувають на об'єктах спортивно-видовищного типу при проведенні міжнародних спортивних змагань, був проведений аналіз основних нормативних документів України в галузі будівництва та експлуатації СВС та рекомендацій УЄФА з метою встановлення факторів впливу на процес евакуації. Інформаційний аналіз [87] визначив фактори, що впливають на її функціонування, а також показав несумісність вимог, які потребують узгодження, а також ту нормативно-правову базу, чії вимоги з певних напрямів є вищими та мають бути виконані в процесі реалізації проекту побудови чи реконструкції СВС для проведення культурно-масового заходу міжнародного значення (див. рис. 1.2.1 та рис. 1.2.2).

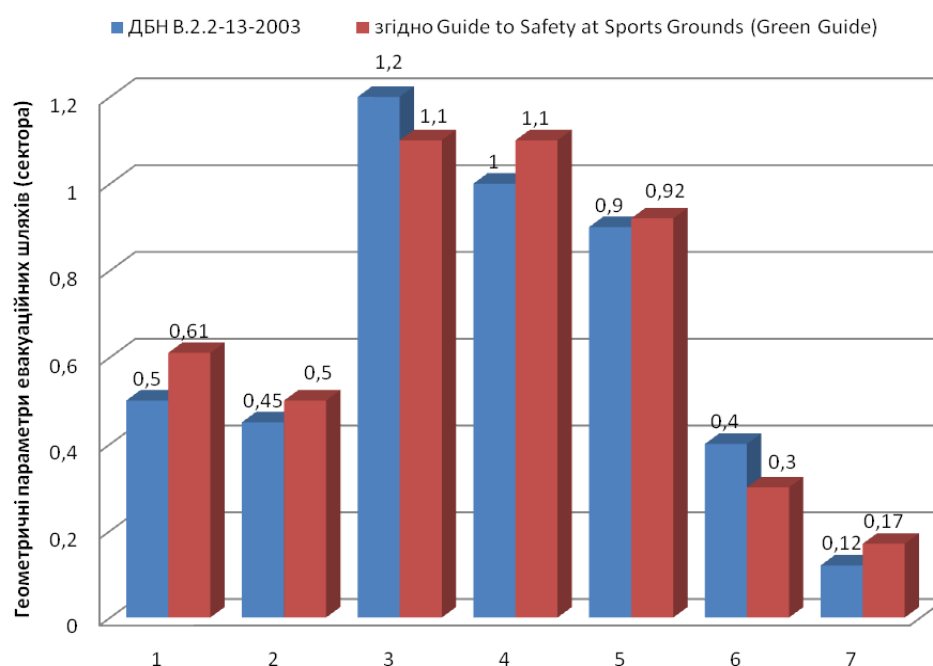


Рис. 1.2.1. Діаграма порівняльних характеристик геометричних параметрів проекту створення та розвитку систем спортивно-видовищного типу:

1 - ширина проходу між рядами; 2 - ширина сидіння; 3 – висота огорожі (яку слід передбачати на верхніх ярусах трибун); 4 - ширина шляхів евакуації

горизонтальних проходів, пандусів і сходів; 5 - висота поручнів; 6 – сходинок (ширина провітрю); 7 - сходинок (висота підйому).

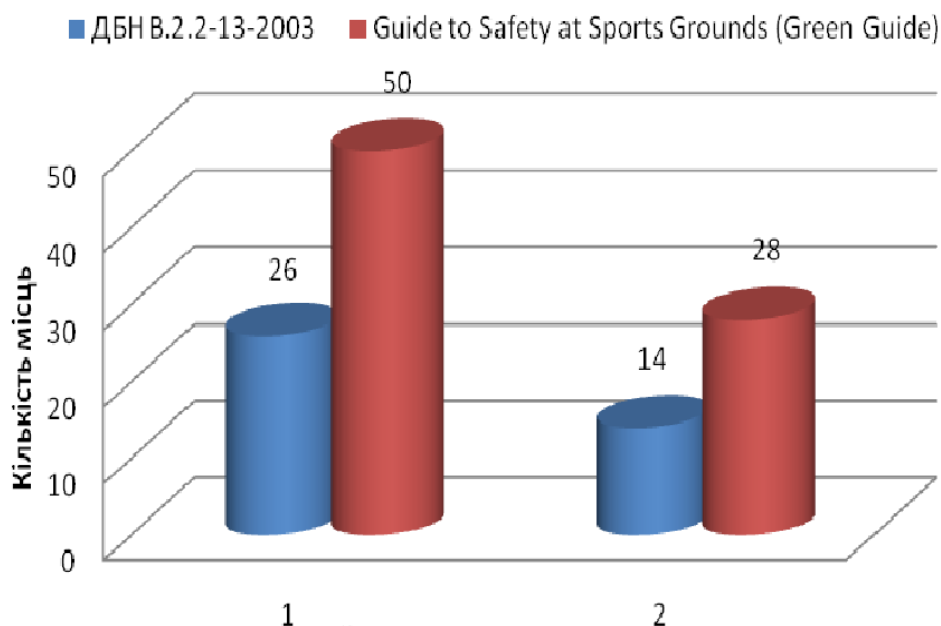


Рис. 1.2.2. Діаграма порівняльних характеристик фізичних та якісних параметрів проекту безпечної евакуації глядачів із СВС:

1 - кількість місць в ряду (при односторонній евакуації); 2 - кількість місць в ряду (при двосторонній евакуації).

Зазначені на рисунках параметри характеризують систему евакуації, по якій проходять потоки людей і є, до певної міри, вихідними даними для проведення обчислень при розрахунку часу евакуації людей із споруди в безпечну зону.

Перевірка відповідності усіх складових системи безпеки СВС до норм проектування здійснюється шляхом проведення теоретичного розрахунку часу евакуації людей у безпечну зону. Якщо за певних причин, наприклад, при недостатній кількості виходів, глядачі не можуть покинути споруду протягом регламентованого часу, то може виникнути необхідність скоротити загальну місткість споруди, внаслідок чого зменшується ефективність реалізації проекту побудови чи реконструкції СВС, що надалі може призвести до втрати його цінності.

### 1.3. Аналіз нормативно-правової бази управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Проект організації та проведення спортивних та культурно-масових заходів різного рівня значимості може включати в себе умови тимчасового передання (оренди) у розпорядження організатора заходу об'єкта, на якому проводитиметься великомасштабна подія. Виконання такої умови не потребує залучення додаткових ресурсів для організації таких заходів регіонального та державного значення, оскільки вони організовуються відповідно до вимог чинного законодавства України. Проте у випадку організації спортивних та культурно-масових заходів міжнародного значення, коли у ролі організатора заходів виступає міжнародна організація, часто виникає необхідність у врахуванні поставлених нею додаткових вимог.

Так, наприклад, на період проведення чемпіонату Європи з футболу 2012 всі спортивно-видовищні споруди були передані у розпорядження УЄФА, яка, своєю чергою, і вимагала врахування рекомендаційних вимог щодо забезпечення безпеки людей на спортивних спорудах в період їх підготовки (реконструкція або будівництво) та експлуатації, виконання яких потребувало використання додаткових ресурсів. Зокрема, як уже зазначалось раніше, рекомендаційні вимоги «Зеленої Книги» загалом спрямовані на створення умов для проведення своєчасної та безперешкодної евакуації людей у безпечну зону протягом встановленого часу, як найбільш дієвого способу забезпечення безпеки людини. Реалізація цих умов на практиці потребує виконання достатньо трудомістких проектних робіт, які включають проведення досліджень руху та розробки ефективної системи управління людськими потоками.

*Потік людей* – рух в одному напрямі один за одним великої кількості людей, що інколи можуть обмежуватись системою твердих тіл і/або заданою ціллю. Зазвичай людський потік представляє собою прямокутну форму із видовженою передньою і задньою частинами. Дана система характеризується

такими властивостями як швидкість та інтенсивність руху, щільність та кількість людей в потоці, геометричні параметри людини (площа горизонтальної проекції людини), психофізіологічний стан та вік людини, не прогнозованість руху, вид руху (вгору, вниз, горизонтально), складність маршруту руху (кількість змін напрямку та видів руху, розділення чи об'єднання потоків тощо), які тісно взаємопов'язані і мають властивість видозмінюватися. Зазначені властивості підтверджують той факт, що людський потік не має чітко визначених параметрів, які б дали змогу описати його рух, тому на різноманітних об'єктах він має унікальний характер і дослідження в цьому напрямі залишаються актуальними.

Проведений інформаційний аналіз наукових робіт, методів, методик та нормативно-правової бази [87, 147, 151, 152, 158, 160, 161, 163, 164] країн Європейського Союзу (ЄС), які описують рух потоків людей показав, що в архітектурно-будівельному проектуванні не використовуються математичні вирази для визначення розмірів евакуаційних шляхів та виходів, а використовується норма – кількість людей на одиницю ширини евакуаційного шляху. Відповідно така модель описує людський потік у вигляді «елементарних» потоків, паралельних рядів людей, що ідуть один за одним. Ця модель показує: наявність залежності між швидкістю і щільністю людського потоку та вплив на неї виду шляху; необхідність приймати за основу нормування не пропускну здатність, а час евакуації, що залежить від сукупності факторів руху людського потоку; недоцільність нормування пропускну здатності шляху евакуації без зазначення часу його використання.

На практиці ця модель є значно спрощеною у зв'язку з тим, що значення швидкості руху елементарного людського потоку за видами шляху прийняті мінімальними: горизонтально – 16 м/хв., сходи вниз – 10 м/хв., сходи вгору – 8 м/хв. Пропускна здатність елементарного потоку на хвилину також є постійною величиною для будь-якого виду шляху: 25 чол./хв. Ширина елементарного потоку 0,5 – 0,6 м.

В українській нормативно-правовій базі рух потоків людей у процесі евакуації описано в [78]. У Додатку 2 цього документа зазначено, що загальний час евакуації людей із споруди складається з інтервалу часу від виникнення пожежі чи НС до початку евакуації людей та розрахункового часу евакуації, що є сумою тривалостей руху потоку людей окремими ділянками евакуаційного маршруту.

У ГОСТ 12.1.004 зазначено, що час до початку евакуації дорівнює часу спрацювання системи оповіщення і враховує інерційність такої системи. У випадку, коли така система на об'єкті не встановлена чи перебуває у несправному стані, значення часу до початку евакуації визначають виходячи із таких умов:

1) якщо місцем виникнення пожежі є приміщення загального призначення, де виникнення пожежі чи іншої надзвичайної ситуації може бути виявлене одночасно усіма людьми, що знаходяться в ньому, то час до початку евакуації допускається приймати рівним нулю;

2) якщо необхідні вихідні дані для визначення часу до початку евакуації відсутні, то його слід приймати рівним 0,5 хв для поверху, на якому виникла пожежа та 2 хв – для вище розташованих поверхів.

Необхідність урахування часу початку евакуації вперше встановлена саме в ГОСТі. Це, безумовно, його прогресивна новація. Новизною питання і його недостатньою науковою пропрацьованістю можна, мабуть, пояснити і зазначені недоліки у встановленні нормованих значень початкового часу евакуації. Але деякі з них важко з'ясовні і для початкового етапу досліджень, а інші повинні були б відкоректуватися за 20 років дії цього документа.

Оскільки час початку евакуації може перевершувати в ряді випадків час самої евакуації, то стан досліджень поведінки людини в цей період має бути уважно розглянуто хоча б на інформаційному рівні.

Дослідження, проведені різними вченими [58, 68, 119, 133, 139-141] показали, що при отриманні сигналу про пожежу, людина буде досліджувати

ситуацію, сповіщати про пожежу, намагатися боротися з вогнем, збирати речі, надавати допомогу і т. ін. Середнє значення часу затримки початку евакуації (за наявності системи оповіщення) може бути невисоким, але може досягати і відносно високих значень. Наприклад, значення 8,6 хв було зафіксоване при проведенні навчальної евакуації в житловому будинку, а 25,6 хв – в будівлі Всесвітнього Торгового Центру при пожежі в 1993 році.

З огляду на те, що час до початку евакуації істотно впливає на загальний час евакуації, дуже важливо знати які саме фактори впливають на величину першого. Спираючись на відомі роботи в напрямі дослідження руху людських потоків [115, 126-135, 142, 149, 151, 154-159], можна виділити такі:

- стан людини: стійкі фактори (обмеження органів чуття, фізичні обмеження), тимчасові чинники (сон/пильність), втома, стрес, а також стан сп'яніння);
- система оповіщення;
- дії персоналу;
- динаміка зміни фізичних процесів;
- соціальні та родинні зв'язки людини;
- протипожежний тренінг і навчання;
- тип будівлі.

На поведінку при пожежі буде впливати стать і вік людини, темперамент, а також інші фактори [52, 91, 92].

Експерименти, проведені в цей час за участю автора в університеті Ольстера (Великобританія), показують, що навіть службовці торгових комплексів, які проходять регулярний протипожежний тренінг і мають чіткі обов'язки, при отриманні сигналу про пожежу не завжди поводяться адекватно: більшість з них витрачають час на збір додаткової інформації, не всі з них відразу активують пожежну сигналізацію, починають евакуювати відвідувачів і т. д. Загалом, складається враження, що більшість людей на цьому етапі непродуктивно

витрачає час і саме затримка початку евакуації веде до загибелі та травм на пожежі. Тому вивчення поведінки людей в цей період надзвичайно актуальне. Воно і складає основу сформованого за кордоном напрямку Human Behaviour in Fires, розглянутого в даний час як самостійна область протипожежної науки. Однак, методологічна розрізненість робіт, особливо в останні десятиліття, змусила одного з провідних представників цього напрямку Джонатана Сайма охарактеризувати цей період як період еkleктизму.

Аналіз і більш ранніх робіт з цього напрямку [2, 7, 28, 38, 68, 74, 125], вказує на те, що отримані в них результати оцінки поведінки, стану і дії людей на пожежі можуть бути охарактеризовані або як занадто загальні, або, навпаки, як занадто приватні. Незважаючи на обширність і багатовимірність вони не є достатньо конкретними. Більшість проведених експериментів мають характер простого спостереження і зовнішньої реєстрації дій потерпілих і не спираються на теоретичні уявлення.

Хорошим досягненням слід вважати знайдену ще в кінці 70-х років минулого сторіччя теоретичну основу аналізу поведінки людей в початковій стадії пожежі, яка не тільки пояснює емпірику спостережуваних фактів, але й закладає раціональну основу методології подальших досліджень. Вона базується на теорії статистичних рішень в психофізиці. Було показано, що як прийняття людиною рішення про те, є чи ні сигнал про виникнення пожежі дійсний в надходженні непрямих ознаках (запах, дим, шум, повідомлення тощо), так і рішення про необхідність евакуації виносяться людиною на основі зіставлення ймовірності правильної гіпотези з ймовірністю помилкової тривоги. Якщо відношення щільності ймовірностей правильної гіпотези до щільності ймовірностей помилкової тривоги перевищує деяке граничне значення, то приймається позитивне рішення, в іншому випадку – воно відкидається. Кожна людина має своє уявлення про вартість різних рішень в умовах існування різних гіпотез про стан об'єкта. Тоді виявляється, що її правило прийняття рішення є



оптимальною стратегією, яка обирає ту гіпотезу, для якої середній умовний ризик при даному спостереженні виявляється найменшим. Таким чином, кожна людина використовує, можна сказати, суб'єктивно-оптимальну стратегію поведінки. Завдання управління евакуацією полягає в тому, щоб всіма доступними способами наблизити цю суб'єктивно-оптимальну стратегію до об'єктивно-необхідної. Висунуті теоретичні положення розставляють, так би мовити, по місцях перераховані вище фактори в системі формування поведінки людей при пожежі та дають змогу об'єктивно оцінити ступінь впливу кожного з них на суб'єктивні правила прийняття рішень і цілеспрямовано шукати ефективні способи їх коригування. На жаль, в нашій країні не проводяться цілеспрямовані дослідження поведінки людей в період з моменту виникнення пожежі до початку евакуації. Помітно, що навіть не аналізується стан нормування початкового часу евакуації і в інших країнах [28, 135].

Крім того, згадуваний раніше ГОСТ своїм обмеженим набором формул не відтворює повної кінетики людських потоків: їх переформування та розтікання в процесі руху; утворення скупчень та їх розсмоктування; час затримки руху через скупчення при різній інтенсивності руху потоків; закономірності руху по ділянках «необмеженої» і змінної ширини; закономірності вибору людьми маршрутів евакуації і т. ін. Використання цього обмеженого набору формул, коли регламентований (додаток 2, обов'язковий) «Метод определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей», з одного боку, створює ілюзію, що ним і обмежується теорія людських потоків, а з іншого боку, призводить до суперечливих (розрахунковий час евакуації занижено, розрахунковий час евакуації завищено) результатів. У даному випадку причина таких розбіжностей полягає насамперед у методологічній помилці розробників ГОСТ 12.1.004, які дослівно запозичивши положення розділу 1 додатка 1 СНиП 11-2-80 «Пожарные нормы проектирования», не змогли зрозуміти, що в цих нормах вони використовувалися для регулювання рішень евакуаційних шляхів і виходів, які

могли бути змінені при проектуванні, а в ГОСТі – для оцінки вже існуючої системи евакуаційних шляхів. СНиП 11-2 - 80 не допускали, наприклад, затримок руху через скупчення людей на кордонах суміжних ділянок шляху, тому й не містили відповідних формул для їх розрахунку. Вимоги дотримання критеріїв СНиП 11-2-80 стимулювали пошук способів оптимізації розмірів шляхів руху потоків людей, можливих при проектуванні, а ГОСТ лише оцінює те об'ємно-планувальне рішення будівлі яке є, і тому повинен був би містити повний інструмент оцінки для кожного конкретного випадку.

Сучасне уявлення про структуру потоку людей, в якому відстань між людьми, що йдуть, постійно змінюється, в результаті чого можуть виникнути місцеві скупчення, які потім зникають і виникають знову, при моделюванні потребують врахування всіх виявлених кінематичних та психофізіологічних закономірностей. У залежності від повноти їх врахування можливі декілька моделей руху людського потоку.

Однією з найпростіших є «Модель руху (без розтікання) людського потоку одноманітного складу». Саме ця модель і використовується в ГОСТ 12.1.004-91 в Додатку 2 «Метод определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей».

Вона розглядає евакуацію людей у складі потоків людей і відповідно при проведенні розрахунків з допомогою цієї моделі необхідно оперувати параметрами, які характерні для руху людського потоку. Також вона показує кількість людей та порядок їх евакуації, пройдену ними відстань та час евакуації із певної ділянки приміщення, місце розташування потоку, значення швидкості та часу затраченого на переформування потоків. У результаті проведених розрахунків на основі моделей даного типу можна встановити геометричні параметри евакуаційних шляхів та виходів для забезпечення безперешкодної та своєчасної евакуації людей із приміщень.

Більш повне представлення кінематичних закономірностей дає модель руху людського потоку, враховуючи можливість його розтікання. У ній за рахунок розтікання людського потоку частково враховуються зміни його структури і можливість наявності в складі потоку більш енергійних, рішучіших людей, які в реальних людських потоках і складають їх головні частини. Проте в моделі передбачається, що такими якостями володіють всі люди в потоці, оскільки при достатньо тривалому русі весь потік може переформуватися, набираючи швидкості вільного руху.

Як перша, так і друга моделі використовують детермінований опис закономірностей зв'язків між параметрами людських потоків і тим же самим декларують однорідність людей в їх складі.

Можливостями найбільш повного представлення випадкового і нерівномірного по довжині потоку розміщення людей, коли відстань між людьми, які ідуть, змінюється і виникають місцеві скупчення, які потім зникають і виникають знову, володіють моделі імітаційного моделювання. Такі можливості забезпечуються дискретним представленням структури потоку, для чого займана ними ділянка шляху ділиться по довжині на «елементарні ділянки» (довжиною 1–1,5 м) та описом закономірностей зв'язків між параметрами людського потоку у вигляді елементарної випадкової функції і різноманітними способами їх реалізації (або шляхом багатократної їх реалізації при довільному виборі значень випадкової величини, або довільним вибором значень на певних кроках моделюючого процесу).

Теоретичний і практичний інтерес можуть не представляти ті випадки руху людських потоків, коли не утворюються потоки значної щільності (наприклад евакуація людей по території, що прилягає до будівлі, евакуація людей з малонаселених поверхів будівлі, рух по території міських транспортно-комунікаційних вузлів). У цих випадках може бути найбільш просто перевірена достовірність широко розроблених за кордоном моделей індивідуального руху,

які використовують досить обмежену базу вихідних емпіричних даних і тому їх адекватність реальним ситуаціям завжди повинна контролюватися. Розроблена модель «Вільний рух людських потоків» не має таких недоліків, опирається на ширшу базу дійсних спостережень і відомі співвідношення теорії ймовірностей.

Перспективним напрямом подальшого розвитку моделювання людських потоків є створення індивідуально-потокowego руху, розробленого на новому рівні розвитку моделювання руху людей в потоках і їх індивідуального руху, що переходить в поточний. Необхідно відмітити, що труднощі моделювання людських потоків і незнання їх закономірностей приводять до спроб заміни процесів руху реальних людських потоків моделями других відомих процесів іншої фізичної природи. Такий підхід не є новизною для методології моделювання і він давно отримав свою оцінку.

Розрахунок часу евакуації графоаналітичним методом, хоч і досить елементарний за своєю природою, проте трудомісткий. Тому при появі перших можливостей використання ЕОМ почали розроблятися підходи до їх використання для проведення розрахунків руху людських потоків у спорудах різного призначення, які створили необхідні передумови для розробки, в подальшому, алгоритму і відповідних до нього програмних комплексів імітаційного моделювання.

Ідея імітаційного моделювання людських потоків полягає в тому [14, 26, 28, 29, 45, 47, 55, 64, 92, 113, 114, 131, 138, 142], щоб, надавши малим сукупностям людей природну, незалежну від їх свідомості, закономірність зв'язку між їх швидкістю руху, щільністю потоку та видом шляху, розглянути як буде розвиватися процес в досить малі інтервали часу, протягом яких і можуть проходити зміни, які не показують інші методи: стану потоку, коли відстань між людьми в русі постійно змінюється, виникають місцями ущільнення, які потім зникають та виникають знову.

Імітаційні моделі за допомогою співвідношень повністю описують стан людського потоку на елементарних ділянках і їх переходи в послідовні моменти часу при конкретних значеннях швидкості [13, 44, 61, 90, 97, 101, 123, 130, 145, 153], а також дають змогу розрахувати відповідні значення часу руху людських потоків з ділянок їх формування до проходу останньою групою людей через евакуаційний вихід. Сукупність значень проміжків часу, отриманих при різних значеннях швидкості, формує емпіричне розділення імовірності значень розрахункового часу. Це розділення дає змогу розрахувати за правилами математичної статистики [8, 30, 32] значення часу завершення евакуації, що відповідає імовірності  $P(\text{tp.ев.}) = 0,999$ .

Імітаційна модель дає картинку динаміки щільності потоку в коридорі, якісно ідентичну результатам розрахунку на основі моделювання руху людського потоку без розтікання головної частини людей, що входять із бокових проходів в коридор та ідуть з щільністю  $0,09 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ , а в місцях зливання потоків щільність зростає. Адекватність імітаційної моделі реальному процесу руху людського потоку неодноразово перевірялась дійсними спостереженнями. Високий ступінь відповідності результатів моделювання даним дійсних спостережень дав змогу широко її використовувати в практиці проектування унікальних об'єктів.

Розрахунки, які виконані на основі декількох моделей людського потоку, показали, що моделі, які описують людський потік без розтікання його головної частини та інші перераховані характерні особливості його руху, на сьогодні не відповідають вимогам, що висувуються до проектування унікальних і складних об'єктів, які відрізняються, як правило, великою кількістю людей і складністю проведення їх евакуації у надзвичайних ситуаціях. Тому у випадку надзвичайних ситуацій обов'язково необхідно враховувати розтікання людського потоку і, відповідно, поступові зміни його щільності. Такий розрахунок дає змогу точніше і більш повно оцінити виконання умов забезпечення безпеки людей, але він є досить трудомісткий. Рішенням проблеми трудомісткості є використання

сучасних програмних комплексів, що є підтвержені статистикою дійсних спостережень та експериментами.

#### **1.4. Постановка завдань управління проектами безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд**

Аналіз дійсного стану та характеристик програм, проектів БЖД на СВС засвідчив ефективну діяльність різноманітних наукових установ, шкіл, організацій під керівництвом яких було реалізовано чимало перспективних задач в даному напрямі. Проте кожне будівництво нової СВС має унікальний характер та потребує вдосконалення та впровадження системи БЖД, використовуючи при цьому наявні та розробляючи нові методи, моделі управління проектами БЕСВС.

Розглянуті в попередніх пунктах фактори та умови необхідні для проекту розробки та належного функціонування системи евакуації СВС не є достатніми для проведення своєчасної та безперешкодної евакуації відвідувачів у безпечну зону. Організація та проведення такого процесу вимагають заздалегідь продуманих кроків, які на практиці відображені в планах та рекомендаціях евакуації із споруди. Передумовою створення таких планів є проведення експертизи евакуаційних шляхів та виходів, визначення їх пропускнуої здатності, дослідження динаміки руху потоків зацікавлених сторін проектів, психофізіологічних властивостей людей та проведення теоретичного розрахунку часу виходу людей в безпечну зону.

Враховуючи багатofакторність процесу евакуації, його можна віднести до класу складних систем. Тому для розв'язку такої задачі доцільно використовувати проектно-орієнтований підхід, який передбачає врахування факторів впливу на евакуаційний процес та, за необхідності, внесення додаткових змін на кожній стадії її розв'язку. Можливість внесення додаткових змін є дуже доцільною в нашому випадку, оскільки в даній задачі велику роль відіграє людський фактор,

який має властивість непередбачуваності. Не прогнозованість дії людей у випадку НС вимагає детального їх дослідження на початковій стадії та в процесі реалізації проектів БЕ СВС, що дасть змогу надалі охарактеризувати та формалізувати кінетопсихофізіологічні особливостей та закономірності руху потоків зацікавлених сторін.

*Формалізація* – це метод вивчення різних об'єктів, при якому основні закономірності явищ і процесів відображаються в знаковій формі за допомогою формул або спеціальних символів. Формалізація забезпечує спільність підходів до вирішення різних завдань, дає змогу формувати відомі моделі предметів і явищ, встановлювати закономірності між фактами, що вивчаються. Символіка штучної мови дає змогу чітко і коротко фіксувати певні значення, не допускаючи різного тлумачення, що неможливо при користуванні звичайною мовою. Отже, формалізація психофізіологічних властивостей та поведінка людей у випадках НС необхідна при реалізації проектів БЕ СВС, до складу яких входить розроблення топологічних моделей руху потоків людей у процесі евакуації.

Оскільки, як уже зазначалось, евакуація людей із споруди у безпечну зону належить до класу складних систем, то її можна розглядати як гнучку технологічну лінію технологічного процесу, тобто систему, яка залежить від умов зовнішнього середовища, визначає її життєдіяльність та взаємо урівноваженість із зовнішнім середовищем [14, 44, 45, 89, 94]. Для візуального представлення технологічної лінії найкраще використовувати *топологічне моделювання* – зафіксоване на матеріальному носії просторово-геометричне розташування сукупності елементів системи та інтегрованих зв'язків між ними. Такий вид моделювання відображає процес евакуації в цілому або на конкретній ділянці СВС та враховує такі основні його складові як:

- геометричні параметри евакуаційних шляхів та виходів: ширина бокового проходу в рядах крісел та ширина проходу між рядами крісел (радіальний прохід) в секторах; ширина евакуаційного виходу з секторів; ширина

проходів у фойє (по променаді); ширина сходових кліток та проходів у коридорах адміністративної будівлі; ширина евакуаційних виходів назовні з будівлі тощо;

- кут нахилу сходів та ярусів;
- швидкість руху людського потоку;
- інтенсивність руху людського потоку;
- щільність потоку людей – відношення кількості людей в потоці до

займаної ними площі ділянки, яка має певну ширину і довжину. Для спрощення розрахунків ширину потоку приймають рівну ширині ділянки;

- горизонтальна площа проекції людини;
- довжина евакуаційного шляху;
- кількість людей в потоці;
- об'ємно-планувальні рішення споруди.

Це, своєю чергою, дає змогу визначити критичні шляхи евакуації зацікавлених сторін проектів із найбільш віддалених місць їх розташування та провести розрахунки стосовно визначення часу їх проходження.

Розрахунок часу евакуації людей із стадіону у безпечну зону, на сьогодні, доцільно проводити з допомогою ЕОМ та спеціально розробленого програмного продукту, що дасть змогу полегшити процес розрахунку завдяки тому, що відпадає необхідність проведення повторних рутинних операцій. Враховуючи вартість такого спеціального програмного продукту закордонних виробників та унікальність кожної СВС, то ще однією із тенденцій розвитку нашого дослідження є необхідність розроблення власного спеціального прикладного програмного забезпечення, що враховуватиме фактори впливу на евакуаційний процес.

Можливість визначення часу евакуації на конкретній ділянці СВС дасть змогу встановити вузькі (проблемні) місця та буферні зони. *Вузьке місце* – ділянка евакуаційного шляху де відбувається затримка руху людського потоку за певного роду обставин і ає застосування дій щодо її усунення. Своєю чергою під поняттям



буферної зони необхідно розуміти безпечну ділянку СВС де тимчасово можливе перебування людей, подальша евакуація яких здійснюється через евакуаційні шляхи чи за допомогою спеціальної техніки та обладнання.

Використання проектно-орієнтованого підходу до управління зацікавленими сторонами та часом в проектах БЕ СВС дає можливість використовувати в якості робочого інструментарію теорію топологічного аналізу та синтезу, що в кінцевому результаті підвищить ефективність управління проектами спортивно-видовищного типу.

### **Висновки**

У першому розділі розглянуто сучасний стан системи БЖД людей на СВС на підставі чого можна зробити такі висновки:

1) аналіз успішних практик реалізації проектів БЕ СВС засвідчив, що основним способом забезпечення безпеки людей на СВС є створення умов для проведення своєчасної та безперешкодної евакуації людей у випадку НС із споруди у безпечну зону. При цьому процес евакуації із СВС, згідно із світовими вимогами, не повинен перевищувати 8 хвилин;

2) аналіз сучасного стану реалізації проектів БЕ СВС в процесі проведення спортивних та культурно-масових заходів засвідчив що: постійне підвищення рівня безпеки та комфорту СВС при організації будь-яких заходів міжнародного значення потребує реалізації проектів побудови нових або реконструкції старих СВС, існує невідповідність вимог чинного українського законодавства світовим у плані забезпечення безпеки людей, висока вартість реалізації проектів БЕ СВС спричинена унікальністю їх побудови, відсутня нормативно-правової база та «Правила поведінки», які б визначали порядок реалізації проектів у сфері забезпечення безпеки людей на спорудах масового їх

перебування, доцільно використовувати проектне управління при реалізації проектів БЕ СВС;

3) аналіз перспектив розвитку евакуаційної системи СВС завдяки використанню сучасних інформаційних технологій та методології управління проектами визначив доцільність розробки моделей управління зацікавленими сторонами, а також вдосконалення існуючих методів оптимізації часу в проектах БЕ СВС в умовах виникнення НС, які спрямовані на збереження людського життя та здоров'я;

4) встановлено, що при розробці моделей слід враховувати стан турбулентного середовища, рівень проведення спортивних змагань (територіального, державного, міжнародного значення), ключові фактори успіху реалізації проектів, нормативно-правову базу країни-виконавця та рекомендації організатора заходу, рівень підготовки і компетентність обслуговуючого персоналу, особливості поведінки глядачів, стратегічні цілі проектів БЕ СВС, показники результативності, причинно-наслідкові зв'язки глядацьких емоцій тощо.

## РОЗДІЛ 2

# МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД

### 2.1. Класифікація проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Реконструкція чи будівництво нових СВС різного типу призначення та масштабів можна віднести до класу проектів з різними характеристиками та сферами діяльності. Кожен із таких класів проектів має особливі характеристики, наприклад, за розмірами, обсягом фінансування, призначенням, географічними ознаками, за рівнем організації та видом спортивних змагань, міжнародного, регіонального чи місцевого значення тощо [3, 4, 16, 48]. Тому для вибору того чи іншого підходу в управлінні конкретними проектами будівництва, реконструкції та експлуатації необхідно попередньо вивчити особливості кожного, окремо взятого проекту [1, 10, 18, 21, 31, 35, 59, 76, 120, 124].

Таким чином класифікація різних складових, що характеризують процес управління при будівництві, реконструкції та експлуатації СВС, в контексті забезпечення безпеки життєдіяльності людей, можлива за умов створення науково обгрунтованого класифікаційного та інноваційного підходу. Відсутність науково обгрунтованих та проектно-орієнтованих принципів розробки класифікаційних моделей, що характеризують СВС, вказують на нагальну потребу у створенні системного підходу. Адже лише систематизація класифікаційної інформації щодо відбору та візуалізації дозволить відображати стан справ у спортивній сфері на сьогоднішній день, забезпечить оперативність переформатовування на той чи інший вид діяльності видовищного характеру та прогнозувати перспективну рентабельність використання різних типів СВС [15, 19,33,65,102].

На сьогодні існують сотні типів СВС, що використовуються для проведення як різнотипних спортивних змагань, так і відпочинкових бізнес-шоу. Перелік типів

СВС формувався за такими ознаками, як: вид спортивних змагань; рівень значимості заходу; наявність та характер матеріалів, що використовуються; наявність та вид конструктивного елемента, за допомогою якого здійснюється модульний, ярусний і т. п. принцип формування трибун, секторів, ярусів стадіону в цілому тощо [98, 136].

Проте ці принципи не враховують сучасний стан розвитку економіки, науково-технічного та інноваційного підходу, економії ресурсів, впровадження інформаційно-комунікаційних систем та технологій.

Глобалізація світового суспільства та різке зростання обсягу світової інформації в галузі науки, промисловості та інших сферах діяльності людини обумовила необхідність у наданні принципово нової оцінки щодо управління процесом будівництва, реконструкції та експлуатації СВС [17, 20, 36, 37, 49, 57, 66, 67, 106-109, 111, 121]. Тому сучасна класифікаційна модель повинна передбачати таку систему класифікаційних ознак, яка би при визначенні типу СВС поєднувала вид спортивних змагань, галузь індустрії, що володіє відповідним комплексом технічних і техніко-економічних та інноваційних можливостей для забезпечення високого рівня проектно-орієнтованого управління, як на рівні будівництва, реконструкції так і експлуатації.

Сучасна класифікаційна модель повинна також забезпечити автоматизацію при відборі інформації, а також її оперативність та достовірність при відтворенні чи візуалізації у вигляді пікселя зображення. Реалізацію такої моделі можна представити у вигляді топологічної схеми «дерево», яка використовує два типи критеріїв: об'єкти та класифікаційні ознаки.

Основною метою побудови такої класифікаційної моделі є автоматизація пошуку і знаходження необхідного типу СВС, різновиду обладнання та технології, що необхідні при будівництві та експлуатації, вид та статус змагань тощо. Автоматизація пошуку інформації досягається шляхом використання спеціалізованих комп'ютерних систем, як універсального обчислювача, при взаємодії із сучасними довідково-інформаційними системами, класичними,

гібридними та електронними бібліотеками, базами даних та знань, інформаційними мережами і т. п.

При побудові такої класифікаційної моделі необхідно дотримуватися таких основних принципів:

- доцільність та науково-практична обґрунтованість відібраної інформації;
- ієрархічність представлення інформації з встановленням головного і підлеглого об'єкта та їхніми взаємозв'язками;
- мережева взаємодія між головним та підлеглим об'єктами;
- реляційне представлення інформації. У реляційній базі даних кожна таблиця має первинний ключ (ключовий елемент), який однозначно ідентифікує кожен рядок у таблиці чи стовпці;
- здатність класифікації до розширення та наповнення, у відповідності до динаміки розвитку суспільства, що впливає на видозміну діяльності СВС.

У відповідності до вище сказаного нами запропоновані дві схеми класифікаційної моделі: за параметрами безпеки (рис. 2.1.1) та за класифікаційними ознаками (рис. 2.1.2).

Такий принцип побудови класифікаційних моделей за об'єктами та класифікаційними ознаками створює системний підхід у оперативному відборі достовірної інформації, що, як результат, забезпечить раціональність в управлінні матеріальними, інформаційними, людськими, фінансовими ресурсами тощо. Як наслідок розв'язується задача мінімізації витрат, рентабельність та прогнозованість при реалізації проєктів БЕ СВС.

Таким чином запропонована класифікаційна модель повинна бути визначальною як на стадії проектування, будівництва, реконструкції, так і експлуатації СВС. Крім цього потрібно враховувати, що сучасні СВС у своїй діяльності використовують високоефективну інформаційну інфраструктуру, яка поєднує в собі телекомунікаційні та інтернет-технології.

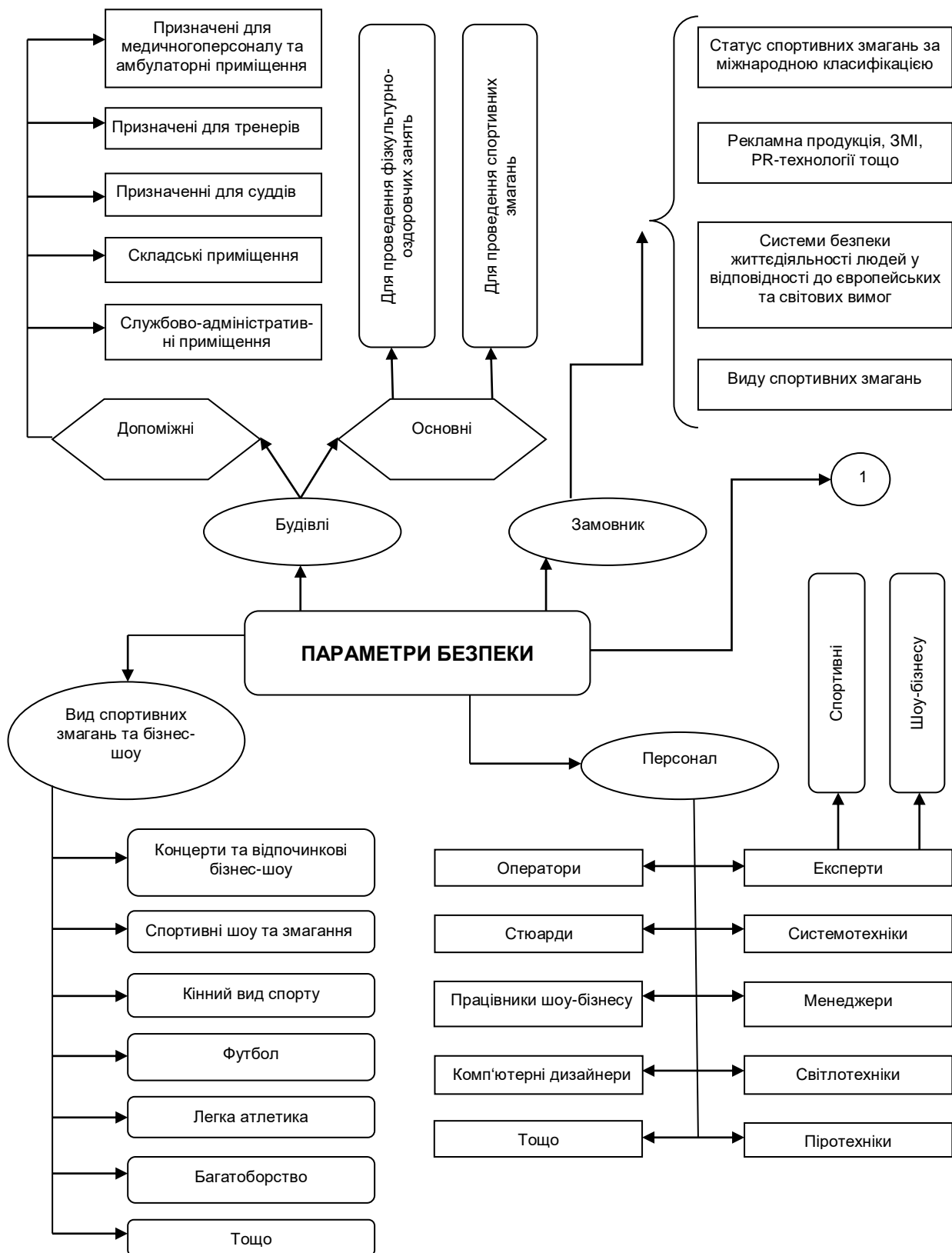


Рис. 2.1.1. Класифікація проектів БЕ СВС за параметрами безпеки

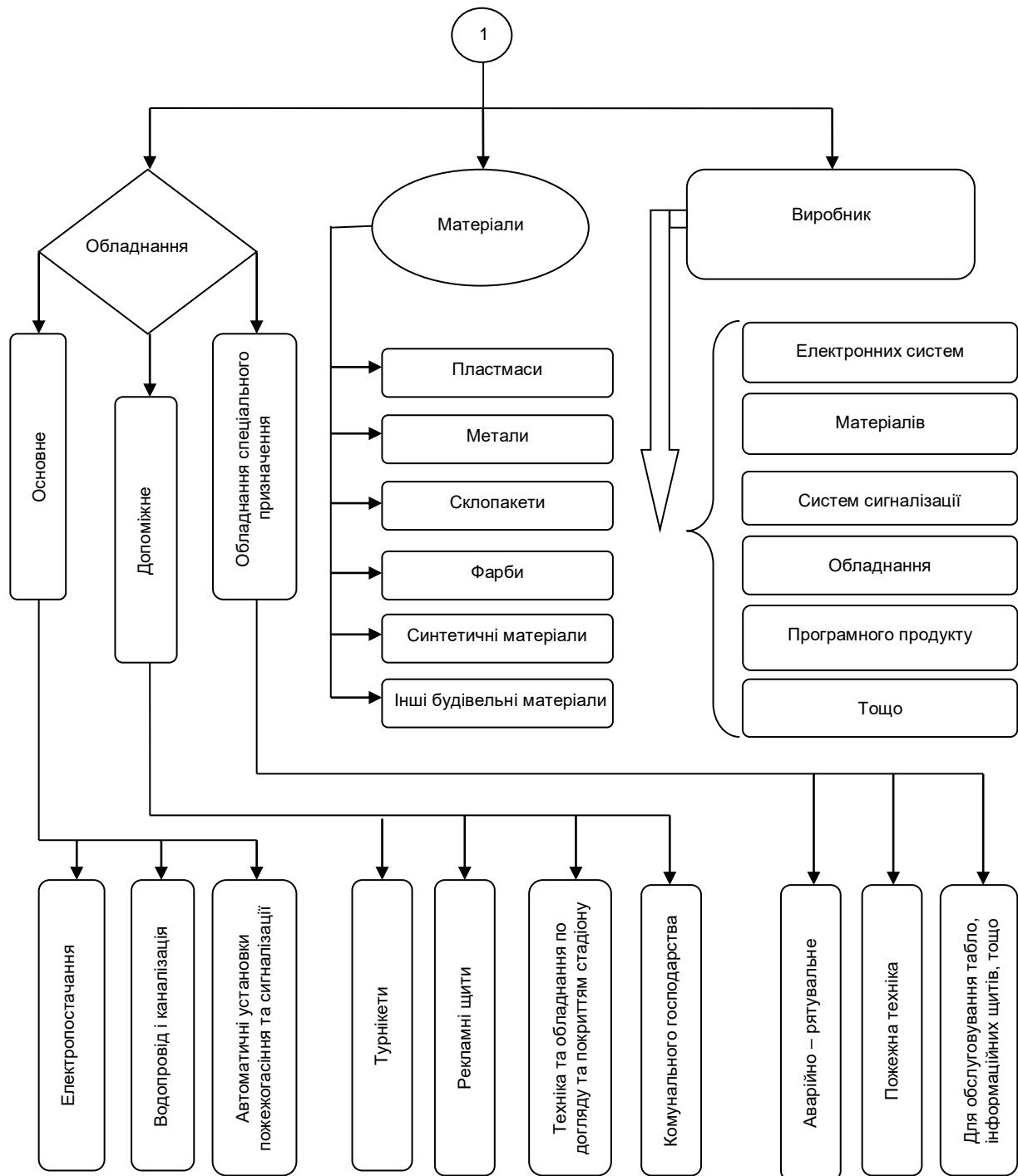


Рис. 2.1.1. Класифікація проектів БЕ СВС за параметрами безпеки (продовження)

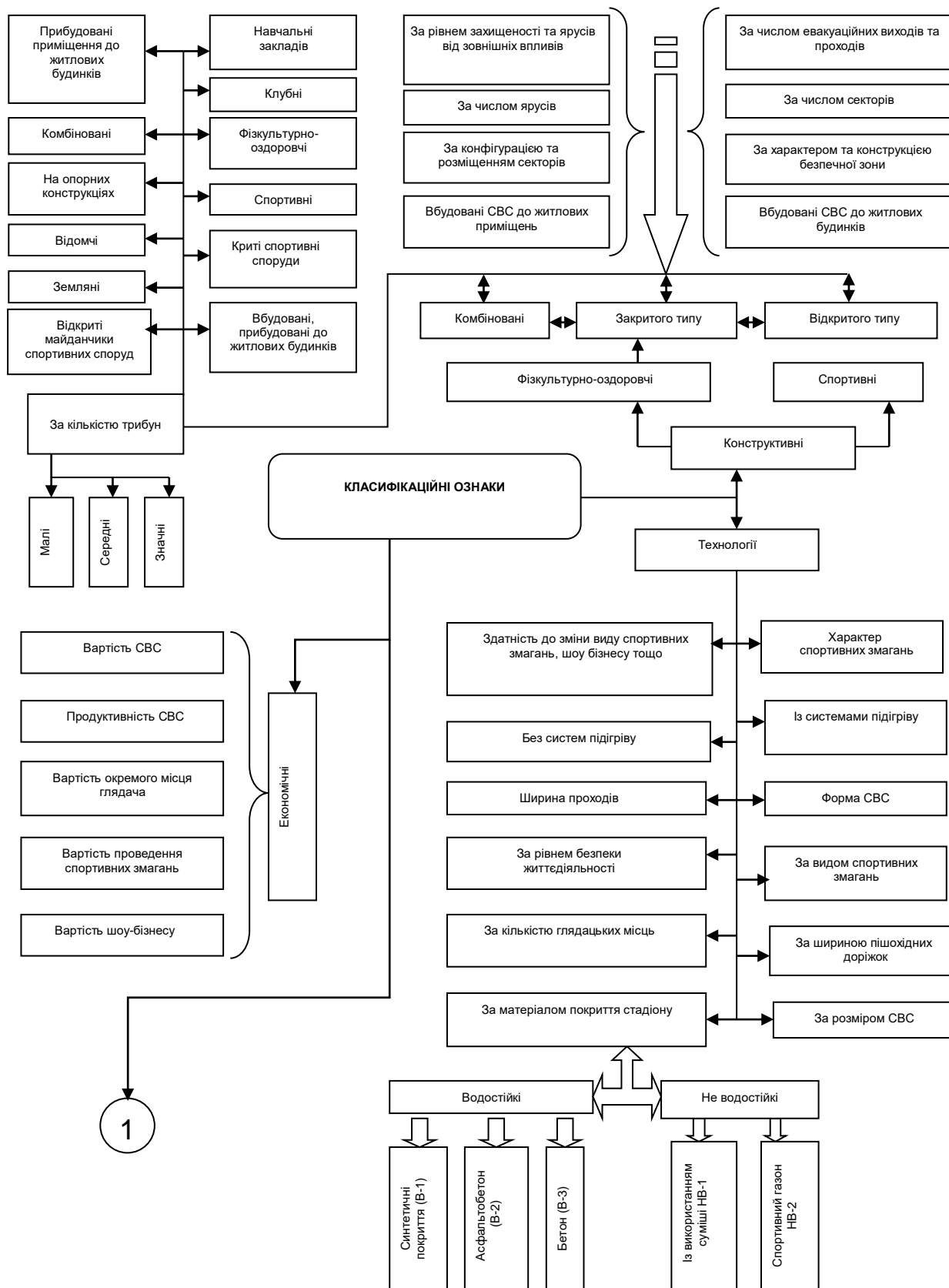


Рис. 2.1.2. Класифікація СВС за різними ознаками





Рис. 2.1.2. Класифікація СВС за різними ознаками (продовження)

Засобами такого телематичного (кібернетичного) підходу на СВС реалізуються задачі пов'язані з розробкою правил поведінки глядачів у випадку НС, купівлі білетів, функціонування апаратних та пожежних систем і т. п. Слід відмітити, що оперативність відбору достовірної інформації при експлуатації СВС,

особливо в умовах Євро-2012, можлива за умов інтеграції української інформаційної інфраструктури до таких мереж, як Інтернет, Інтранет, Екстранет на основі використання інтегрованих систем транспорту наземними та супутниковими каналами передачі даних та міжнародна інтеграція всієї інфраструктури, включаючи міжнародні організації при ООН, а також формальні та неформальні громадські організації.

## **2.2. Моделі та методи управління часом та зацікавленими сторонами в проектах безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд**

Підвищення ефективності реалізації програми створення та розвитку системи безпеки на спортивно-видовищних спорудах потребує використання методів та моделей, що побудовані на основі використання інформаційних технологій, системного підходу та проектно-орієнтованого управління.

Оскільки споруди спортивно-видовищного типу за класифікацією поділяються на категорії, відповідно до яких там можуть проводитися спортивні та культурно-масові заходи різного рівня значимості, то існують й різні вимоги щодо параметральних та інших характеристик, які враховуються на стадії проектування, функціонування, розвитку.

Дослідження етапу ефективного функціонування об'єктів, що входять в систему спортивно-видовищного типу можливо за умов проведення досліджень існуючих механізмів та програм їх розвитку, а також у визначенні кращих світових практик реалізації проектів БЕ СВС.

Для побудови моделей руху людських потоків нами, на основі аналізу причинно-наслідкових зв'язків і використання японської системи знань Р2М, початково побудована концептуальна модель управління проектами БЕ СВС, яка враховує: стан турбулентного середовища реалізації проектів спортивно-видовищного характеру, рівень проведення спортивних та культурно-масових заходів, ключові фактори успіху реалізації проектів БЕ СВС, нормативно-правову

базу України та рекомендації УЄФА, психофізіологічний стан людей, стратегічні цілі, показники результативності. Схема реалізації такої моделі представлена на рис. 2.2.1.



Рис. 2.2.1. Концептуальна модель управління проектами БЕ СВС

У створеній моделі закладено, що результатом успішної реалізації проектів БЕ СВС є збережене життя та здоров'я людей під час перебування на споруді, які виступають в ролі зацікавлених сторін. Моделі управління зацікавленими сторонами відображають евакуаційні маршрути руху потоків людей із секторів СВС в безпечну зону, а також параметри, що впливають на рух людей на окремих евакуаційних ділянках, які потрібно враховувати при проведенні розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС.

Використовуючи моделі управління зацікавленими сторонами проектів, існуючі математичні моделі, що описують рух потоків людей на спорудах масового їх перебування та орієнтуючись на фактори успішної реалізації

проектів БЕ СВС можна створити програмний продукт, який забезпечить автоматизацію проведення необхідних розрахунків. Результати розрахунків покажуть спроможність евакуаційної системи забезпечити своєчасну евакуацію людей із СВС в межах регламентованого часу та необхідність проведення оптимізації руху потоків зацікавлених сторін проектів.

Враховуючи, що процес руху зацікавлених сторін проектів БЕ СВС характеризується такими динамічними параметрами, як щільність « $D$ », швидкість « $V$ », кількість користувачів « $N$ », геометричні параметри сходів « $M$ », напрямки руху « $S$ », архітектуру споруди « $A$ », довжина евакуаційного маршруту « $L$ », психологічний стан користувачів « $E$ » та інформаційне забезпечення користувачів « $I$ » тощо, цільову функцію потоку зацікавлених сторін проектів при евакуації із СВС у безпечну зону можна показати у вигляді кортежу:

$$F(x) = \langle D, V, N, M, S, A, L, E, I, O, P, HC \rangle, \quad (2.1)$$

де:  $O$  – природні умови,  $P$  – рівень проведення спортивних змагань (територіальний, державний, міжнародний),  $HC$  – тип надзвичайної ситуації.

Після формалізації предметної області, що враховує закони та особливості поведінки людей, при русі у вигляді потоків людей через евакуаційні шляхи та ще й в умовах  $HC$ , отримаємо інтеграційну пірамідальну модель-схему системної динаміки в проектно-орієнтованому управлінні (див. рис. 2.2.2).

У верхній частині піраміди використані інтеграційні моделі та системи управління проектами безпечної евакуації зацікавлених сторін проектів (MS Project, Primavera, Oracle тощо), здатні забезпечити процесний, сценарний та системний підхід управління складними системами поведінки людей при виникненні пожежі чи  $HC$  природного або техногенного характеру.

Нижній рівень піраміди являє собою сукупність знань, представлених у вигляді модулів супервізора та картотеки методів, моделей, інструментів і модуля експертизи для підтримки стану отримання достовірної інформації, правильності відбору технологій, інструментарію тощо, з метою мінімізації ресурсних витрат та

забезпечення найбільш високої імовірності безпеки при евакуації потоків людей на період проведення спортивних змагань на СВС.

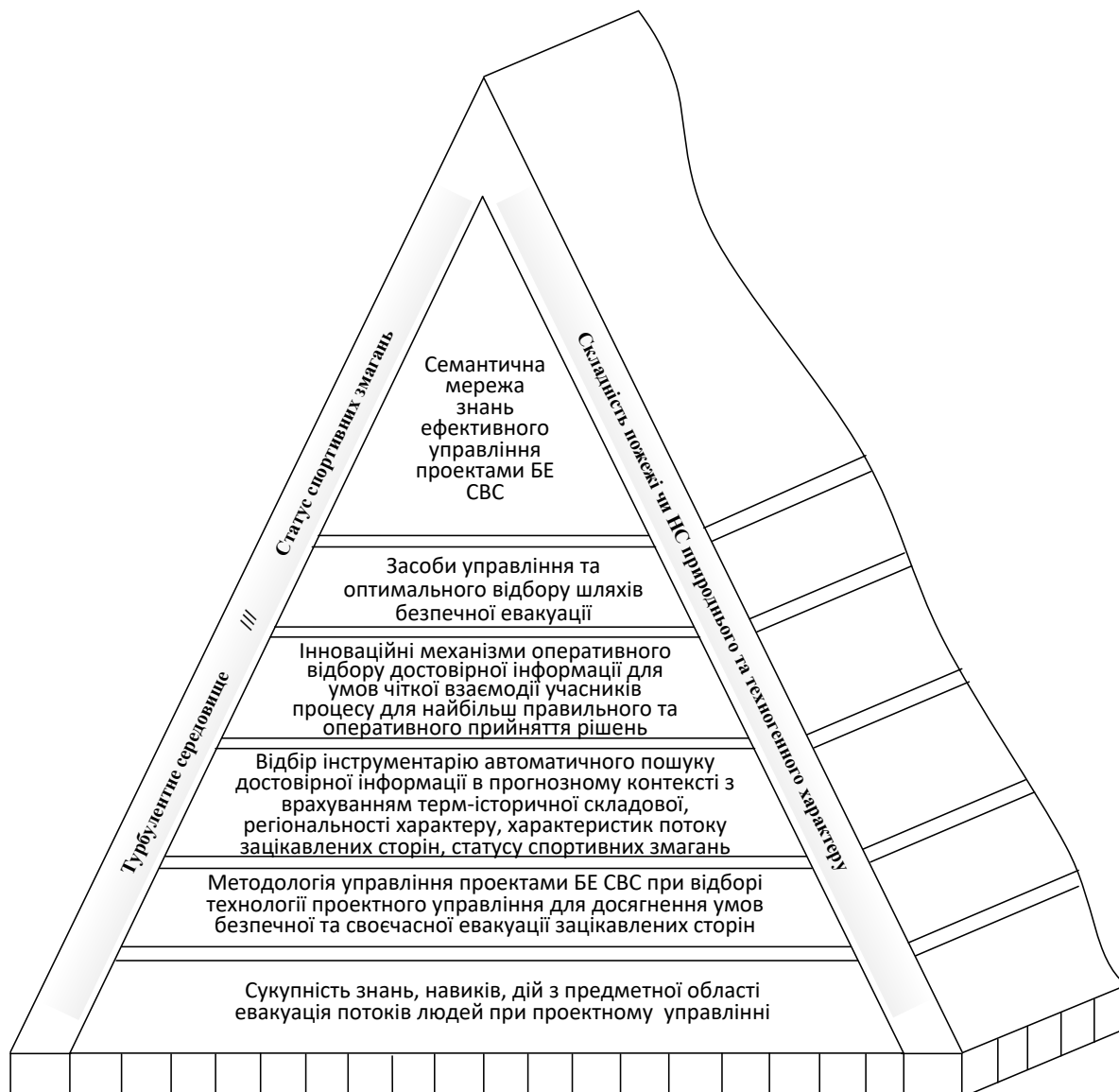


Рис. 2.2.2. Інтеграційна схема системної динаміки проектно-орієнтованого управління проектами БЕ СВС

Така методологія управління проектами безпечної евакуації потоків людей побудована за допомогою використання методів критичних шляхів, де оптимізаційний синтез евакуаційного маршруту людей розглядають як топологічну схему технологічної лінії, а сам евакуаційний шлях розбивається на окремі операції (блоки).

### 2.3. Інструментальні засоби обґрунтування проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Час реалізації проектів БЕ СВС залежить від часу виходу потоків людей в безпечну зону, які виступають у проектах у ролі зацікавлених сторін. Порядок проведення обчислень стосовно визначення загального часу евакуації людей із споруд різного типу призначення, як уже зазначалось, наведений в ГОСТ 12.1.004-91 (далі ГОСТ), що є чинним на сьогодні в Україні. Проте він не в повній мірі описує динаміку руху людського потоку, тому при проведенні розрахунків необхідно використовувати додатковий математичний апарат, який здатний описати процеси розтікання, об'єднання та перереформатування потоків людей. Оскільки потік людей під час руху по СВС має властивість видозмінюватись, то для проведення обчислень доцільно його розбити на ділянки в яких спостерігається однорідність його руху, що спростить процес проведення обчислень.

Провівши аналіз руху потоків людей на СВС із врахуванням їх об'ємно-планувальних рішень встановлено параметри, що впливають на рух зацікавлених сторін проектів на окремих евакуаційних ділянках та процес його видозміни при виході на променаду. Як результат встановлено, що евакуаційний маршрут для проведення обчислень часу руху зацікавлених сторін із споруди в безпечну зону доцільно розбити на такі евакуаційні ділянки:

➤ *вихід людей із сектора верхнього ярусу СВС:* бічний прохід в секторі, радіальний прохід, прохід вниз сходами із сектора, прохід променадою, спуск сходовими маршами на вільну територію (безпечну зону);

➤ *вихід людей із сектора нижнього ярусу СВС:* бічний прохід в секторі, радіальний прохід в секторі, прохід променадою, спуск сходовими маршами на вільну територію (безпечну зону);

*Радіальний прохід* – ступінчаста або нахилена доріжка для руху через зону глядацьких місць, яка проходить між виступами тераси чи рядами крісел.

*Боковий прохід* – горизонтальна доріжка для руху людей через зону глядацьких місць, яка проходить паралельно виступам тераси чи рядам крісел.

*Променада* – це спеціально зроблений на певній висоті майданчик, який забезпечує оптимальний рух потоків людей по споруді.

При визначенні часу руху людей ширина та довжина кожної ділянки приймається у відповідності до проекту чи дійсних значень параметрів існуючої споруди. Довжина сходової клітки чи пандуса дорівнює довжині маршу, а довжина шляху в дверному отворі дорівнює нулю. Якщо проріз в стіні перевищує 0,7 м, то його необхідно розглядати як горизонтальний евакуаційний шлях.

Отже, розбивши евакуаційний маршрут на ділянки з однорідним потоком людей, розрахунковий час загальної евакуації зацікавлених сторін проектів  $t_{\text{ев}}^{\text{заг}}$  із СВС в безпечну зону визначатимемо як

$$t_{\text{ев}}^{\text{заг}} = t_{\text{ев}}^{\text{с}} + t_{\text{пр}}, \quad (2.2)$$

де:  $t_{\text{ев}}^{\text{с}}$  – час евакуації зацікавлених сторін проектів із секторів на променаду;

$t_{\text{пр}}$  – час евакуації зацікавлених сторін проектів із променади в безпечну зону.

Розрахунок часу виходу зацікавлених сторін проектів із секторів СВС на променаду доцільно проводити за спрощеною аналітичною моделлю руху людського потоку, що наведена в «Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приложение к приказу МЧС России от 30.06.09 г. № 382). Враховуючи те, що евакуаційний маршрут розбитий на деякі елементарні ділянки, час  $t_{\text{ев}}^{\text{с}}$  виходу зацікавлених сторін проектів із секторів на променаду визначатиметься як

$$t_{\text{ев}}^{\text{с}} = \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \dots + \frac{l_n}{V_n} = \sum \left( \frac{l_i}{V_i} \right), \quad i=1, 2 \dots n \quad (2.3)$$

де:  $l_i$  – довжина  $i$ -ї ділянки евакуаційного шляху;

$V_i$  – значення швидкості руху зацікавлених сторін проектів на  $i$ -й ділянці евакуаційного шляху.

Зазначена вище методика розроблена російськими вченими на заміну ГОСТ 12.1.004-91 з метою вдосконалення опису руху потоків людей на об'єктах різного роду призначення, а використовувана нами аналітична модель передбачає врахування часу можливої затримки руху зацікавлених сторін  $t^{c.з.p.}$  і визначається як

$$t^{c.з.p.} = N_i \cdot f \left( \frac{1}{q_{npuD=0,9} \cdot \delta_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot \delta_i} \right) \quad (2.4)$$

де:  $N_i$  – кількість зацікавлених сторін на початковій ділянці шляху, ос.;

$f$  – площа горизонтальної проекції людини (згідно з «Зеленою Книгою» необхідно приймати  $0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$ );

$\delta_i$  – ширина  $i$ -ї ділянки евакуаційного шляху, м;

$q_i$  – інтенсивність руху потоків зацікавлених сторін проектів на  $i$ -й ділянці евакуаційного шляху, м/хв;

$D_i$  – щільність руху зацікавлених сторін проектів на  $i$ -й ділянці евакуаційного шляху, ос./ $\text{м}^2$ ;

Проаналізувавши видозмінений потік людей на променаді, та, визначивши його характеристики, було встановлено, що розрахунок часу евакуації зацікавлених сторін проектів БЕ СВС із променаді в безпечну зону доцільно проводити за допомогою використання моделі індивідуально-потокowego руху людини, що наведена в [128], як модифікована функція Ерланга

$$t_{np} = \frac{1}{t^2 \cdot S_V \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\frac{1}{t_{л.н.}} - \bar{V}_{np})^2}{2S_V^2}} \quad (2.5)$$

де:  $S_V$  – дисперсія випадкової величини, що визначається за формулою

$$S_V^2 = S_{V_0}^2 \left( 1 - \alpha_i \ln \frac{D_i}{D_0} \right)^2 \quad (2.6)$$



$t_{л.н.}$  – інтервал часу, що описує зміну розташування людини в потоці;

$\bar{V}_{np}$  – швидкість руху зацікавлених сторін проектів по променаді і визначається як

$$\bar{V}_{np} = \bar{V}_{0i}^E (1 - \alpha_i \ln \frac{D_i}{D_{0i}}) \quad (2.7)$$

$\bar{V}_{0i}^E$  – випадкова величина швидкості вільного руху, що залежить від виду шляху  $j$  та рівня емоційного стану  $E$  людини;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, який визначає ступінь впливу щільності потоку зацікавлених сторін при русі по  $i$ -й ділянці евакуаційного шляху;  $V_{0i}^E$

$D_{0i}$  – порогове значення щільності потоку зацікавлених сторін, при досягненні якого щільність перетворюється у фактор, який впливає на швидкість руху.

Значення  $\bar{V}_{0i}^E, \alpha_i, D_{0i}$  – загальновідомі дані, визначені внаслідок багатократних натуральних спостережень [128].

Отже, враховуючи вище зазначене, загальний час реалізації проектів БЕ СВС у безпечну зону буде визначатись як

$$t_{ев}^{заг} = \sum \left( \frac{l_i}{V_i} \right) + \frac{1}{t^2 \cdot S_V \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\frac{1}{t_{л.н.}} - \bar{V}_{np})^2}{2S_V^2}} \quad (2.8)$$

У випадку, коли на евакуаційному маршруті зацікавлених сторін проектів при виході із секторів на променаду із певних причин спостерігатиметься затримка руху, то загальний час реалізації проектів БЕ СВС визначатиметься згідно залежності

$$t_{ев}^{заг} = \sum \left( \frac{l_i}{V_i} + N_i \cdot f \left( \frac{1}{q_{npuD=0,9} \cdot \delta_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot \delta_i} \right) \right) + \frac{1}{t^2 \cdot S_V \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\frac{1}{t_{л.н.}} - \bar{V}_{np})^2}{2S_V^2}} \quad (2.9)$$

Провівши синтез математичних моделей, що описують рух потоків людей на об'єктах масового їх перебування при евакуації, розроблено граф-схему вдосконаленого методу розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС (рис. 2.3.1) в якому в ролі інформаційної бази використані деякі результати проведених

експериментальних досліджень у МНС Російської Федерації («Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» приложение к приказу МЧС России от 30.06.09 г. № 382).

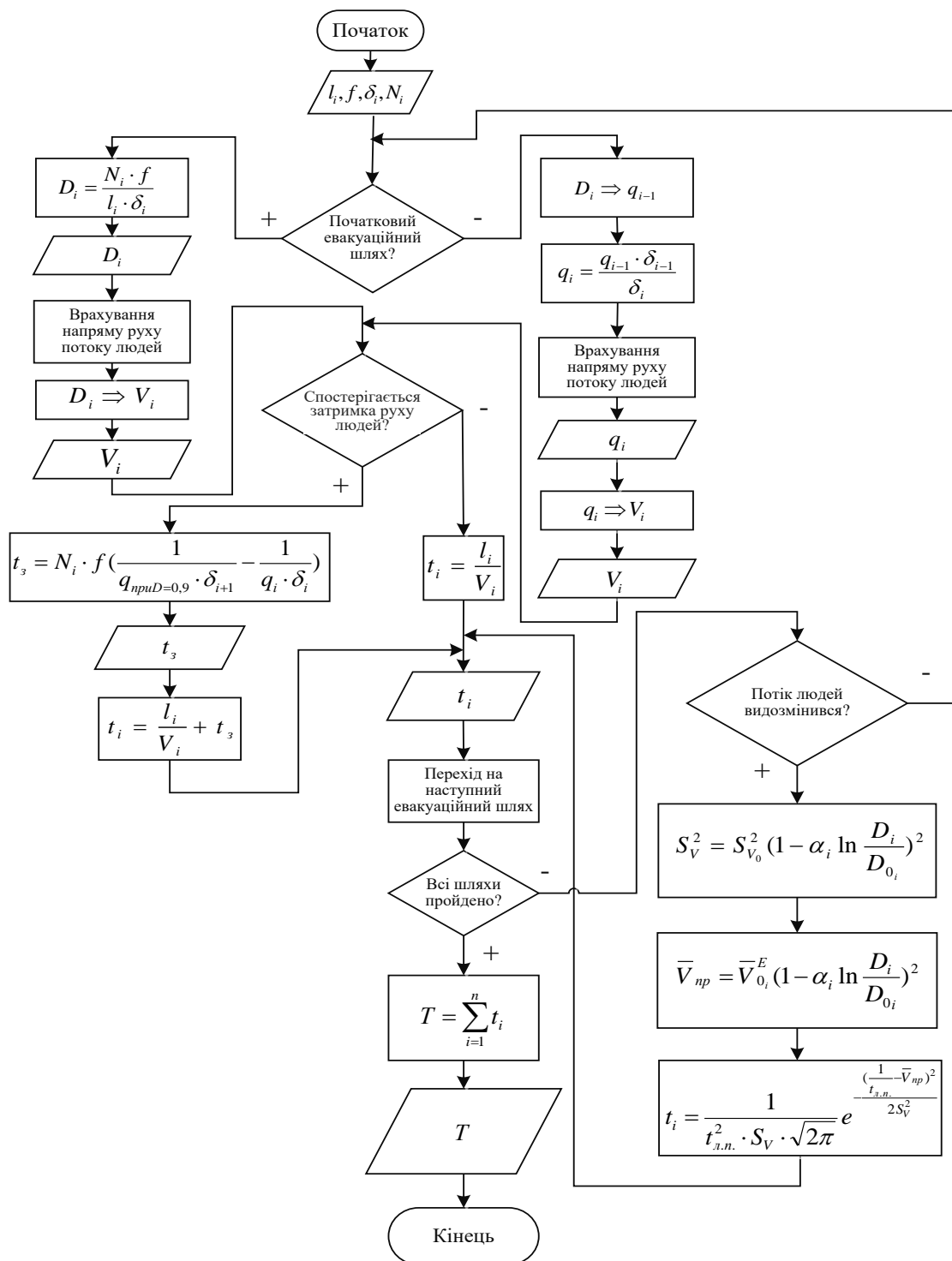


Рис. 2.3.1. Граф-схема алгоритму вдосконаленого методу проведення розрахунку часу евакуації зацікавлених сторін проектів із СВС

## **2.4. Причинно-наслідкові зв'язки в проектах забезпечення безпеки життєдіяльності людей на спортивно-видовищних спорудах**

Виконання проектних дій часто тягне за собою певні наслідки, які можуть мати як позитивний, так і негативний характер [54]. З метою мінімізації негативних наслідків, проекти БЖД на СВС повинні виконуватись в межах допустимих обмежень, які можуть бути обумовлені нормативно-правовою базою чи вимогами зацікавлених сторін проекту, котрі орієнтуються на кінцевий його продукт тощо. Відповідно, кожна виконавча дія в проекті повинна бути спланована та реалізована у відповідності до поставлених вимог, в іншому випадку в процесі реалізації проекту можуть виникнути непередбачувані обставини, які часто потребують залучення додаткових ресурсів.

Проекти БЕ СВС орієнтовані на створення умов для проведення своєчасної та безперешкодної евакуації людей із споруди в безпечну зону. Важливою умовою при реалізації проектів БЕ СВС є своєчасність їх виконання. Тому проекти БЕ СВС передбачають розробку евакуаційної системи, яка здатна забезпечити рух зацікавлених сторін проектів по споруді таким чином, щоб всі відвідувачі змогли вчасно покинути споруду протягом 8 хвилин. Для цього необхідно визначити взаємозв'язки між факторами, що впливають на успіх реалізації проектів БЕ СВС.

Враховуючи результати інформаційного налізу нормативних документів та досвід з будівництва та експлуатації СВС можна відзначити, що досить тісний взаємозв'язок існує між такими факторами:

- ширина евакуаційних шляхів;
- довжина евакуаційних шляхів;
- напрям руху потоку людей (вниз або вверх сходами, горизонтально);
- висота сходинки сходових маршів та кут нахилу сходів;
- кількість людей в потоці;
- площа горизонтальної проекції людини;

- захаращення евакуаційних шляхів;
- знаки навігації (знаки безпеки, які вказують напрям руху);
- якість роботи обслуговуючого персоналу.

Розглянемо вплив кожного фактора на реалізацію проектів БЕ СВС детальніше.

Значний вплив на рух людей по споруді здійснюють геометричні розміри евакуаційних проходів та виходів. Чим більша ширина проходів та виходів, тим більша кількість людей може пройти через евакуаційний вихід за одиницю часу. На пропускну здатність проходів та виходів із сектора впливає також горизонтальна площа проекції людини, яка може змінюватись у межах допустимих значень. Чим менша площа проекції людини, тим менше місця вона займає на евакуаційному маршруті і, відповідно, більша кількість людей здатна евакуюватись.

Зменшення ширини евакуаційного шляху із сектора СВС може призвести до зменшення швидкості руху потоків людей аж до їх затримки руху, а зменшення ширини дверних отворів чи евакуаційних люків – до зменшення пропускнуої їх здатності та виникнення скупчення людей на виході. У випадку, коли загальна кількість людей в секторі не здатна покинути споруду протягом регламентованого часу і немає можливості збільшити ширину евакуаційного шляху, то необхідно зменшити місткість людей в секторах, що евакуюються цим евакуаційним маршрутом до такого значення, за якого досягається своєчасність їх виходу із споруди.

Важливу роль в проектах БЕ СВС відіграє довжина евакуаційного маршруту. Чим вона більша, тим більше часу необхідно людині щоб пройти її. Тому необхідно планувати евакуаційну систему таким чином, щоб шлях до виходу людей у випадку НС був найкоротшим. При плануванні руху людей по споруді також необхідно враховувати напрям руху, який характеризується різною швидкістю. Залежність швидкості руху потоку людей від напрямку наведено в [74].

Як бачимо з [74] швидкість потоку зацікавлених сторін проектів зменшується при будь-якому напрямі руху із збільшенням значення його щільності. Меншого значення швидкості набуває рух зацікавлених сторін при їх русі вниз по сходах і найменше – при підйомі вгору. Інтенсивність при цьому має зворотній характер і має тенденцію до збільшення.

При русі людей вгору чи вниз використовуються сходові клітки, які повинні бути спроектовані на СВС відповідно до вимог. Оптимальні розміри сходових кліток сприятимуть швидкому руху потоків людей та мінімальній затраті часу на подолання частини евакуаційного маршруту.

Важливим аспектом при евакуації є система навігації на СВС, що представляє собою сукупність певних знаків безпеки, які надають загальнодоступну інформацію про евакуаційні маршрути для руху зацікавлених сторін проектів БЕ СВС у випадку НС. Також система навігації може вказувати на місця розташування засобів оповіщення про пожежу, засобів пожежогасіння тощо. Знаки навігації представляють собою умовні позначення у вигляді стрілки чи інших анімацій, які вказують на конкретну дію в місцях невизначеності та розташовуються в місці хорошої видимості. Надання такої інформації зацікавленим сторонам проектів дасть змогу пришвидшити реалізацію проектів БЕ СВС.

Ще однією важливою характеристикою, що впливає на швидкість процесу евакуації, є якість роботи стюардів. Численними дослідженнями [2, 7, 28, 38, 68, 74, 125] встановлено, що значна частина відвідувачів СВС котрі отримали повідомлення про небезпеку і необхідність вийти із споруди, спочатку спостерігають за поведінкою та діями інших людей, а особливу увагу звертають на обслуговуючий персонал, до якого відносяться стюарди. Тобто, можна сказати, що люди очікують підтвердження (достовірність) наданої інформації і вже тоді самостійно приймають рішення про доцільність проведення евакуації. Саме на початковому етапі, коли люди чекають подальших вказівок, повинна спостерігатись активна робота стюардів, яка має бути спрямована на швидку

евакуацію людей у безпечне місце. Тому при виявленні чи отриманні інформації про небезпеку, стюард повинен самостійно приймати рішення стосовно організації проведення евакуації людей.

Врахувати всі фактори впливу на процес евакуації та дії у випадку НС обслуговуючого персоналу в проектах БЕ СВС можливо при використанні системного підходу, що підвищить ефективність управління проектами спортивно-видовищного типу.

### **Висновки**

У другому розділі висвітлені теоретичні аспекти розв'язку задачі стосовно обґрунтування проектів БЕ СВС та отримано такі результати:

1) проведена класифікація СВС за параметрами безпеки та класифікаційними ознаками забезпечує швидкий автоматизований доступ до достовірної інформації в процесі управління проектами БЕ СВС, в результаті чого забезпечується раціональність в управлінні матеріальними, інформаційними, людськими, фінансовими ресурсами тощо та розв'язується задача мінімізації витрат, рентабельності та прогнозування стану споруди;

2) розроблено теоретичні засади, які базуються на основі топологічного аналізу та синтезу систем управління потоками людей, що є зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС. В основу інструментальних засобів щодо реалізації таких проектів покладено формалізацію методів і моделей, які інформують про стан їх поточної реалізації. Розроблено концептуальну модель управління проектами БЕ СВС, кінцевим результатом якої є збережене життя та здоров'я зацікавлених сторін проектів.

3) встановлено, що для проведення розрахунку часу евакуації зацікавлених сторін проектів БЕ СВС із секторів на променаду найбільш оптимальним є використання аналітичної моделі, що враховує топологію руху людського потоку, а з променади в безпечну зону – моделі індивідуально-

потокowego руху людини в складі потоку, яка показана у вигляді модифікованої функції Ерланга. У результаті синтезу математичних моделей розроблено граф-схему вдосконаленого методу розрахунку часу зацікавлених сторін проектів із СВС, що враховує топологію евакуаційних шляхів. Запропоновано метод обчислення часу реалізації проектів БЕ СВС, в якому в ролі інформаційної бази використані деякі результати проведених експериментальних досліджень у МНС Російської Федерації Федерації.

## РОЗДІЛ 3

# МЕТОД І ТОПОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОЕКТІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД

### 3.1. Характеристики успішної реалізації проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Успіх реалізації проектів в більшості випадків залежить від наявності в достатній кількості проектних ресурсів. Проте проекти в галузі забезпечення безпечної життєдіяльності мають особливий характер. Основною їх метою є збереження життя та здоров'я людей, для досягнення якої інколи вдаються до виконання радикальних проектних дій.

Як зазначалось раніше, проекти БЕ СВС представлені у вигляді реалізації технологічної лінії процесу евакуації зацікавлених сторін. Тому успіх реалізації проектів залежить від ступеня оптимізації ТЛПЕ. *Технологічна лінія процесу евакуації* – сукупність виконання технологічних операцій щодо розрахунку часу евакуації людей із окремих ділянок споруди, які здійснюються в певній послідовності. Вдосконалення роботи ТЛПЕ потребує проведення її аналізу з метою визначення основних критеріїв оптимізації [9, 24, 55]. Оскільки евакуація людей проходить у жорстких часових рамках, то основним критерієм оптимізації такої лінії буде загальний час евакуації людей із СВС у безпечну зону. Основною задачею процесу евакуації є якнайшвидше виведення людей із небезпечного місця, тому цей критерій повинен бути мінімальним. Аналогічним критерієм є час  $t_i$  виконання  $i$ -ої технологічної операції – евакуація людей із окремої ділянки СВС. Для того щоб визначити загальний час  $T$  роботи технологічної лінії не достатньо мати всю множину часів роботи окремих технологічних операцій, тому що евакуація людей із СВС проходить одночасно із усіх секторів та приміщень, тому потрібно проаналізувати топологію зв'язків блоків в яких виконуються



технологічні операції та вибрати ті, які взаємопов'язані між собою і утворюють послідовне з'єднання, описуючи процес виходу людей із секторів на вільну територію за межі споруди. Мінімізація часу виконання операцій в блоках ТЛПЕ можна представити як залежність

$$\{t_i\}_{\forall i(i=1..n-1..n)} \xrightarrow{\Pi} \{T\} \rightarrow \min \quad (3.1)$$

де  $\Pi$  – оператор вибору технологічної операції, що враховує топологію зв'язків між ними.

Часто, а особливо це характерно для споруд з масовим перебуванням людей до яких належать СВС, виникає затримка виконання технологічних операцій  $t_3$ . Тому рух людей по СВС повинен бути спланований так, щоб уникнути затримки потоків людей на евакуаційних шляхах або максимально її мінімізувати в часі. Тому, певною мірою, критерій  $t_3$  є похідним від  $t_i$ . Отже час простою  $T_3$  всієї технологічної лінії, який також необхідно мінімізувати, в загальному вигляді можна виразити як

$$\{t_3\}_{\forall i(i=1..n-1..n)} \xrightarrow{\Pi} \{T_3\} \rightarrow \min \quad (3.2)$$

Ще одним важливим критерієм оптимізації технологічної лінії є кількість людей, що беруть участь в процесі евакуації. Зменшення часу евакуації для існуючої споруди можна досягти в результаті скорочення глядацьких місць на трибунах СВС. У такому випадку кількість зацікавлених сторін проектів  $N_i$ , на окремій евакуаційній ділянці формуватимуть потік меншої щільності, що забезпечить вищу швидкість руху та, в кінцевому результаті, зменшить час реалізації проектів БЕ СВС. Загальна кількість людей, які беруть участь в евакуаційному процесі становить

$$N_{заг} = \sum N_i \rightarrow \min \quad (3.3)$$

Оскільки в процесі оптимізації проектів БЕ СВС потрібно враховувати усі три критерії, то отримаємо залежність

$$\{t_i, t_z, N_i\}_{\forall i(i=1..n-1..n)} \xrightarrow{\Pi} \{T, T_z, N_{заг}\} \rightarrow \min \quad (3.4)$$

Враховуючи взаємозв'язок між критеріями оптимізації, надалі до уваги братимемо найважливіший для нашого технологічного процесу – час евакуації.

### 3.2. Методи оптимізації проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Для забезпечення успішності виконання проектів БЕ СВС, що представлені в роботі у вигляді ТЛПЕ, яка має різний час виконання окремих технологічних операцій, застосовують оптимізаційні підходи у вигляді прийомів (методів).

*Прийоми (методи) оптимізації* – це такий вид діяльності, який забезпечує розвантаження того чи іншого блока схеми технологічної лінії процесу евакуації та вирівнювання часової його структури до найменшого значення.

У нашому випадку в ТЛПЕ потрібно зменшити час її виконання. Для цього доцільно застосувати метод дублювання та конвеєризації технологічної лінії процесу евакуації.

*Метод дублювання* – це залучення рівнозначних виконавчих механізмів кожний з яких має різну цінність, вартість та продуктивність, проте всі вони можуть працювати в збалансованому режимі із врахуванням часу на розподіл вхідної і вихідної інформації, а також роботи кожного виконавчого механізму. Метод дублювання технологічної лінії застосовується тоді коли є можливість здійснити розподіл вхідної та вихідної інформації в проектах БЕ СВС, а сам етап розбивається на різнозначні за часом, але однакові за функціональними особливостями складові. Прикладом такої ситуації в проектах БЕ СВС є розподілення кількості людей на евакуаційні маршрути та виходи.

*Конверсіяція* – це метод, який передбачає розкладання окремої технологічної операції на підоперації, які забезпечують мінімальний час їх виконання.

Розглянемо для прикладу найпростішу блок-схему технологічної лінії, яка передбачає виконання трьох технологічних операцій на етапах A1, A2, A3 (див. рис. 3.2.1). При цьому на виконання кожної з операцій затрачається деякий час  $t_i$ , який візьмемо в довільному значенні для кожної операції.

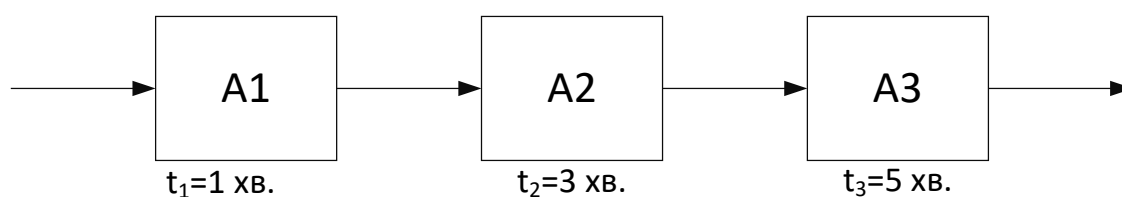


Рис. 3.2.1. Логічна схема найпростішої технологічної лінії  
реалізації проекту БЕ СВС

Нехай вхідна інформація блока A2 піддається розподілу, а вихідна – об'єднанню. Крім цього в блоці виконується робота, яка потребує швидкого перерозподілу сил та невисокої кваліфікації поставлених задач. Тоді блок A2 набирає вигляду:

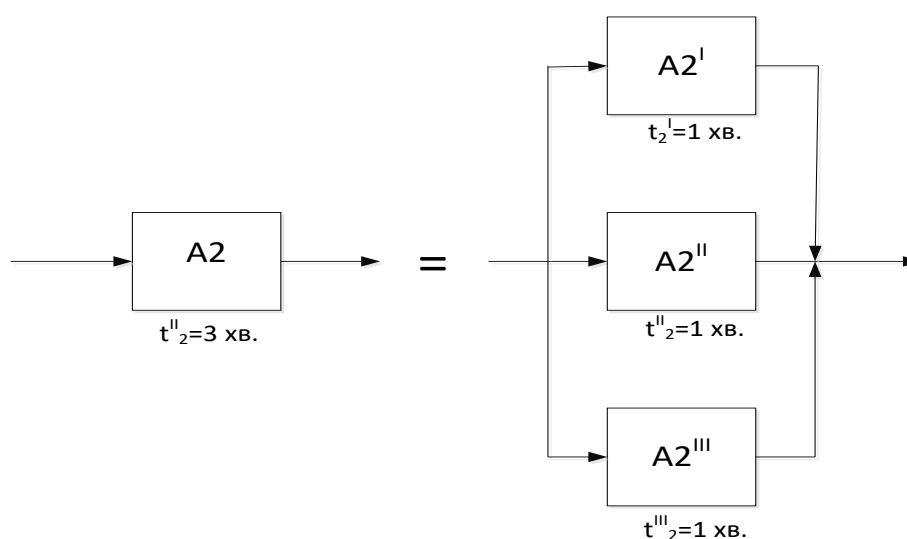


Рис. 3.2.2. Структурна модель використання методу дублювання  
в проектах БЕ СВС

У блоці А3 вхідна інформація має специфічний характер і не піддається розподілу, тоді блок А3 після застосування методу конвеєризації набирає вигляду:

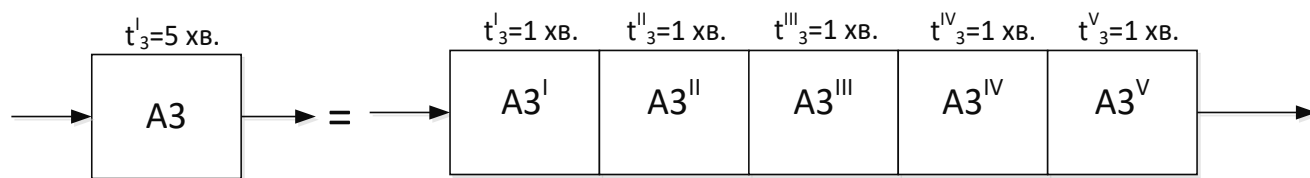


Рис. 3.2.3. Структурна модель використання методу конвеєризації в проектах БЕ СВС

Таким чином після виконання прийомів оптимізації технологічна лінія, зображена на рис. 3.2.1, набуде вигляду

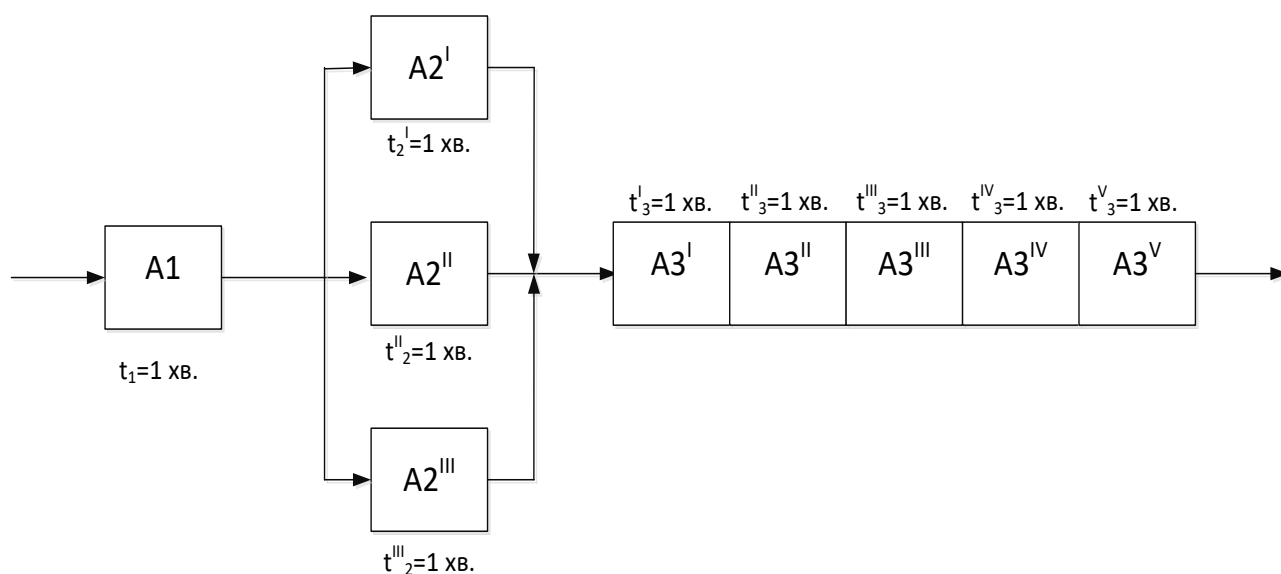


Рис. 3.2.4. Топологічна модель найпростішої технологічної лінії реалізації проектів БЕ СВС

Необхідно зазначити, оскільки на розподіл вхідної та об'єднання вихідної інформації, також затрачається деякий час і такі процеси виконують деяку роботу, то їх також можна вважати окремими технологічними операціями. Тому у

випадку коли робота у блоці А2 є складною, та потребує високої кваліфікації виконавчих механізмів чи їх багатофункціональності, для забезпечення мінімізації процесу роботи виконується процедура дублювання, яка має вигляд

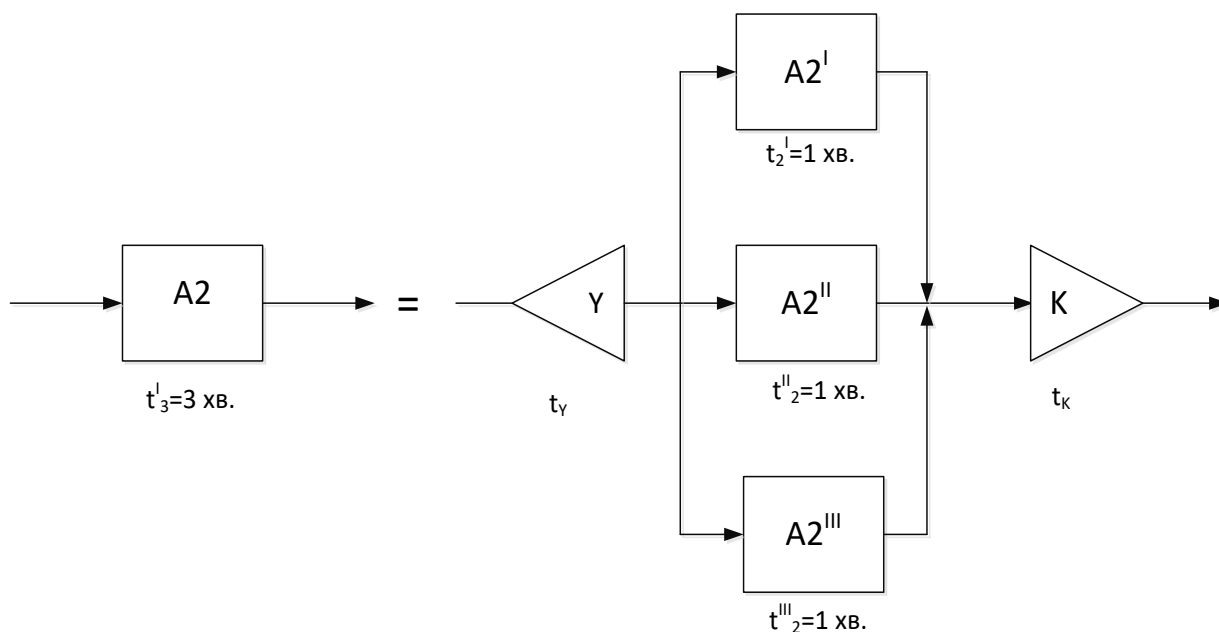


Рис. 3.2.5. Схема застосування прийому дублювання в ТЛПЕ із врахуванням використання багтофункціонального механізму

У цій схемі  $Y$  та  $K$  ( $t_\gamma$ ,  $t_\kappa$ ) – це час, який затрачається на розподіл вхідної та об'єднання вихідної інформації. У процесі евакуації людей це є час, який затрачається на переформування людських потоків. Такий процес на СВС спостерігається в секторі при виході на променаді. Проте в цьому випадку не відбувається затримка їх руху, оскільки переформування потоків проходить в процесі їх руху по променаді, тому цим значенням можна знехтувати.

Блоки А2 – це такі блоки, які відповідають виконанню механізмів, що містять в собі багатофункціональні характеристики, можуть мати різну цінність, вартість, продуктивність але здатні забезпечити часову складність виконання завдання. У такому випадку схема, що зображена на рис. 3.2.1, набуде вигляду

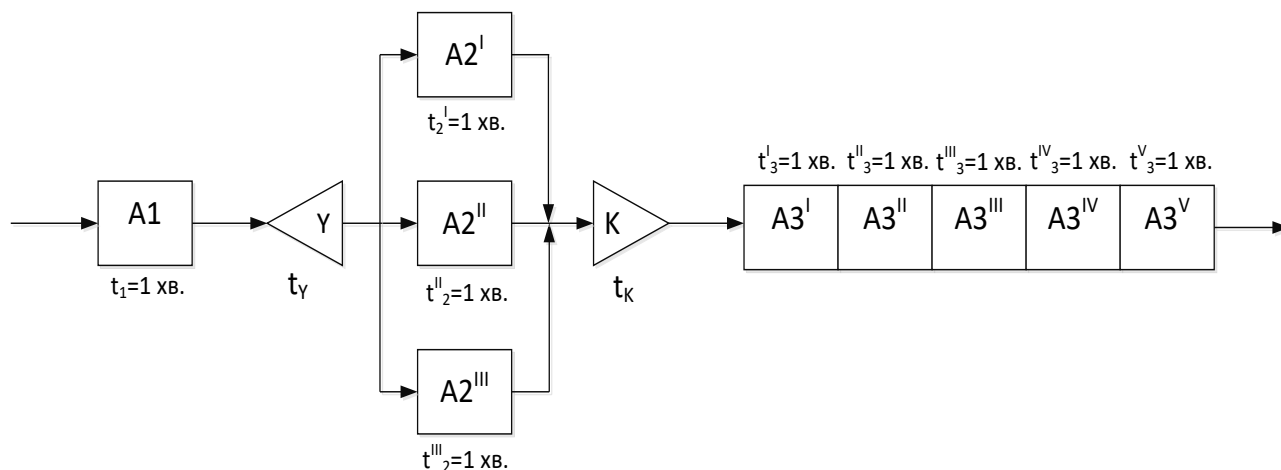


Рис. 3.2.6. Модель оптимізованої технологічної лінії реалізації проектів БЕ СВС

При евакуації людей із СВС здійснюється управління потоками зацікавлених сторін, які необхідно спрямувати чи розподілити на евакуаційні виходи у відповідності до їх пропускної здатності. Тому при виході людей із секторів на променаду, коли відбувається злиття людських потоків в один, виникає необхідність їх рівномірного розподілення у відповідності до пропускної здатності сходових маршів, що ведуть у безпечну зону. Такий розподіл потоків зацікавлених сторін проектів забезпечить зменшення часу реалізації проектів БЕ СВС.

### 3.3. Аналіз топологічних схем маршрутизації та моделювання руху зацікавлених сторін проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

*Означення 3.1.* Блок технологічної лінії реалізації проектів БЕ СВС – це деякий неподільний з точки зору загального функціонування системи елемент, який відображає процес евакуації зацікавлених сторін проектів на окремій ділянці СВС і використовується в якості елементарної складової евакуаційної системи, що забезпечує виконання однієї технологічної операції.

**Означення 3.2. Послідовна топологічна модель-схема технологічної лінії реалізації проектів БЕ СВС** – це сукупність блоків, які характеризують процес евакуації зацікавлених сторін проектів із споруди в безпечну зону, причому кожний з них у процесі свого функціонування використовує результати роботи попереднього блока.

**Означення 3.3. Паралельна топологічна модель-схема технологічної лінії реалізації проектів БЕ СВС** – це схема технологічної лінії, в якій кожен її блок характеризує процес евакуації зацікавлених сторін проектів на певній ділянці споруди та працює незалежно один від одного.

**Означення 3.4. Деревоподібна топологічна модель-схема технологічної лінії реалізації проектів БЕ СВС** – це така схема, в якій може бути два і більше блоки, які відображають процес евакуації зацікавлених сторін проектів на початковій стадії, входи яких є входами технологічної лінії, та декілька блоків, виходи яких є виходами технологічної лінії, причому з кожного входу технологічної лінії до кожного з її виходів може існувати декілька альтернативних шляхів з'єднань блоків.

Процес евакуації із СВС є досить складний і його можна розглядати як гнучку технологічну лінію, що піддається розподілу на окремі етапи, які можна відобразити як окремі блоки. Кожен блок технологічної лінії процесу евакуації ми позначимо як  $Z_i$  та  $H_i$ , які характеризуються множиною вхідних  $X = \{x_1, \dots, x_k\}$  та вихідних  $Y = \{y_1, \dots, y_k\}$  параметрів (інгредієнтів), оператором  $F = \{f_1, \dots, f_k\}$ , що зв'язує ці дані  $Y=F(X)$  та часом виконання операції  $t_i$ .

Множину  $X$  вхідних інгредієнтів, які включає блок технологічної лінії процесу евакуації (див. рис. 3.3.1) можна поділити на дві підмножини:  $X_1$  та  $X_2$ . Підмножина  $X_1$  включає в себе відомі вихідні дані такі як: ширина  $\sigma_i$ , довжина  $l_i$  евакуаційного шляху, площа горизонтальної проекції людини  $f_i$ , кількість людей в потоці  $N_i$ , напрям руху (верх, вниз, по горизонталі) та кількість поворотів потоків

зацікавлених сторін проектів тощо. До множини  $X_2$  віднесемо дані, які визначаються на окремому етапі виходячи із початкових даних підмножини  $X_1$ : щільність, інтенсивність та швидкість руху зацікавлених сторін, час евакуації попереднього евакуаційного шляху тощо.

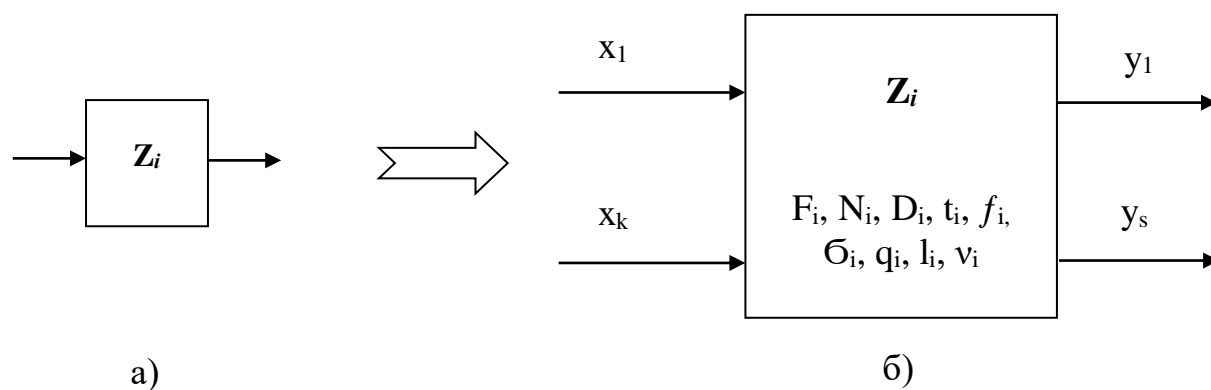


Рис. 3.3.1. Візуальне представлення блока технологічної лінії:

а) загальний вигляд блока технологічної лінії; б) блок ТЛПЕ із врахуванням параметрів впливу

У дійсності ТЛПЕ зацікавлених сторін проектів із спортивно-видовищних споруд має дуже велике число блоків і відповідно ще більше число інтегрованих зв'язків, яких між двома блоками може бути декілька. *Інтегрованим* називається такий зв'язок між двома блоками, який містить один і більше з'єднань вихідних інградієнтів одного блока з вхідними інградієнтами іншого блока. Тобто, інтегровані зв'язки фіксують наявність хоч би одного з'єднання між двома блоками технологічної лінії.

Розглянемо процес евакуації людей більш детально на прикладі СВС «Арена Львів» із секторів нижнього та верхнього ярусів, щоб в подальшому створити адекватні топологічні моделі управління зацікавленими сторонами проектів безпечної експлуатації стадіону. До уваги візьмемо сектори з найбільшою місткістю глядачів, оскільки, виходячи з логічних міркувань, евакуація з них проходитиме найдовше.



Час евакуації із СВС – це інтервал часу від моменту оголошення про необхідність проведення евакуації до виходу із споруди останньої людини. Зазвичай останніми виходять із споруди люди, які знаходились на момент оповіщення про необхідність евакуації у найбільш віддаленому від виходу місці. На трибунах стадіону «Арена Львів» це є глядацькі місця:

- у секторі верхнього ярусу – останнє глядацьке місце останнього ряду, яке знаходиться у верхній його частині;
- у секторі нижнього ярусу – перше або останнє глядацьке місце першого ряду, що розташовані в нижній його частині, найближче до ігрового поля.

Враховуючи об'ємно-планувальні рішення, визначено можливі маршрути руху людей із найвіддаленіших глядацьких місць найбільш навантажених секторів у випадку виникнення НС, що представлені на рис. 3.3.2. та 3.3.3.

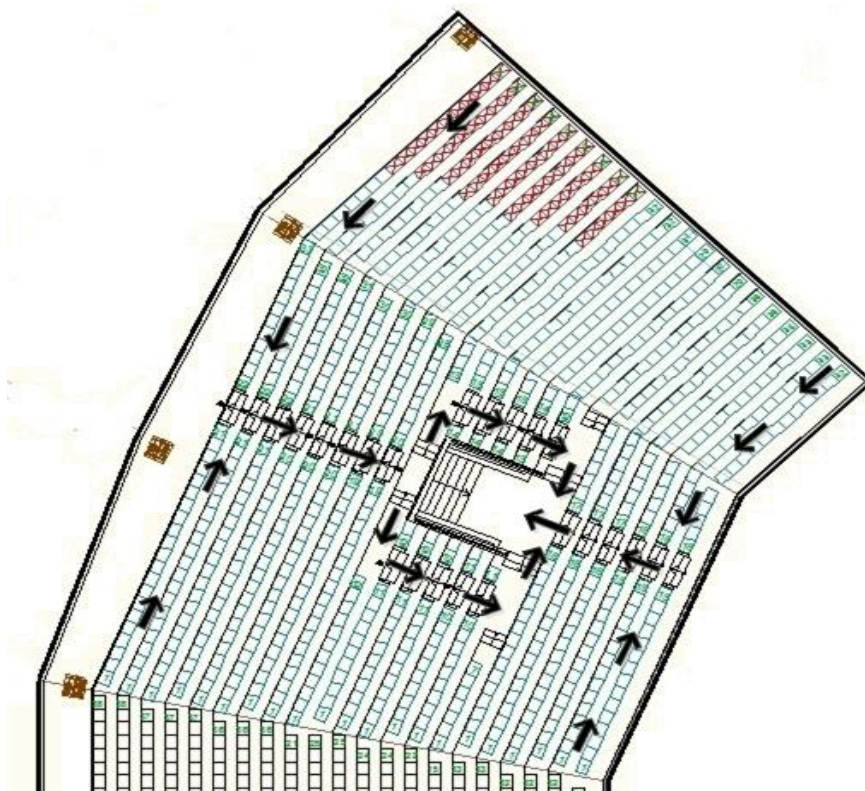


Рис. 3.3.2. План-схема виходу із найбільш заповненого людьми сектора СВС верхнього ярусу в безпечну зону,

де:  $\longrightarrow$  – напрям руху людей у секторі СВС при евакуації в безпечну зону

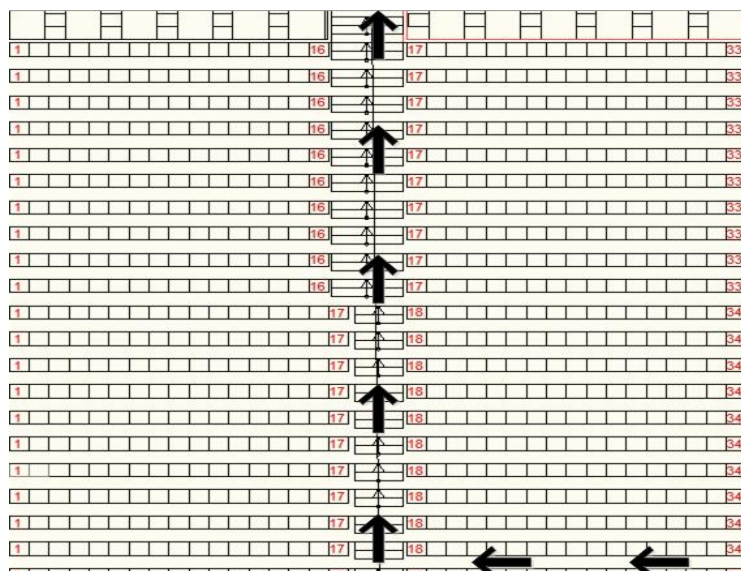


Рис. 3.3.3. План-схема виходу із найбільш заповненого людьми сектора СВС нижнього ярусу в безпечну зону

Наведені вище план-схеми відображають евакуаційні маршрути руху зацікавлених сторін проектів БЕ СВС із сектора на променаді. У деяких випадках саме місце на променаді може вважатися безпечною зоною для людини у випадку пожежі чи НС. Проте в більшості випадків, вільний простір на променаді часто використовують під будівництво торговельних кіосків, які своєю чергою створюють значне пожежне навантаження. Внаслідок цього перебування на променаді вважається небезпечним у НС та постає необхідність проводити евакуацію зацікавлених сторін проектів за межі СВС на вільну територію.

Використовуючи імовірнісний метод та оптимізаційний синтез гнучких технологічних ліній, евакуацію зацікавлених сторін проектів БЕ СВС в безпечну зону представимо як топологічні моделі управління потоками зацікавлених сторін проектів. Загальний вигляд вербально-топологічної моделі процесу евакуації людей із секторів СВС в безпечну зону наведений на рис. 3.3.4.

Зображена на рисунку 3.3.4. вербально-топологічна модель-схема реалізації проекту БЕ СВС утворюється в результаті об'єднання послідовної та паралельної схем технологічних ліній процесу евакуації людей із СВС, оскільки такий процес проходить одночасно і незалежно один від одного із усіх секторів та приміщень

споруди. Тому блоки, які описують рух зацікавлених сторін проектів у ТЛПЕ утворюють деревоподібну топологічну модель.

Топологічні моделі евакуації зацікавлених сторін із найбільш навантажених секторів нижнього та верхнього ярусів СВС «Арена Львів» у безпечну зону, представлені на рис. 3.3.5. та 3.3.6.

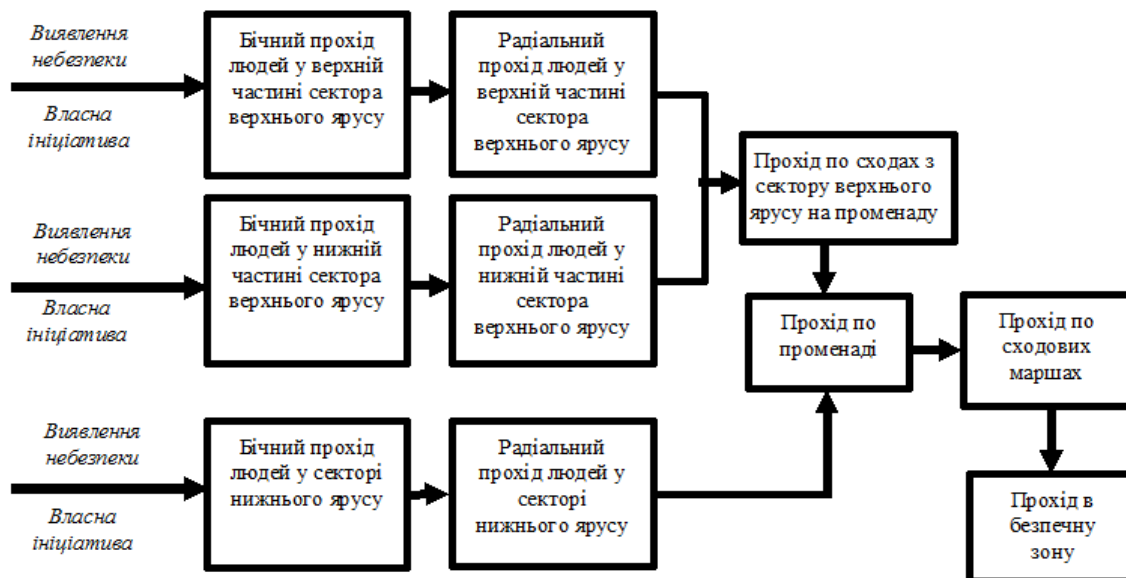


Рис. 3.3.4. «Деревоподібна» вербально-топологічна модель-схема реалізації проекту БЕ СВС

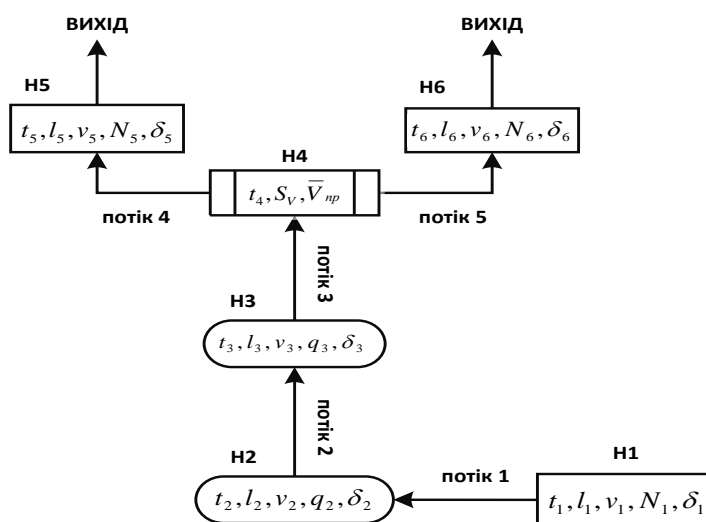


Рис. 3.3.5. Топологічна модель управління зацікавленими сторонами проектів із найбільш заповненого сектора нижнього ярусу СВС у безпечну зону  
 $N_1$  – кількість користувачів проектів, які знаходяться у блоці N1, ос.;  
 N1, ..., N6 – блоки топологічної схеми технологічної лінії евакуації зацікавлених сторін проектів із нижнього сектора стадіону в безпечну зону

У топологічній моделі (див рис. 3.3.6) найвіддаленіші глядацькі місця знаходяться у верхній частині сектора, які відображають блоки Z1, Z2, нижній частині – Z11, Z14, блок Z16 – рух людей по променаді, відповідно Z17 та Z18 – рух по сходових маршах на вільну територію.

Розроблені топологічні моделі дали можливість провести топологічний аналіз з урахуванням нормативно-правової бази та виявити найбільш навантажені ділянки (критичні шляхи) «вузькі» місця та буферні зони, які потрібно враховувати при управлінні проектом розподілу людських потоків для забезпечення своєчасної евакуації із СВС у безпечну зону і які детальніше розглянуті в наступному пункті.

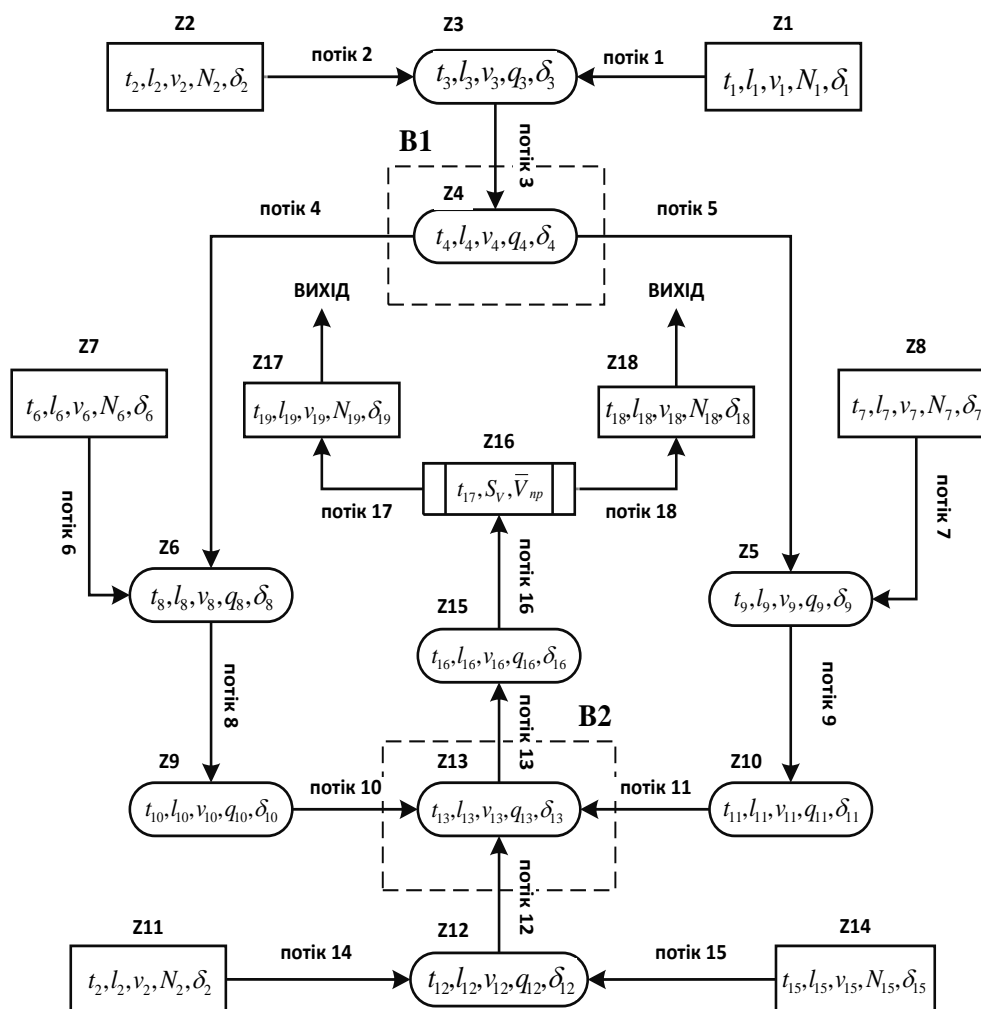


Рис. 3.3.6. Топологічна модель управління зацікавленими сторонами проектів із найбільш заповненого сектора верхнього ярусу СВС у безпечну зону: Z1, ..., Z18 – блоки топологічно-технологічної схеми евакуації людей із верхнього ярусу в безпечну зону;

$t_1$  – тривалість руху людського потоку на першій (початковій) ділянці, хв.;

$B_1$  – критична зона розгалуження людського потоку при евакуації;

$B_2$  – критична зона об'єднання людського потоку при евакуації. Зони  $B_1$  і  $B_2$  потребують особливої уваги при евакуації людей.

### **3.4. Алгоритм оптимізації часу в проектах безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд**

Оптимізація проектів БЕ СВС має деякі особливості і проводиться на основі розроблених в роботі топологічних моделей управління зацікавленими сторонами проектів, які можна також розглядати як граф технологічної лінії процесу евакуації людей із споруди. Оптимізація технологічної лінії передбачає перетворення топологічних моделей в ярусно-паралельну форму (ЯРП) та визначення: всіх критичних шляхів; всіх мінімальних шляхів; час  $T_{кр}$  проходження критичних шляхів; час  $T_{екст.}$  проходження екстремального шляху [22, 23, 25, 26, 34, 37, 49, 51, 53, 69, 86, 89, 93, 95, 99].

**Означення 3.5. Мінімальний шлях роботи технологічної лінії процесу евакуації** – це підмножина  $M$  блоків технологічної лінії, що утворює послідовне з'єднання і має мінімальний сумарний час їх роботи  $T_m$

**Означення 3.6. Екстремальний шлях роботи технологічної лінії процесу евакуації** – це такий шлях серед множини мінімальних шляхів, у якого найменший час виконання операцій одного з блоків  $t_i$ , встановлюється для всіх інших блоків цього шляху і при цьому загальний час роботи цього шляху визначається як  $T_{екст.} = m \cdot t$ , де  $m$  – число блоків екстремального шляху є найменшим.

**Означення 3.7. Критичний шлях технологічної лінії процесу евакуації** – це підмножина  $S \subseteq \{Z_1, Z_2 \dots Z_n\}$  блоків технологічної лінії, в якій ці блоки утворюють послідовне з'єднання з максимальним сумарним часом  $T_{кр}$  реалізації технологічних операцій

$$T_{кр} = \sum_{\forall i (Z_i \in S)} t_i \rightarrow \min \quad (3.5)$$

**Означення 3.8.** «Вузьке» місце критичного шляху технологічної лінії процесу евакуації – сукупність блоків технологічної лінії процесу евакуації людей, час роботи яких потребує зменшення.

З наведених означень випливає що, знаючи час проходження мінімального шляху ТЛПЕ, можна встановити придатність евакуаційної системи для проведення своєчасної евакуації людей із споруди. Оптимізацію такої технологічної лінії проводити доцільно у випадку коли значення часу  $T_m$  мінімального шляху є більшим за нормативне значення  $T_n$ . В іншому випадку, виконання таких проектних дій економічно не обґрунтоване, оскільки в результаті оптимізації зміниться вся евакуаційна системи, що приведе до подорожчання реалізації проектів БЕ СВС. Дещо схожа ситуація спостерігається і у випадку коли нормований час евакуації є меншим за екстремальний час  $T_{екст}$ . В такому випадку також не доцільно проводити оптимізацію технологічної лінії, а рекомендовано, при можливості, збільшити швидкість руху людських потоків.

Якщо збільшити швидкість неможливо, тоді оптимізація технологічної лінії здійснюється таким чином. Спочатку проводиться пошук критичних шляхів, а після цього порівнюються значення нормованого  $T_n$  та критичного  $T_{кр}$  часів. Якщо ж значення нормованого часу є більшим від критичного, то це означає, що дана технологічна лінія забезпечить своєчасну евакуацію людей без подальшої її оптимізації, в протилежному випадку – технологічну лінію необхідно оптимізувати.

Суть пошуку критичних шляхів зводиться до визначення підмножини блоків час виконання технологічних операцій в яких є найбільшим серед інших підмножин блоків технологічної лінії. Аналізуючи роботу ТЛПЕ зацікавлених сторін проектів із найбільш навантажених секторів верхнього та нижнього ярусу СВС такими підмножинами блоків є

- для сектора верхнього ярусу:

$$\begin{aligned}
S_1 &\rightarrow \{Z1, Z3, Z4, Z5, Z10, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_2 &\rightarrow \{Z1, Z3, Z4, Z5, Z10, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_3 &\rightarrow \{Z1, Z3, Z4, Z6, Z9, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_4 &\rightarrow \{Z1, Z3, Z4, Z6, Z9, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_5 &\rightarrow \{Z2, Z3, Z4, Z5, Z10, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_6 &\rightarrow \{Z2, Z3, Z4, Z5, Z10, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_7 &\rightarrow \{Z2, Z3, Z4, Z6, Z9, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_8 &\rightarrow \{Z2, Z3, Z4, Z6, Z9, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_9 &\rightarrow \{Z7, Z6, Z9, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_{10} &\rightarrow \{Z7, Z6, Z9, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_{11} &\rightarrow \{Z8, Z5, Z10, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_{12} &\rightarrow \{Z8, Z5, Z10, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_{13} &\rightarrow \{Z14, Z12, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_{14} &\rightarrow \{Z14, Z12, Z13, Z15, Z16, Z18\} \\
S_{15} &\rightarrow \{Z11, Z12, Z13, Z15, Z16, Z17\} \\
S_{16} &\rightarrow \{Z11, Z12, Z13, Z15, Z16, Z18\}
\end{aligned}
\tag{3.6}$$

- для сектора нижнього ярусу:

$$\begin{aligned}
S_{17} &\rightarrow \{H1, H2, H3, H4, H5\} \\
S_{18} &\rightarrow \{H1, H2, H3, H4, H6\}
\end{aligned}
\tag{3.7}$$

Зазначені вище підмножини блоків технологічної лінії, надалі використано при розробці авторським колективом програмного продукту, який дає змогу проводити автоматичне обчислення часу виконання технологічних операцій в кожному блоці ТЛПЕ, визначити критичні шляхи евакуаційних маршрутів та провести оптимізацію проектів БЕ СВС.

Сам процес оптимізації роботи технологічної лінії проекту БЕ СВС здійснюється у такому порядку. Спочатку визначаються спільні блоки попередньо

визначених критичних шляхів. Далі визначається значення сумарного часу  $T_c$  роботи спільних блоків, яке порівнюють із різницею значень критичного та нормованого часів  $T_{кр}-T_n$ . Саме ця різниця визначає рівень неспроможності не оптимізованої технологічної лінії забезпечити своєчасну евакуацію і, в процесі оптимізації, повинна бути зведена до нуля. Якщо  $T_c > T_{кр}-T_n$ , це свідчить про те, що сукупність спільних блоків критичного шляху ТЛПЕ є більш трудомісткою за всі інші блоки, тому пошук «вузьких» місць доцільно проводити саме серед них. В іншому випадку «вузькі» місця необхідно шукати серед неспільних блоків критичних шляхів.

У ТЛПЕ зацікавлених сторін проектів «вузьким» місцем критичного шляху є блоки із найбільшим часом виконання операції, саме до них потрібно застосовувати прийоми дублювання або конвеєризації з метою оптимізації технологічної лінії. Складність розв'язку задачі визначення «вузького» місця буде залежати від кількості критичних зв'язків та наявності у них спільних блоків. У деревоподібних технологічних лініях вибір «вузького» місця проводиться окремо для кожної послідовної ланки.

Після застосування прийомів дублювання чи конвеєризації у «вузьких» місцях, процес оптимізації схеми повторюється з пошуку нових критичних шляхів до тих пір, поки значення часу критичного шляху не стане меншим за значення нормованого часу евакуації. Враховуючи вище зазначене, на рис. 3.4.1 наведено граф-схему алгоритму оптимізації часу реалізації проектів БЕ СВС.

Для проведення дублювання чи конвеєризації технологічних операцій потрібно попередньо визначити коефіцієнт  $k$ , значення якого задає число однакових блоків, що утворюють паралельну чи послідовну ланку для даної технологічної операції після вказаних перетворень.



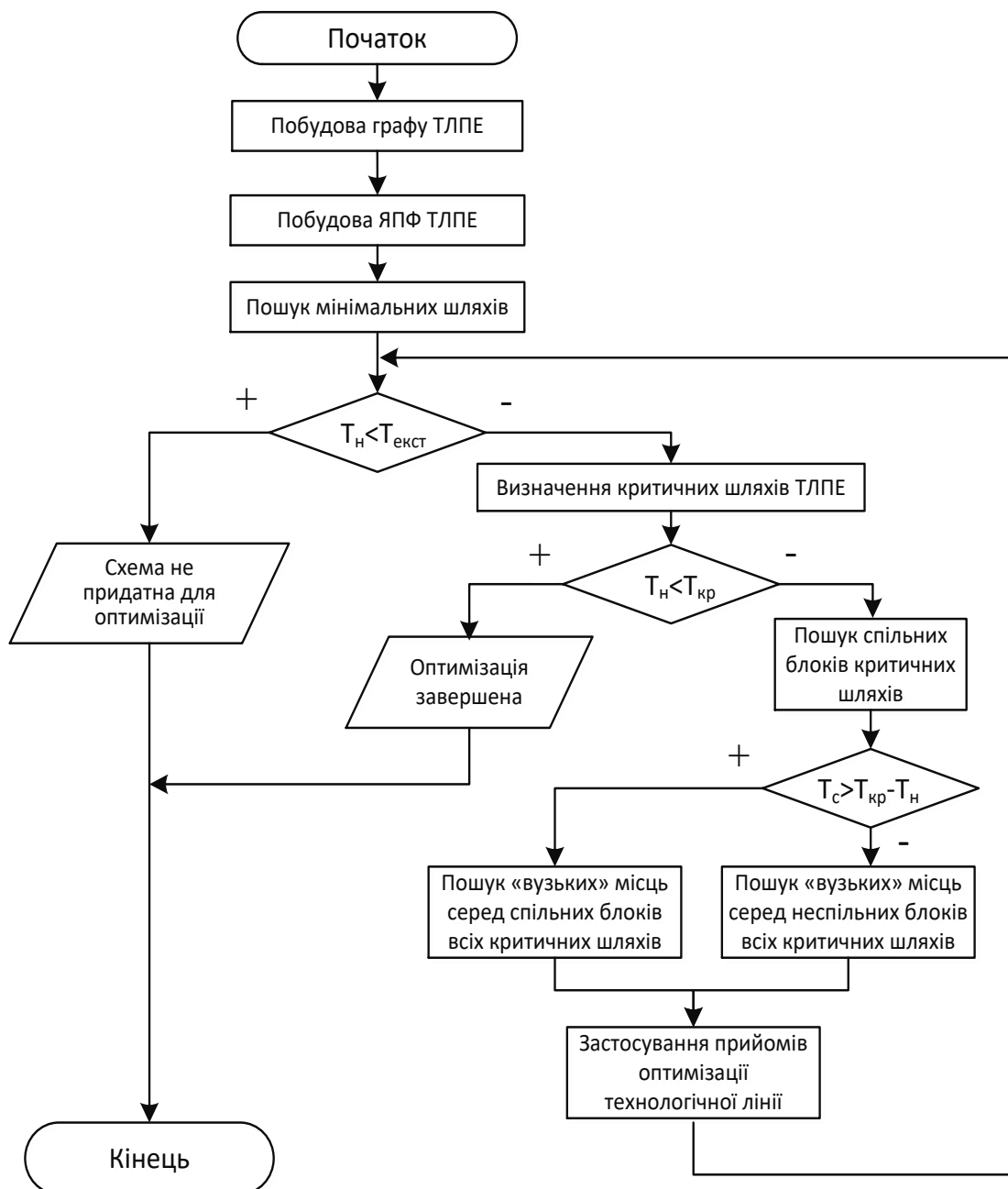


Рис. 3.4.1. Блок-схема алгоритму оптимізації ТЛПЕ

Час критичного шляху після застосування прийомів  $T'_{кр}$  над блоком, що є «вузьким» місцем з часом виконання операції  $t_{\sigma}$ , визначається як

$$T'_{кр} = T_{кр} - t_{\sigma} + \frac{t_{\sigma}}{k} \quad (3.8)$$

Звідси знайдемо коефіцієнт  $k$

$$k = \left\lceil \frac{1}{\frac{T'_{кр} - T_{кр}}{t_в} + 1} \right\rceil, \quad (3.9)$$

де:  $\lceil \cdot \rceil$  – операція заокруглення частки до найбільш цілого числа.

Оскільки коефіцієнт  $k$  може бути тільки додатнім числом, більшим одиниці, а результат значення часу виконання технологічних операцій після перетворень не має бути меншим за одиницю, тобто  $\frac{t_в}{k} \geq 1$ , то граничне значення  $T'_{кр\min}$  визначається як

$$T'_{кр\min} = T_{кр} - t_в + 1 \quad (3.10)$$

Легко зауважити, що якщо  $T_H < T'_{кр}$ , то час критичного шляху  $T_{кр}$  можна зменшити до заданого часу  $T_H$  евакуації зацікавлених сторін проектів лише завдяки використанню методів дублювання та конвеєризації блоку вузького місця [89, 94], причому коефіцієнт  $k$  визначиться безпосередньо із формули (3.9), в якій замість  $T'_{кр}$  підставляється значення  $T_H$ .

В іншому випадку, після застосування прийому дублювання чи конвеєризації «вузького» місця потрібно буде проводити ці дії над іншими блоками схеми критичного шляху. Мінімальне значення коефіцієнта  $k$  рівне 2, а максимальне часу  $t_в$ . Оскільки з формули (3.9) значення коефіцієнта  $k$ , в даному випадку не можна визначити, то знайдемо  $T'_{кр} - T_{кр}$  виходячи з рівняння (3.8)

$$T'_{кр} - T_{кр} = t_в \left( \frac{1-k}{k} \right) \quad (3.11)$$

З формули (3.11) помітно, що величина зменшення критичного часу залежить не тільки від часу  $t_в$ , але й від величини  $k$ , причому за експоненціальними законами [94] (див. табл. 3.4.1).

Таблиця 3.4.1

Зміна величини часу критичного шляху в залежності від кількості блоків у прийомі оптимізації технологічної лінії

<b>К</b>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T'_{кр} - T_{кр}$	-0,5	-0,6(6)	-0,75	-0,8	-0,83(3)	-0,857	-0,875	-0,888	-0,9

Із табличних даних можна зробити висновок, що у випадку, коли виникає потреба проведення застосування методів оптимізації не тільки одного «вузького» місця, то вибирати значення коефіцієнту  $k$  більше 4 чи 5 не доцільно.

Після використання прийомів оптимізації технологічної лінії знову підраховується значення часу критичного шляху. Процес оптимізації проводиться до тих пір, доки значення часу проходження критичного шляху не буде меншим 8 хвилин.

### Висновки

У третьому розділі роботи проаналізовано ключові фактори, які впливають на успіх реалізації проектів БЕ СВС, в результаті чого було встановлено, що оптимізацію проектів спортивно-видовищного типу необхідно здійснювати за часовим критерієм.

Розглянуто методологічні засади щодо управління проектами БЕ СВС на основі використання методу критичного шляху, де оптимізаційний синтез евакуаційного маршруту зацікавлених сторін представлено як топологічну схему технологічної лінії, а сам евакуаційний шлях розбито на окремі частини.

За допомогою імовірнісного методу та оптимізаційного синтезу гнучких технологічних ліній розроблено топологічні моделі управління зацікавленими сторонами та часом у проектах БЕ СВС на прикладі стадіону «Арена Львів».

Використовуючи методи критичного шляху запропоновано граф-схему алгоритму оптимізації часу в проектах БЕ СВС в якій окремий проект розглянуто як топологічну схему технологічної лінії процесу евакуації. За допомогою вдосконаленого методу оптимізації ТЛПЕ зацікавлених сторін підвищується ефективність управління проектами БЕ СВС.

## РОЗДІЛ 4

### ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРАКТИКУ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ СПОРУД

#### 4.1. Алгоритм управління архітектурою проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд

Реалізація проектів БЕ СВС вимагає проведення розрахунку часу евакуації зацікавлених сторін проектів із місця їх перебування в секторах до виходу в безпечну зону при виникненні НС. Розрахунок часу в блоці ТЛПЕ проводиться за допомогою використання математичного апарату, що наведений в другому розділі роботи. Виконання технологічних операцій у блоках включає такі три основні складові.

1. *Опрацювання вхідних даних:* визначення кількості людей на евакуаційній ділянці, час евакуації зацікавлених сторін проектів із попередньої ділянки, горизонтальна площа проекції людини, довжина та ширина евакуаційного шляху.
2. *Визначення додаткових даних:* визначення щільності, інтенсивності та швидкості руху потоку зацікавлених сторін проекту на евакуаційній ділянці.
3. *Визначення часу реалізації проекту БЕСВС:* проведення розрахунку часу евакуації зацікавлених сторін проектів, використовуючи вхідні та додаткові дані.

Виконання однієї неподільної технологічної операції, що представлено у вигляді окремого блока ТЛПЕ зображено на рис. 4.1.1. Як зазначалось раніше, між блоками такої технологічної лінії існують взаємозв'язки, які необхідно враховувати при проведенні розрахунку. На рис. 4.1.1 зазначено, що такі взаємозв'язки виникають між вихідними даними одного блока, які служать в якості вхідних даних для наступного блока, а саме це є числові значення:

- горизонтальної площі проекції зацікавленої сторони проекту (людини) – стала величина, яка становить  $0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно до рекомендацій УЄФА;
- щільності потоку зацікавлених сторін проекту – змінна величина, значення якої використовується при обчисленнях на початковому та наступному після нього технологічних блоках і наведена в [78];
- інтенсивності руху потоку зацікавлених сторін проекту – змінна величина, значення якої використовується при проведенні розрахунків у кожному наступному після початкового блоці технологічної лінії.

Значення таких параметрів як кількість зацікавлених сторін проектів у секторі чи в ряді, довжина та ширина евакуаційної ділянки, які розглядаються та використовуються при проведенні обчислень, є відомими та занесені в базу даних. База даних у процесі проведення розрахунків може доповнюватись іншими додатковими даними, зокрема такими, як час евакуації на окремій евакуаційній ділянці, інтенсивність руху та щільність зацікавлених сторін проектів на окремих ділянках евакуаційного маршруту.

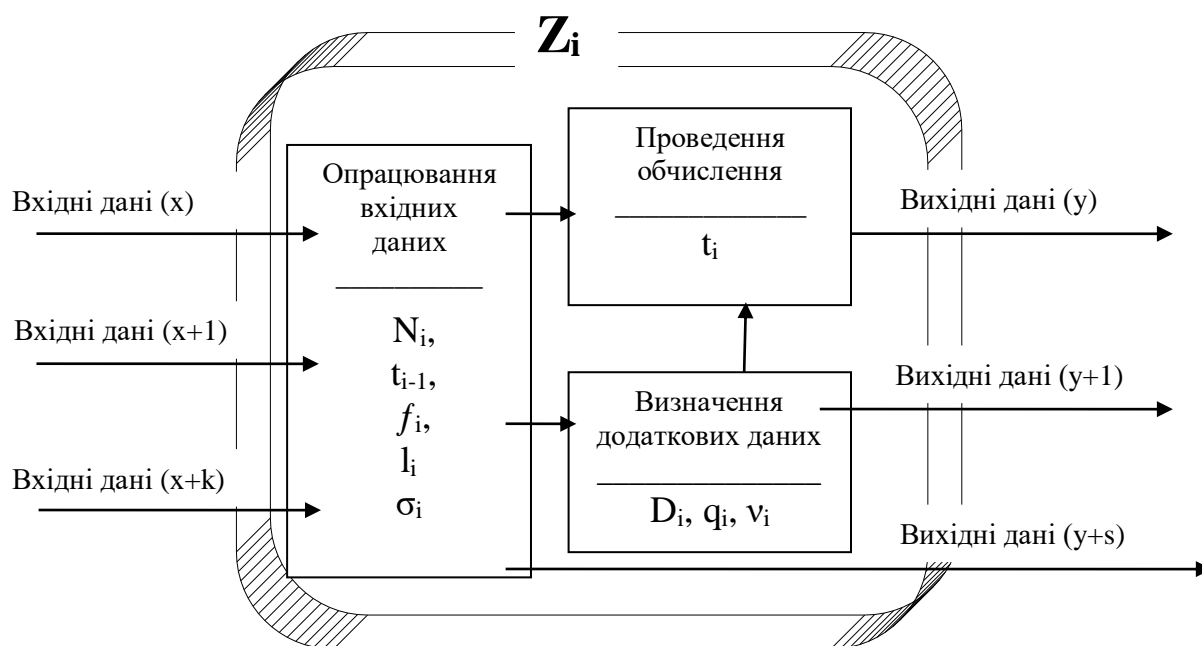


Рис. 4.1.1. Концептуальна модель роботи блока ТЛПЕ

У процесі евакуації зацікавлені сторони починають рух в секторах одночасно в напрямку до виходів, тому розрахунок часу реалізації проектів БЕ СВС проходить поетапно та «паралельно» в часі. Порядок проведення обчислень відображає ярусно-паралельна форма (ЯПФ) графу ТЛПЕ, в якій кожний ярус відповідає певному етапу реалізації проекту БЕ СВС та показує порядок виконання операцій. Під графом технологічної лінії (ГТЛ), у нашому випадку, слід розуміти розроблені в роботі топологічні моделі управління зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС.

Перетворення ГТЛ в ярусно-паралельну форму [5, 6, 39, 60] відбувається таким чином. Для нескладних технологічних ліній можна застосовувати ручний метод отримання ЯПФ. Так, для технологічної лінії процесу евакуації людей із секторів верхнього ярусу, який позначимо як ТЛПЕ-1 (див. рис. 3.3.5) та нижнього ярусу, як ТЛПЕ-2 (див. рис. 3.3.6) СВС, отримують таким чином. У перший ярус заносяться всі блоки, що не залежать від інших технологічних операцій, а тому обчислення в них виконуватиметься першочергово. У нашому випадку це: для графа ТЛПЕ-1 блоки – Z1, Z2, Z7, Z8, Z11, Z14; для ТЛПЕ-2 блок – Н1. Ці блоки зв'язані із зовнішніми інгредієнтами інших блоків топологічної моделі лише своїми виходами. У наступний ярус заносяться блоки, які серед своїх входів мають хоча би один вхід, який інтегрованим зв'язком з'єднаний з виходами блоків першого ярусу. У ТЛПЕ-1 це є блок Z3, що зв'язаний з блоками Z1 та Z2, а також блок Z12, який зв'язаний з блоками Z11, Z14. Для ТЛПЕ-2 це відповідно є блок Н2 з блоком Н1. Аналогічно в кожен наступний *j*-ий ярус заносяться тільки ті блоки, в яких є зв'язки з блоками 1-го, 2-го, ..., (*j*-1)-го ярусів. Результат перетворення графів ТЛПЕ-1 та ТЛПЕ-2 в ЯПФ представлений на рис. 4.1.2 та рис. 4.1.3.

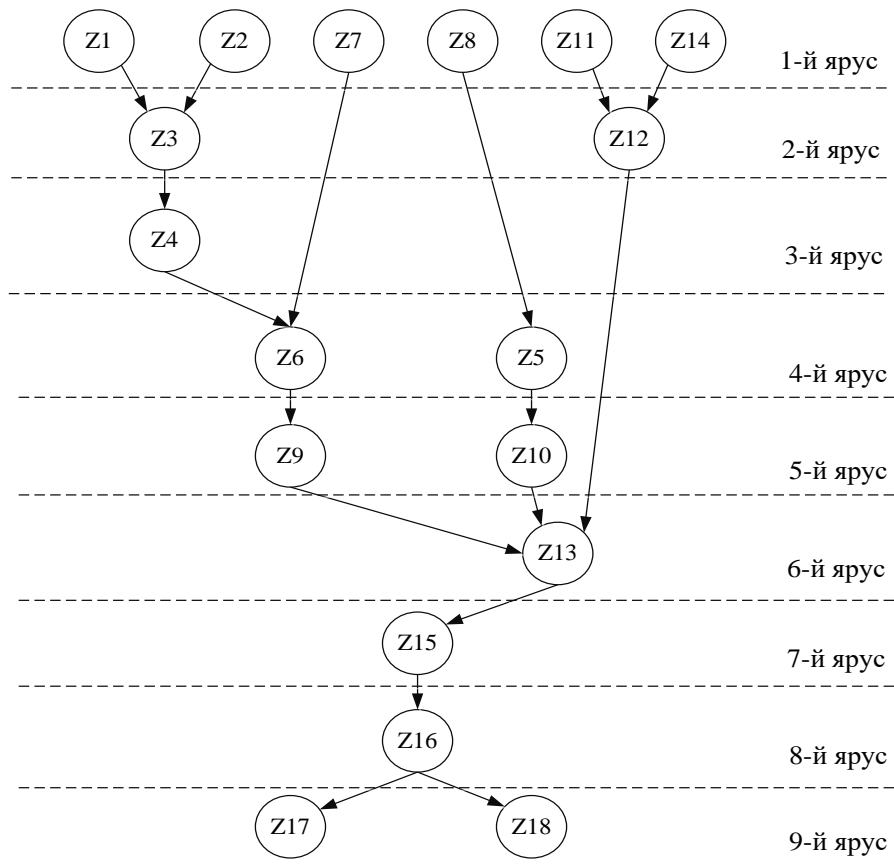


Рис. 4.1.2. Ярусно-паралельна форма графа ТЛПЕ людей із найбільш навантаженого сектора верхнього ярусу стадіону «Арена Львів»

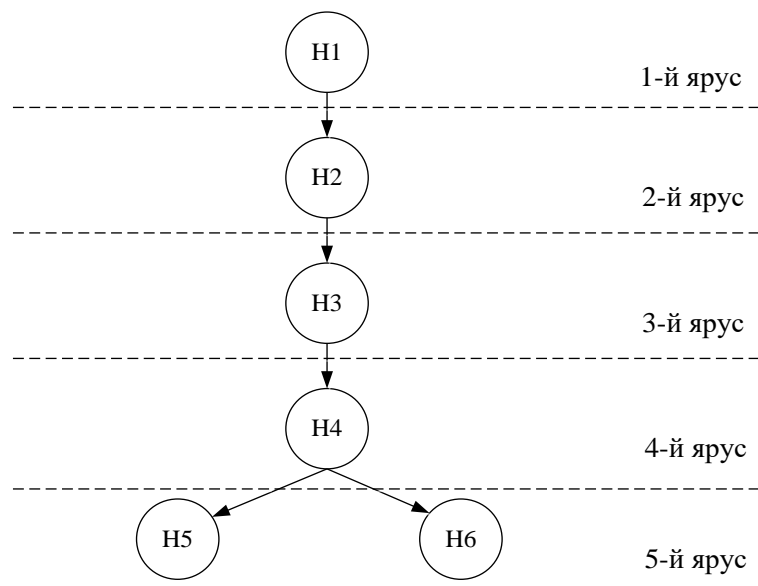


Рис. 4.1.3. Ярусно-паралельна форма графа ТЛПЕ людей із найбільш навантаженого сектора нижнього ярусу стадіону «Арена Львів»



Як бачимо із наведених рисунків, розрахунок часу евакуації зацікавлених сторін проектів із кожного сектора СВС на вільну територію потребує проведення численних рутинних операцій. Альтернативою вирішення цієї проблеми є проведення автоматизація обчислень шляхом створення спеціального програмного продукту на основі використання розроблених моделей управління зацікавленими сторонами проектів, методу проведення розрахунку часу та методу оптимізації проектів БЕ СВС [70, 117]. Архітектуру такої комп'ютерної програми представлено на рис. 4.1.4.

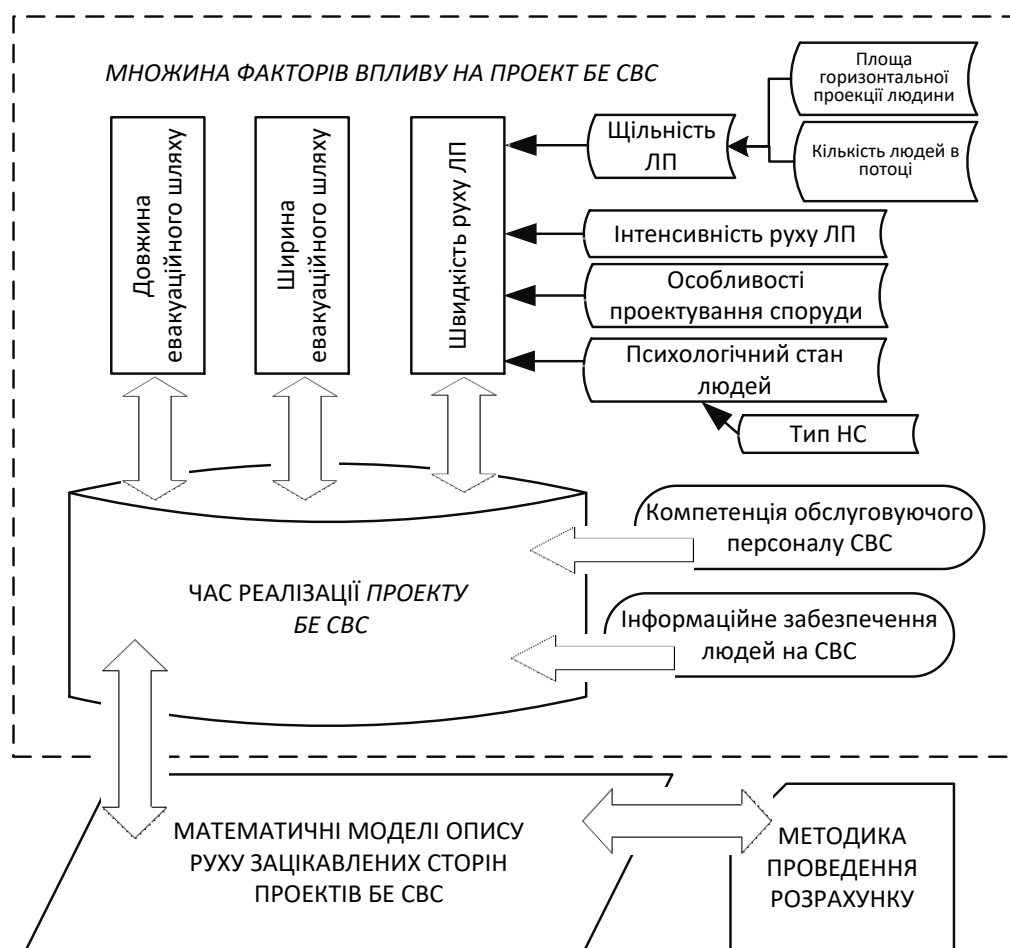


Рис. 4.1.4. Структурна схема створення програмного продукту для проведення розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС

Як результат, авторським колективом створено програмний продукт «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0», який здатний моделювати час евакуації потоків

зацікавлених сторін проектів та враховує характеристики проектів БЕ СВС (див. Додаток Б). Результатами роботи програми є визначений час евакуації зацікавлених сторін проектів БЕ СВС в безпечну зону при виникненні НС, а також можливість перевірити здатність евакуаційної системи пропустити максимально заплановану кількість людей протягом нормованого часу.

У процесі проведених за допомогою програми «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» обчислень встановлено:

– сумарний час евакуації зацікавлених сторін проектів із найбільш заповненого сектора верхнього ярусу СВС «Арена Львів» у безпечну зону

$$T_{ев.}^1 = 390 \text{ с.} = 6,5 \text{ хв}$$

– сумарний час евакуації зацікавлених сторін проектів із найбільш заповненого сектора нижнього ярусу СВС «Арена Львів» у безпечну зону

$$T_{ев.}^2 = 474 \text{ с.} = 7,9 \text{ хв.}$$

Здатність програми виконувати такі завдання зумовлена тим, що вона характеризується такими можливостями як:

- зміна геометричних параметрів евакуаційної системи споруди;
- зміна кількості людей, що евакуюються на окремих евакуаційних ділянках;
- визначення оптимальної кількості людей при евакуації із необхідної евакуаційної ділянки, що створює умови для проведення безпечної та своєчасної їх евакуації із споруди;
- виведення звіту проведених розрахунків на екран монітора чи інші носії інформації, що створює можливість зберігання, транспортування та проведення аналізу даних про стан реалізації проектів БЕ СВС та прийняття рішень компетентними особами.

За допомогою програми було проведено почерговий розрахунок часу реалізації проектів БЕ СВС із врахуванням найвищих вимог нормативно-правової бази України та рекомендацій УЄФА щодо їх виконання. Порівняльні результати такого розрахунку наведені в Додатку В.

Однією із основних переваг програми «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» є достатньо невисокі вимоги до апаратно-програмного забезпечення для організації роботи. Слід зауважити, що програмні продукти, з допомогою яких розв'язують задачі такого типу потребують використання спеціалізованих комп'ютерних систем. Це створює додаткові переваги програми «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» над її аналогами, оскільки її використання на практиці є доволі простим і не потребує додаткового навчання, що робить її доступною для кожного користувача.

Працювати з комп'ютерною програмою «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» можна на будь-якому персональному комп'ютері, який відповідає зазначеним мінімальним вимогам. Робоче вікно комп'ютерної програми зображене на рис. 4.1.5.

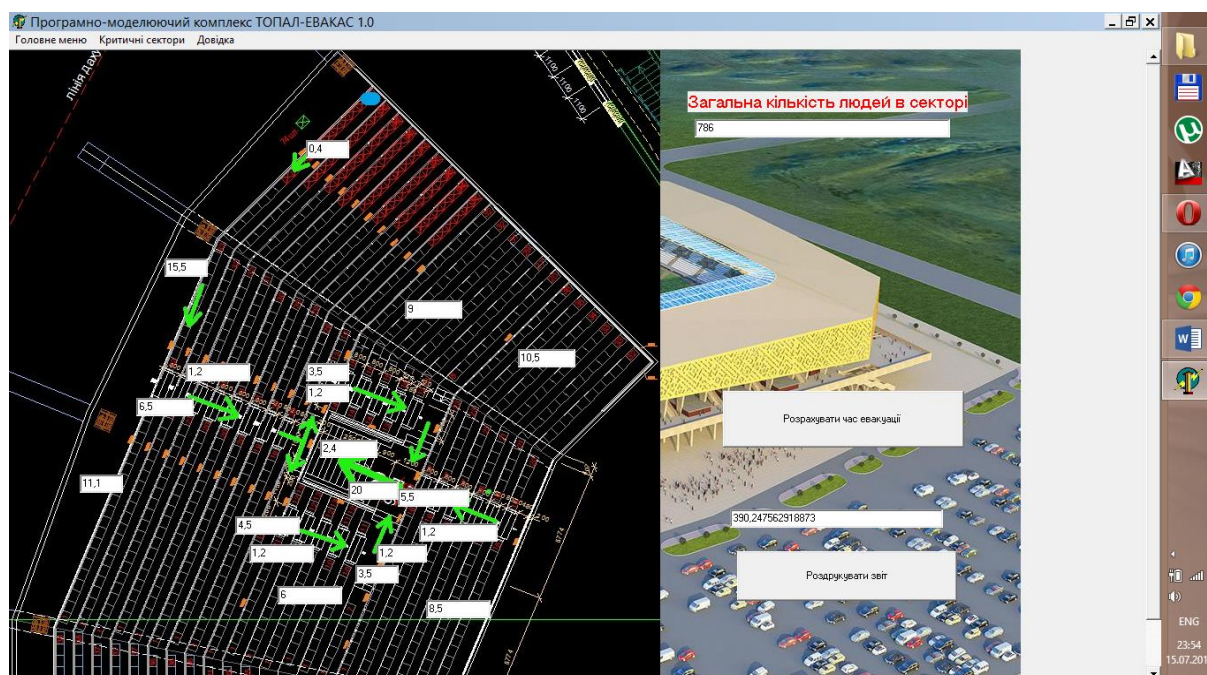


Рис. 4.1.5. Робоче вікно програми «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» при проведенні розрахунку

Проведення розрахунку визначення часу реалізації проектів БЕ СВС передбачає введення значень геометричних параметрів евакуаційної системи та кількості людей в потоці у спеціально створені поля вводу даних (див. рис. 4.1.5). За замовчуванням у програмі задані дійсні значення параметрів СВС «Арена Львів», а також максимальна місткість людей в секторі, проте користувач

програми може змінювати їх для моделювання часу реалізації проектів БЕ СВС. Необхідно відзначити, що зміна деяких параметрів може не вплинути на зміну часу реалізації проектів в цілому. Це пояснюється тим, що на процес евакуації впливає тільки зміна параметрів (довжина, ширина евакуаційних проходів та виходів та кількість людей) критичного евакуаційного маршруту, що лежать на критичному евакуаційному шляху.

Тільки після введення всіх необхідних вхідних параметрів, користувач може проводити розрахунок, результати якого виводяться у спеціально відведену зону робочого вікна програми (див. рис. 4.1.6).



Рис. 4.1.6. Виведення результатів проведеного розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС

Створені в програмі «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» функціональні можливості дають змогу визначити оптимальні параметри для належного функціонування евакуаційної системи, що відноситься до комунікаційних шляхів СВС, будівництво та обслуговування яких потребує залучення значних коштів. Таким чином досягається економія коштів у проектах БЕ СВС.

## **4.2. Структура проектів безпечної експлуатації спортивно-видовищних споруд на прикладі стадіону «Арена Львів»**

Львівський стадіон «Арена Львів», збудований в рамках підготовки України до проведення Євро 2012, розрахований на 33 400 відвідувачів, які комфортно розміщуються на трибунах верхнього, нижнього ярусів та адміністративній будівлі. Із західної сторони стадіону розміщена чотирирівнева адміністративна будівля (західна трибуна), яка призначена для розташування футбольних команд, VIP-гостей, засобів масової інформації (ЗМІ), допоміжного персоналу тощо. На відмітці 10 000 мм. по периметру стадіону збудовано променадю загальною площею 16 355 м<sup>2</sup>, на яку виходять відвідувачі із секторів верхнього та нижнього ярусів стадіону та забезпечує основний рух по СВС. Спуститись з променади на нульовий рівень і пройти на околицю стадіону (вільну територію) можна дев'ятьма сходовими маршами, які розташовані по периметру променади та чотирма сходовими клітками, що знаходяться у адміністративній будівлі.

### ***4.2.1. Пропускна здатність евакуаційних виходів***

Обмежена пропускна здатність турнікетів, сходів, проходів, дверних отворів обмежує рух та кількість відвідувачів стадіону на певних ділянках евакуаційного маршруту. Враховуючи це, необхідно здійснювати управління потоками людей з метою проведення раціонального розподілу зацікавлених сторін проектів на евакуаційні проходи та виходи таким чином, щоб уникнути їх накопичення та затримки руху та, в кінцевому результаті, забезпечити проведення своєчасний їх вихід у безпечну зону.

Більшість зацікавлених сторін проектів БЕ СВС при евакуації із стадіону «Арена Львів» проходить через запроектовані дев'ять основних евакуаційних виходів із променади, які розташовані по периметру споруди, що дає змогу здійснити рівномірний розподіл людських потоків. Візуалізація евакуаційних виходів із променади в безпечну зону представлена на рис. 4.2.1. Кожен евакуаційний вихід характеризується деякими параметрами, а саме: шириною;

пропускною здатністю за період 8 хв.; кількістю відвідувачів, евакуація яких здійснюється через зазначений вихід; ступенем завантаженості виходу; кількістю відвідувачів у відсотках від загальної кількості. Саме ці показники є визначальними для управління потоками людей на променаді в процесі евакуації. Враховуючи психофізіологічні властивості людей, більшість з них у випадку виникнення небезпеки для її життя старатиметься покинути небезпечне місце по найкоротшому евакуаційному виході, в результаті чого може виникнути не спроможність деяких евакуаційних виходів пропустити надмірну кількість людей за необхідний проміжок часу. Саме тому система евакуаційних виходів має бути чітко продуманою та збалансованою.

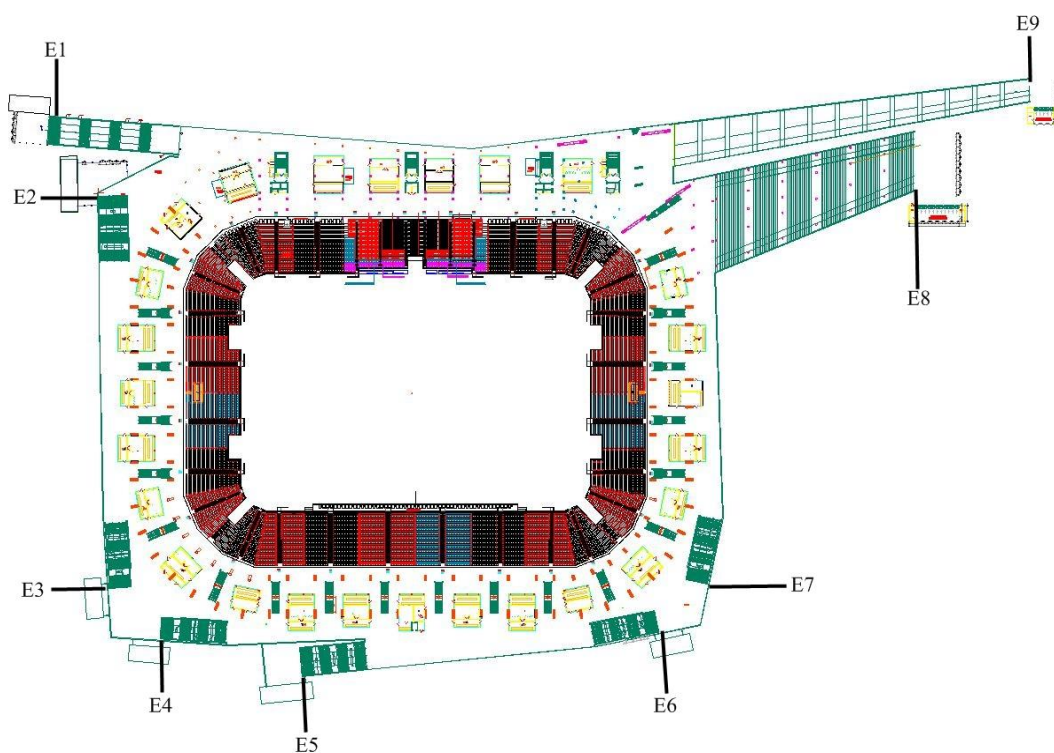


Рис. 4.2.1. Схема розташування евакуаційних виходів з променаді на стадіоні «Арена Львів»

У випадку не оптимізованої евакуаційної системи стадіону «Арена Львів» розподілення людських потоків у відповідності до евакуаційних представлено в таблиці 4.2.1.

Таблиця 4.2.1

Характеристики евакуаційних виходів з променади  
на стадіоні «Арена Львів»

Номер евакуаційного виходу	Ширина (м)	Пропускна здатність (за час обмежений 8хв)	К-ть відвідувачів, що евакуюються (ос.)	Завантаженість евакуаційного виходу (%)	Відвідувачі (% від заг. к-ті)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
E1	8	4200	2577	61,36	7,79
E2	9,6	5070	3502	69,07	10,59
E3	7,2	3800	3528	92,84	10,67
E4	7,2	3800	3393	89,29	10,26
<b>E5</b>	<b>9,6</b>	<b>5070</b>	<b>5194</b>	<b>102,45</b>	<b>15,71</b>
<b>E6</b>	<b>7,2</b>	<b>3800</b>	<b>4067</b>	<b>107,03</b>	<b>12,30</b>
E7	7,2	3800	3052	80,32	9,23
E8	21,5	11180	5591	50,01	16,91
E9	8,2	4264	2164	50,75	6,54
E <sub>заг</sub> (загалом)	-	-	33068	-	100

Із табличних даних ми бачимо, що перевантаженими, при неоптимізованому русі потоків зацікавлених сторін проектів БЕ СВС будуть виходи E5 та E6, так як їх пропускна здатність є меншою за кількість людей, яка проходить через них. Тому для запобігання виникненню затримки руху пропонується виконати перерозподіл людських потоків із перевантажених евакуаційних виходів E5 та E6 на найближчі виходи E4 та E7. Реалізації такого перерозподілу потоків здійснюється за допомогою роботи стюардів та системи інформаційної навігації, яка розміщується як на променаді, так і в секторах.

#### ***4.2.2. Управління людськими потоками при евакуації на спортивно-видовищних спорудах***

Планова евакуація відвідувачів стадіону (глядачів, офіційних осіб, учасників змагання, арбітрів, почесних гостей, журналістів, обслуговуючого персоналу тощо) здійснюється після закінчення матчу. Особливістю такої евакуації є те, що всі глядачі за нормальних умов покидають зону місць для глядачів і потрапляють до зони вільного виходу. Вибір маршруту виходу – довільний, час евакуації – необмежений.

Маршрут руху відвідувачів при евакуації визначається залежністю від місця їх перебування на СВС. Для стадіону «Арена Львів» це є відстань від місця розташування глядача в секторі на трибуні до виходу за межі споруди (у безпечну зону). Для визначення критичних шляхів евакуації було проведено детальний аналіз об'ємно-планувальних рішень стадіону «Арена Львів», математичний опис процесу та моделювання часу евакуації. Особливістю такої роботи було здійснення аналізу потоків глядачів, які виникають, щоб оцінити співвідношення площі, необхідної для руху, скупчення глядачів в проходах та перед виходами і розмірами майданчиків для очікування по відношенню до очікуваного напливу людей.

У відповідності до «Регламенту інфраструктури стадіонів та заходів безпеки проведення змагань» необхідно також передбачати можливість проведення евакуації з окремих секторів, тобто часткову евакуацію. Враховуючи особливості планування споруди її можна розділити на чотири зони (див. рис. 4.2.2):

- зона А (північна трибуна);
- зона В (східна трибуна);
- зона С (південна трибуна);
- зона D (західна трибуна).



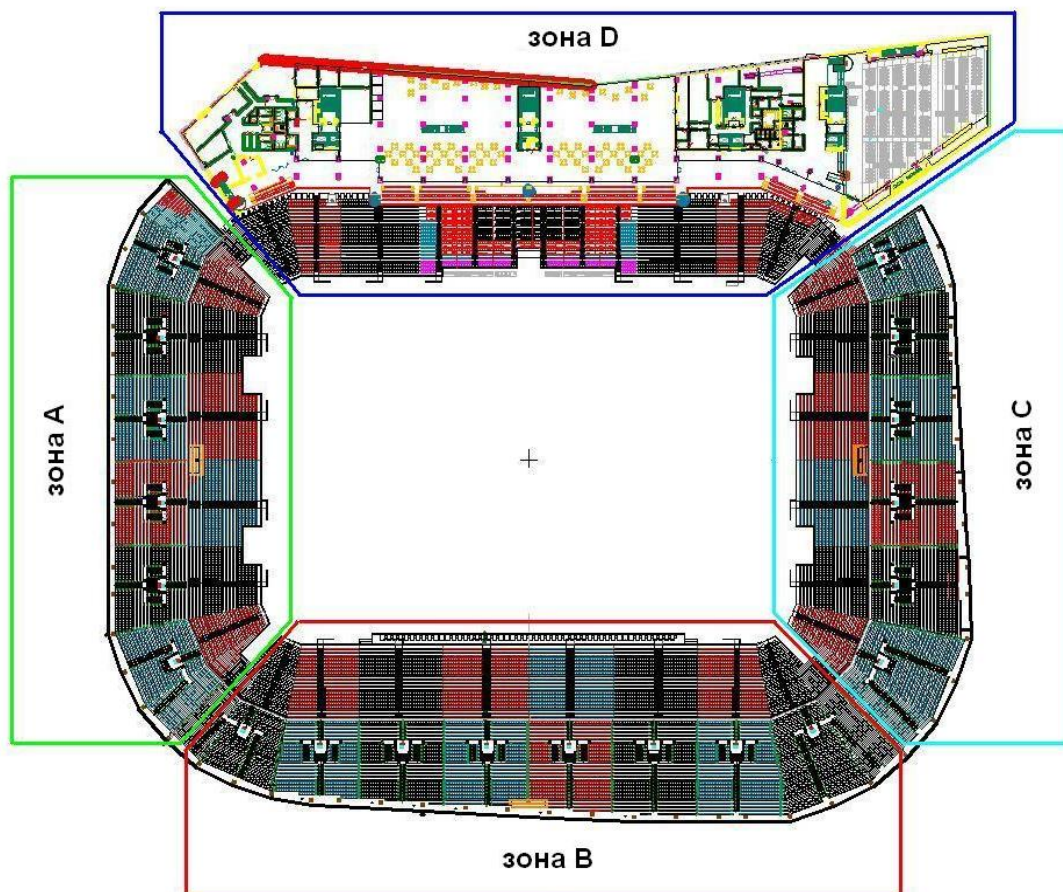


Рис. 4.2.2. Умовний розподіл стадіону «Арена Львів» на зони

Вихід зацікавлених сторін проектів БЕ СВС із зон передбачається за такими маршрутами (див. рис. 4.2.3, рис. 4.2.4 та рис. 4.2.5).

1) Зона А:

- *із секторів нижнього ярусу:* боковий прохід між рядами крісел, по радіальному проходу в секторі, прохід променадою, прохід сходовими маршами Е2, Е3 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Стрийської або Кільцевої;
- *із секторів верхнього ярусу:* боковий прохід між рядами крісел, по радіальному проходу в секторі, спуск по сходами на променаду, прохід променадою, сходовими маршами Е2, Е3 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Стрийської або Кільцевої.

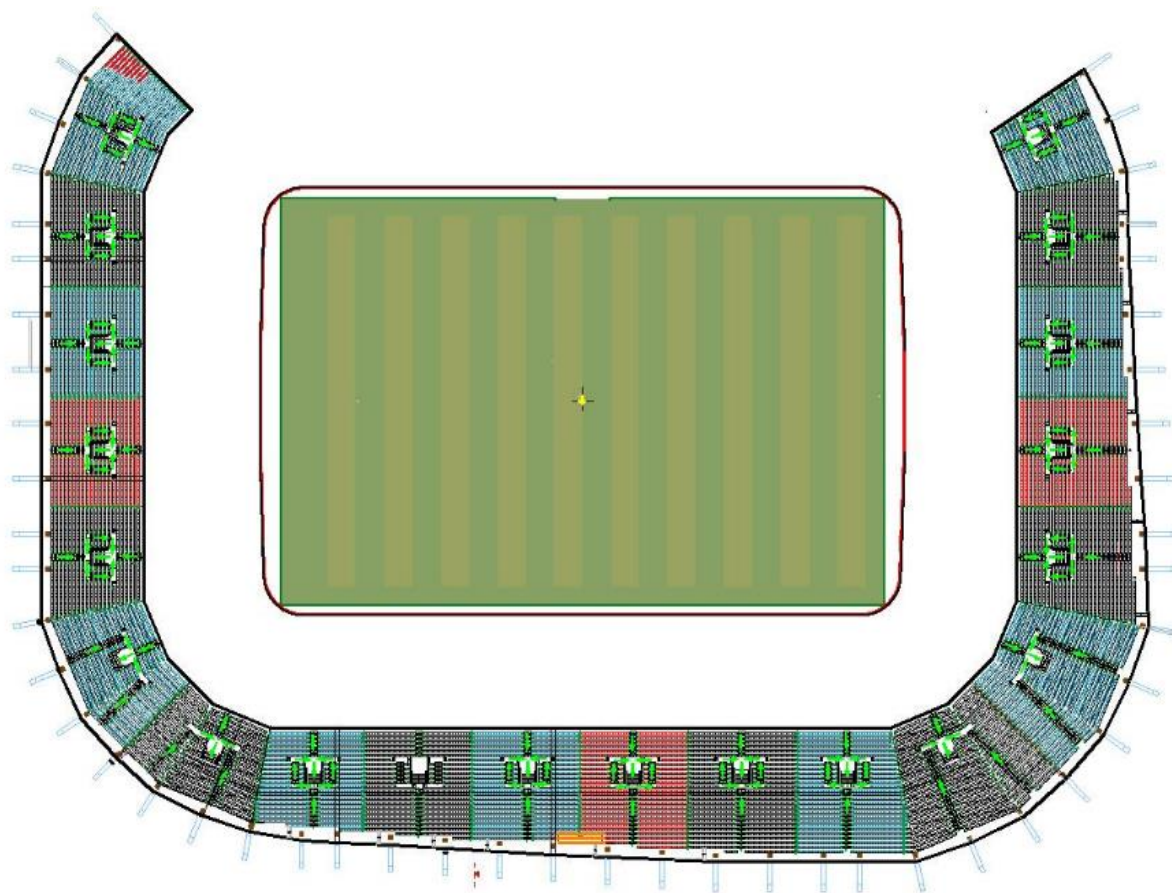


Рис. 4.2.3. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із секторів верхнього ярусу трибуни на променаду

2) Зона В:

- *із секторів нижнього ярусу:* боковий прохід між рядами крісел, по радіальному проходу в секторі, прохід променадою, прохід сходовими маршами Е4, Е5, Е6 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Вернадського;
- *із секторів верхнього ярусу:* боковий прохід між рядами крісел, по радіальному проході в секторі, спуск по сходах на променаду, прохід по променаді, по сходових маршах Е4, Е5, Е6 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Вернадського;

3) Зона С:

- *із секторів нижнього ярусу:* боковий прохід між рядами крісел, радіальними проходами в секторі, прохід променадою, прохід сходовими

маршами E7, E8 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Вернадського або Стрийської;

- *із секторів верхнього ярусу:* боковий прохід між рядами крісел, радіальним проходом в секторі, спуск сходами на променаду, прохід променадою, по сходовими маршами E7, E8 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Вернадського або Стрийської.

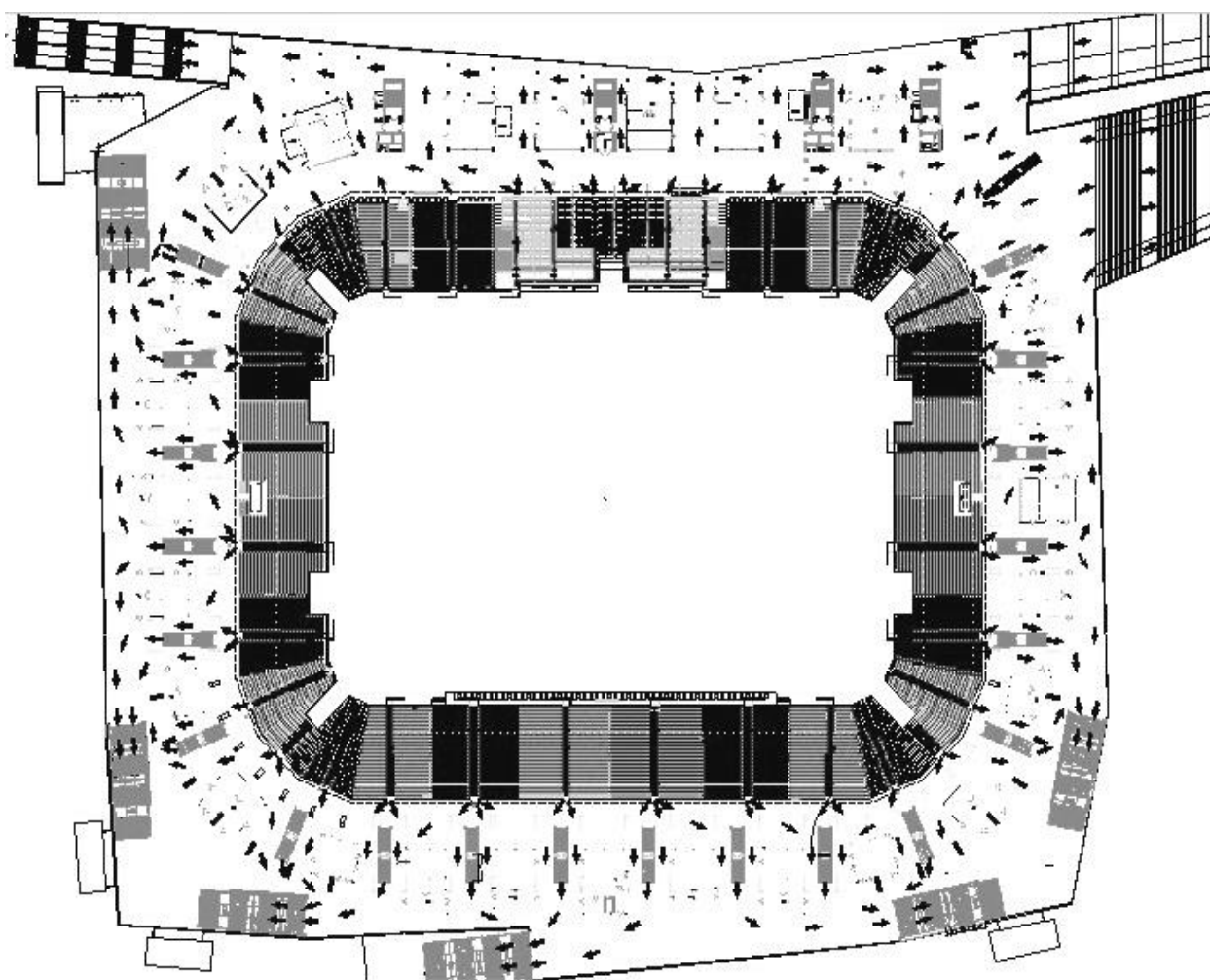


Рис. 4.2.4. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із секторів нижнього ярусу трибуни та променадою

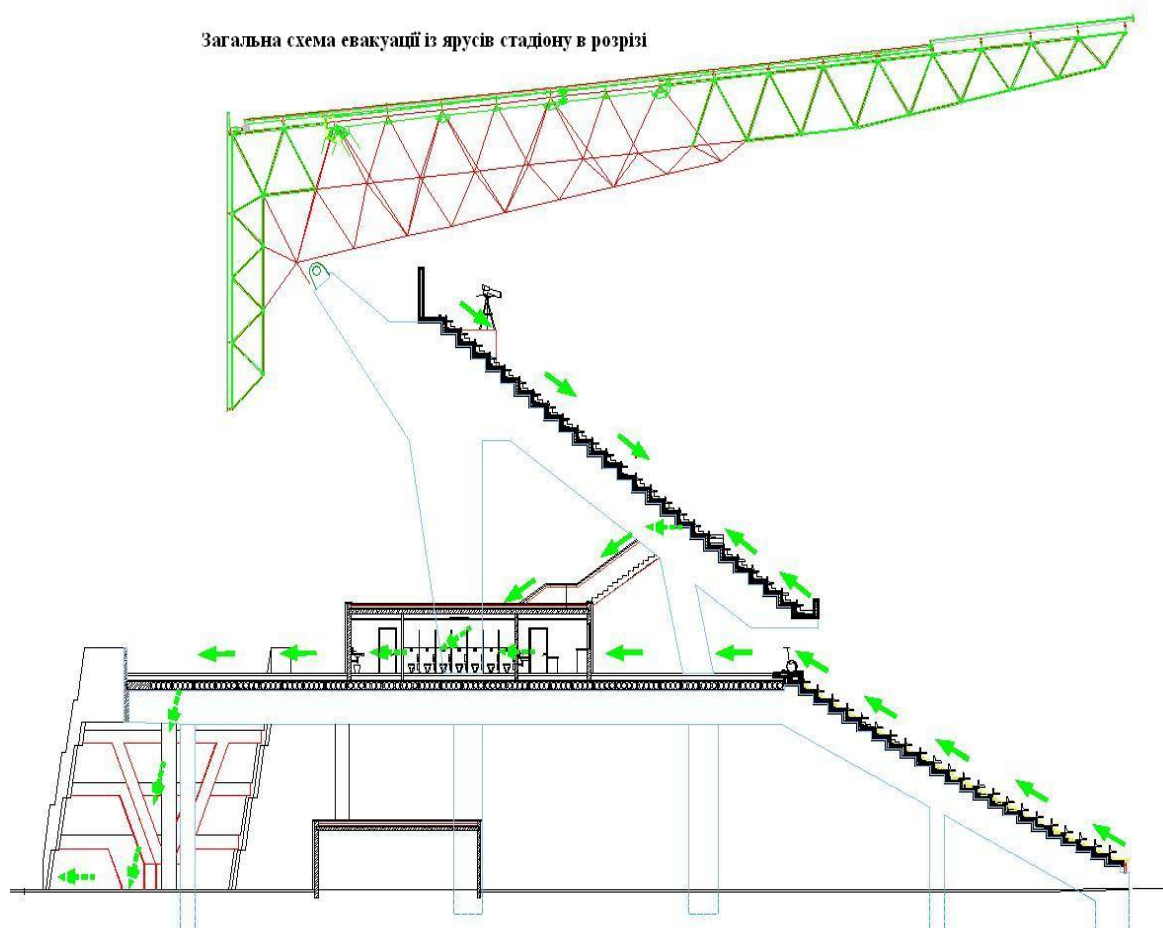


Рис. 4.2.5. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із ярусів на променаду в розрізі

4) Евакуація людей із зони D передбачає вихід зацікавлених сторін проектів БЕ СВС із секторів нижнього ярусу та з кожного рівня адміністративної будівлі. Маршрут руху людей при евакуації із секторів нижнього ярусу буде таким: боковий прохід між рядами крісел, по радіальному проходу в секторі, прохід променадою, прохід сходовими маршами E9, E8, E1 з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Кільцевої або Стрийської.

Оскільки кожен рівень адміністративної будівлі має певне призначення і відповідні об'ємно-планувальні рішення, процес евакуації із них розглянемо детальніше по рівнях.

Евакуація відвідувачів VIP-лож (четвертий рівень адміністративної споруди) передбачається за таким маршрутом (див. рис. 4.2.6): прохід між рядами

крісел в ложі, прохід ложею, (обслуговуючий персонал – вихід із службових приміщень), через хол четвертого рівня до сходової клітки, сходами на нульовий рівень, коридором до виходу назовні із споруди, далі вільною територією в напрямку до вулиці Стрийської або Кільцевої.

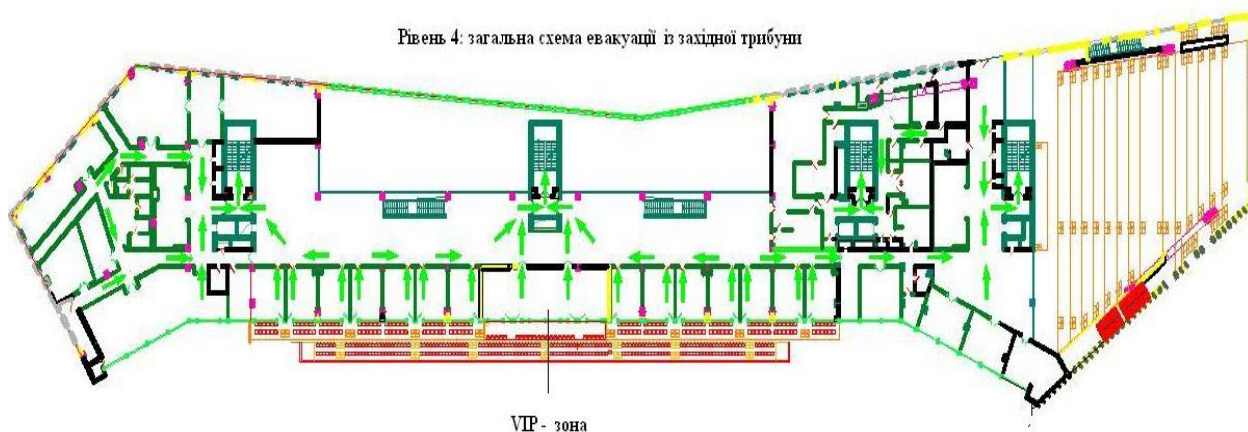


Рис. 4.2.6. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із VIP-лож

Для евакуації президента передбачається використання однієї із чотирьох сходових кліток, внаслідок чого її не можна використовувати впродовж перших 5 хв. Тому, при виході людей із VIP-лож, стюарди, які знаходяться на всіх рівнях адміністративної будівлі, скеровують відвідувачів до сходових кліток, що знаходяться найближче від заблокованої. Аналогічні заходи слід провести на інших рівнях адміністративної споруди стадіону.

Вихід відвідувачів із третього рівня, на якому розміщений ресторанний комплекс та медіа-центр, проходить у такому порядку (див. рис. 4.2.7):

- вихід із ресторану – прохід між рядами (обслуговуючий персонал – вихід із службових приміщень), холм до сходової клітки, спуск сходовою кліткою на нульовий рівень, прохід коридором до виходу назовні із споруди, вільною територією в напрямку до вулиці Кільцева або Стрийська;
- вихід із медіа-центру – прохід між рядами крісел, основними проходами в приміщенні до сходових кліток, сходами вниз на променаду, прохід

променадою, сходами з променади за межі стадіону в напрямку до вулиці Стрийської.



Рис. 4.2.7. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із третього рівня адміністративної будівлі

На першому рівні розташовані службові приміщення, допоміжний персонал із яких під час евакуації виходить у коридор, яким проходить до найближчої сходової клітки та спускається на нульовий рівень, потім виходить назовні з будівлі (див. рис. 4.2.8).



Рис. 4.2.8. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із першого рівня адміністративної будівлі

Евакуація відвідувачів та обслуговуючого персоналу із приміщень нульового рівня адміністративної будівлі проводиться через коридор назовні СВС, а з деяких – безпосередньо на вільну територію (див. рис. 4.2.9).

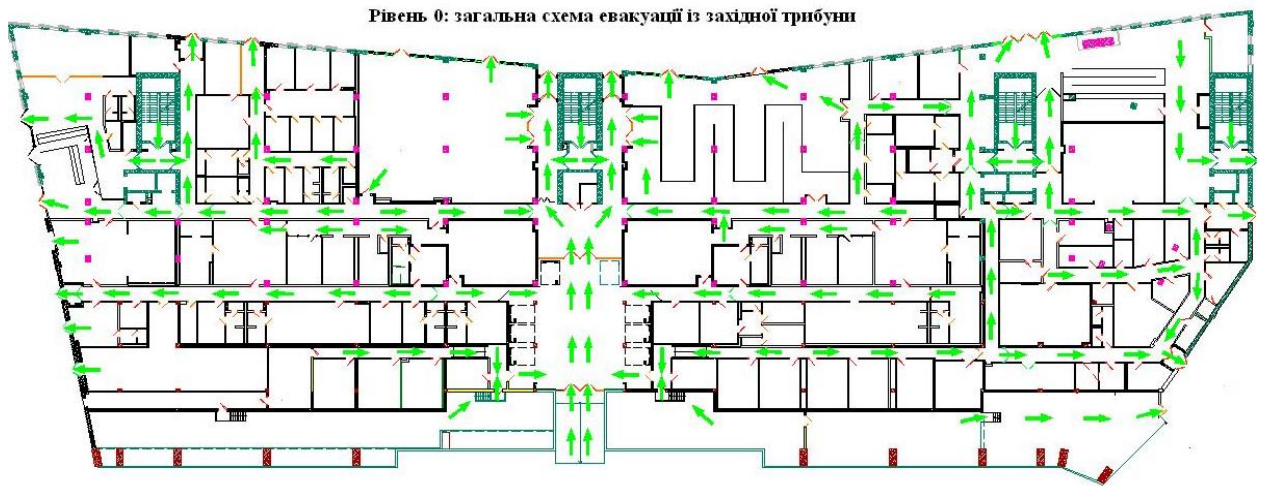


Рис. 4.2.9. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів під час евакуації із нульового рівня адміністративної будівлі

Управління людськими потоками під час евакуації людей із адміністративної будівлі в розрізі представлено на рис. 4.2.10.

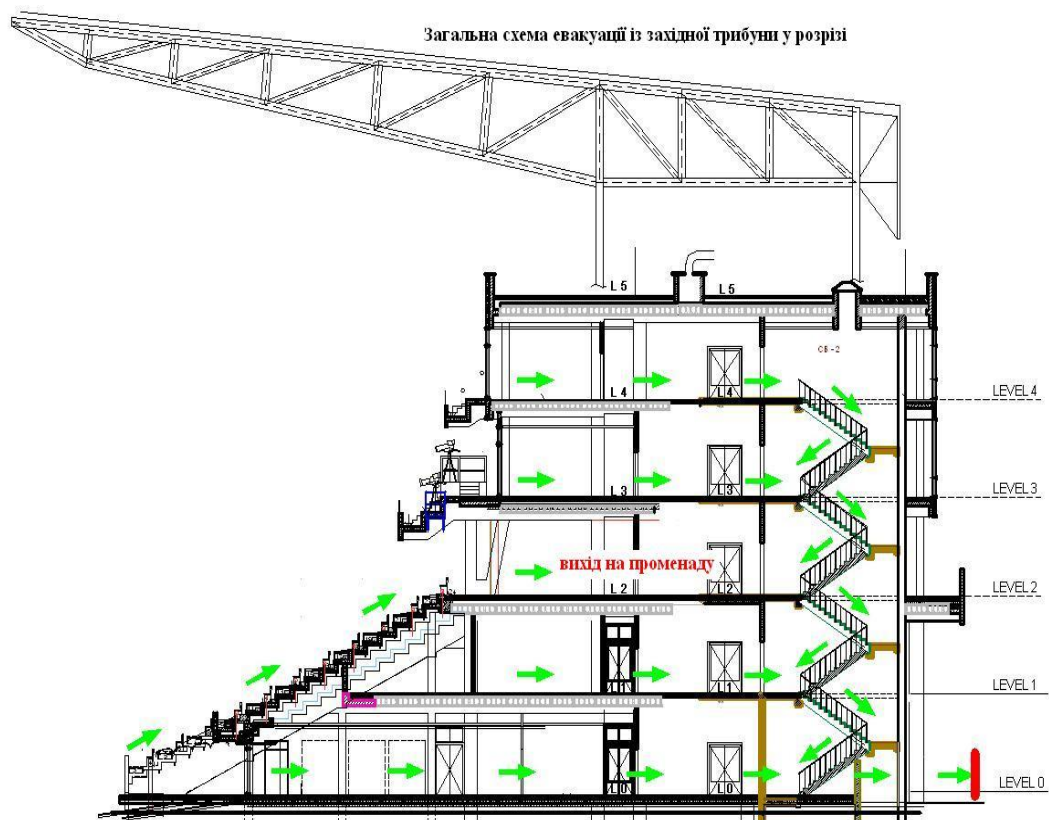


Рис. 4.2.10. План-схема в розрізі управління потоками зацікавлених сторін проектів під час їх евакуації із адміністративної будівлі

### ***4.2.3. Управління евакуацією людей із обмеженими можливостями***

Евакуація маломобільних груп населення (інвалідів) потребує застосування проектно-орієнтованого управління для визначення оптимальних шляхів їх руху, оскільки такі люди є функціонально обмежені. Тому вони не завжди можуть бути евакуйовані загальноновизначеними маршрутами та потребують створення додаткових умов.

На СВС «Арена Львів» передбачені дві зони в яких розташовані місця для неповносправних. Одна розміщена на спеціальному підвищенні між східною трибуною та ігровим полем, друга – на верху нижнього ярусу, рівень променади в адміністративній будівлі. Враховуючи місце розташування зон, обмежені функціональні властивості неповносправних людей та загальне планування СВС, визначимо оптимальні маршрути їх евакуації.

Евакуація людей з обмеженими можливостями із спеціального подіуму, який розміщений перед ігровою зоною, проходитиме в двох напрямках. Одна частина людей виходитиме через вихід з подіуму в напрямку до північної трибуни, далі через вихід в підтрибунному приміщенні, паркінг на вільну територію в напрямку до вулиці Кільцева (маршрут руху М3, див. рис. 4.2.11), інша – через другий вихід з подіуму в напрямку до південної трибуни, через вихід в підтрибунному приміщенні, паркінг на вільну територію в напрямку до вулиці Стрийська або Вернадського (маршрут руху М1, див. рис. 4.2.11).

Вихід інвалідів із зони адміністративної будівлі проходитиме за таким шляхом: прохід по променаді в напрямку до евакуаційного виходу Е9, спуск по пандусу в безпечну зону, прохід по вільній території в напрямку до вулиці Стрийська (маршрут руху М2 див. рис. 4.2.11).



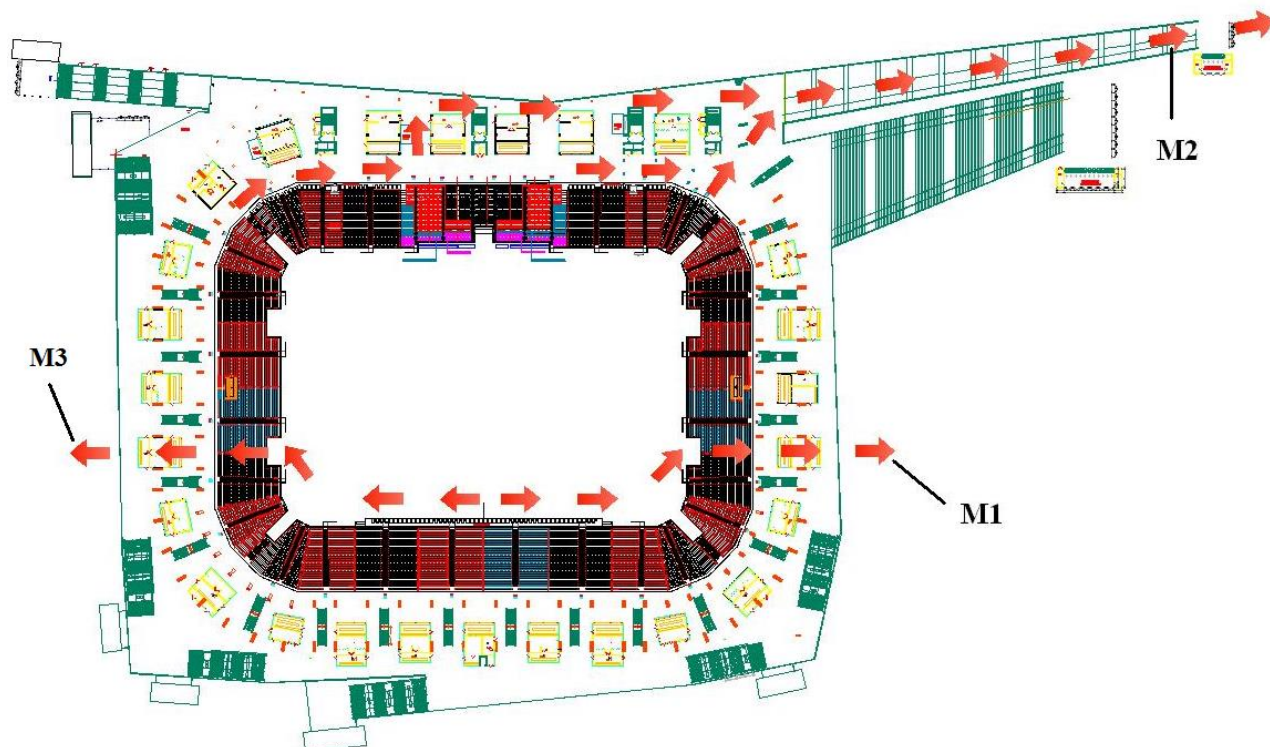


Рис. 4.2.11. План-схема управління потоками людей з обмеженими можливостями під час евакуації із стадіону «Арена Львів»

#### ***4.2.4. Система управління рухом спеціальної аварійно-рятувальної техніки***

У практиці експлуатації СВС трапляються випадки, коли евакуація людей із місця їх перебування є неможливою внаслідок виникнення пожежі чи НС. Такі ситуації можуть бути спричинені пожежею, яка виникла на евакуаційних шляхах чи обвалом частини конструкції споруди, через який проходить евакуаційний маршрут. У таких випадках необхідно проводити рятування людей з використанням спеціальної аварійно-рятувальної техніки і забезпечити швидкий її під'їзд у «чашу» стадіону чи інше важкодоступне місце.

Спеціальна аварійно-рятувальна техніка, згідно з чинною нормативно-правовою базою, повинна знаходитися на території СВС за дві години до початку проведення культурного чи спортивно-масового заходу. На СВС «Арена Львів» вона розташовується у спеціально визначеному місці зі сторони північно-західної трибуни.

Швидкий під'їзд техніки в будь-яке місце СВС можливий у випадку визначеного маршруту її руху навколо та всередині стадіону в період проведення евакуації людей. Для цього необхідно проаналізувати рух людських потоків, що утворились за межами СВС «Арена Львів», і який представлений на рис. 4.2.13.

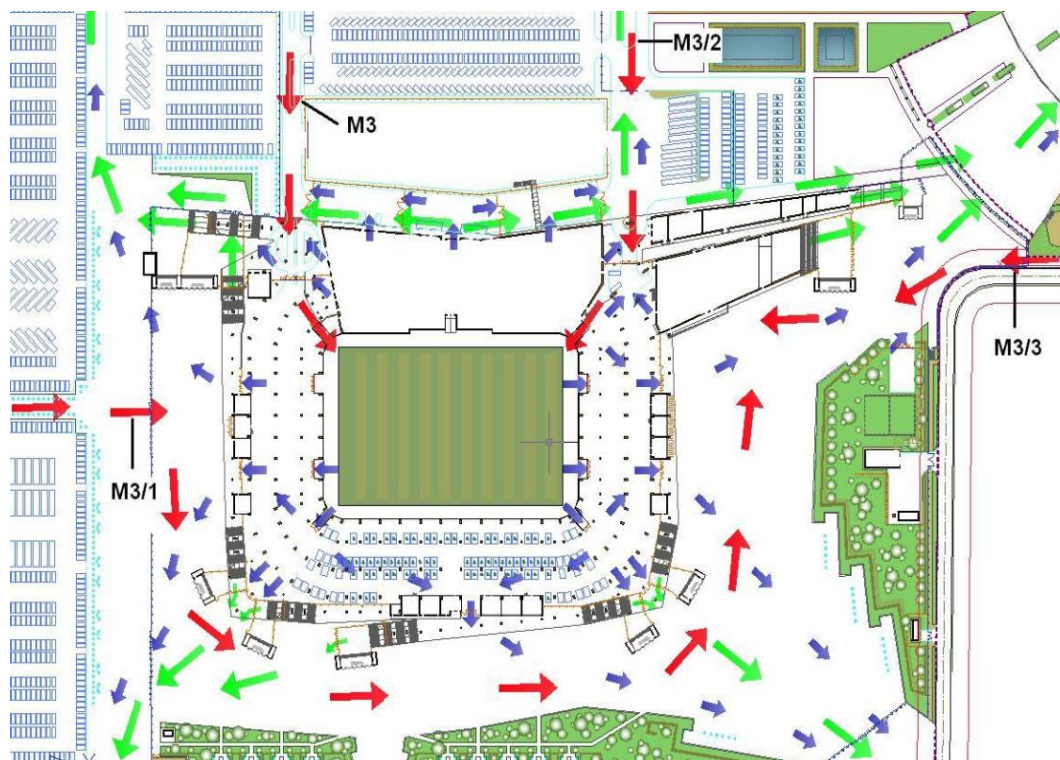


Рис. 4.2.13. План-схема управління потоками зацікавлених сторін проектів та спеціальною технікою територією СВС «Арена Львів»

На рисунку 4.2.13 відображено рух потоків людей із підтрибунного приміщення та з променади. Враховуючи інтенсивність руху людських потоків, планування СВС, найбільш доцільним маршрутом заїзду спеціальної техніки в «чашу» стадіону будуть маршрути М3 та М3/2 (див. рис.4.2.13). Об'їзд техніки навколо стадіону можна здійснити через наявні заїзди як із північної, так і з південної сторін, на малій швидкості руху транспорту (маршрути руху М3/1 та М3/3, див. рис. 4.2.13). Потоки зацікавлених сторін проектів, які сформувались навколо СВС, у зв'язку із наявністю вільної території, є малої щільності, що створює оптимальні умови для під'їзду спеціальної техніки навколо споруди.

### 4.3. Проекти підвищення рівня безпеки людей на спортивно-видовищних спорудах

Характерною особливістю процесу евакуації є скупчення людей біля виходів. Тому зазвичай такі місця слід вважати «вузькими» місцями, які потребують особливої уваги при управлінні рухом людських потоків. Тому, враховуючи результати проведених обчислень, доцільно проаналізувати імовірність виникнення таких місць на СВС «Арена Львів».

Розглянемо особливості евакуаційного процесу в адміністративній будівлі стадіону. Особливістю евакуації зацікавлених сторін проектів із адміністративної будівлі є те, що цей процес здійснюється із усіх чотирьох рівнів через чотири сходові клітки. Відповідно, найбільш імовірними «вузькими» місцями при евакуації будуть входи на сходові клітки. Візуально вузькі місця евакуації із адміністративної будівлі зображено на рис. 4.3.1-4.3.5 відповідно зонами V03, V04, V05, V11, V12, V13, V31, V32, V33, V34, V41, V42, V43, V43, V44, VR.

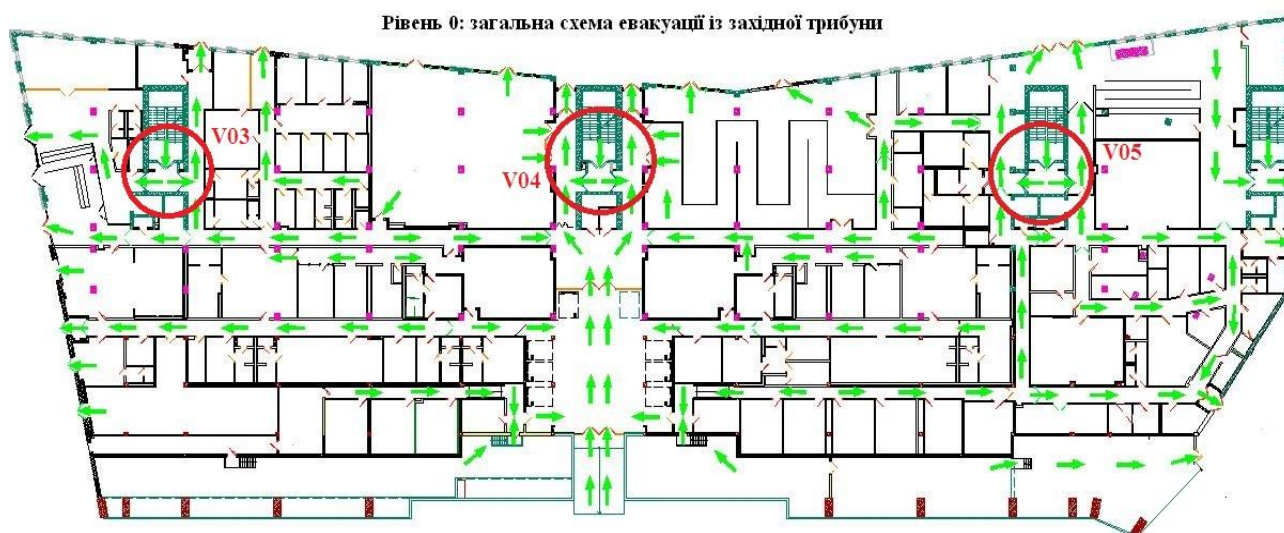


Рис. 4.3.1. Схема розташування «вузьких» місць на евакуаційних маршрутах нульового рівня адміністративної будівлі СВС «Арена Львів»



Рис. 4.3.2. Схема розташування «вузьких» місць на евакуаційних маршрутах першого рівня адміністративної будівлі СВС «Арена Львів»

Із рисунків 4.3.1 та 4.3.2 помітно, що вузькі місця на нульовому та першому поверсі будуть знаходитись на трьох найбільш завантажених сходових клітинах, а на третьому – на всіх чотирьох. Виникнення вузького місця на третьому та, відповідно, четвертому рівнях зумовлене тим, що **на ньому** передбачене розташування медіацентру, який створює додаткове навантаження людськими потоками (див. рис. 4.3.3 та 4.3.4).



Рис. 4.3.3. Схема розташування «вузьких» місць на евакуаційних маршрутах третього рівня адміністративної будівлі СВС «Арена Львів»

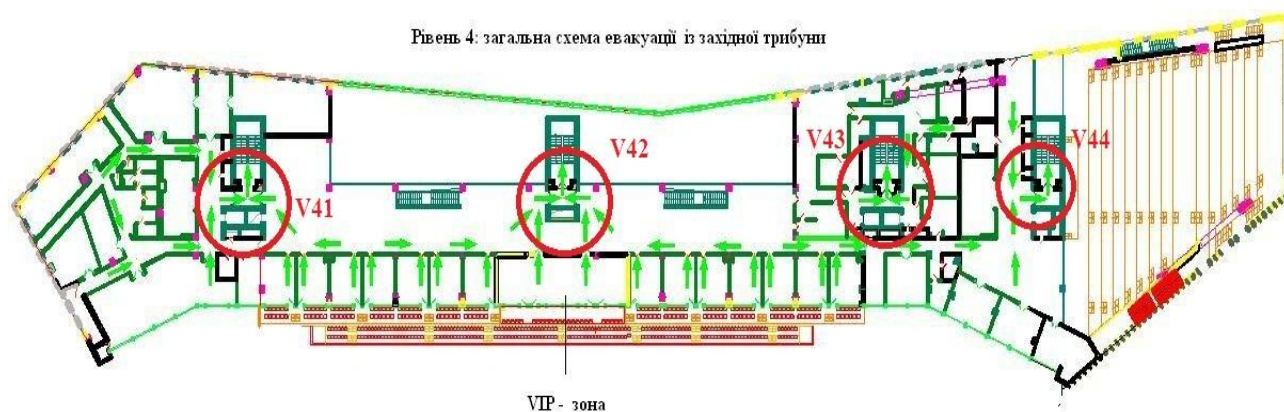


Рис. 4.3.4. Схема розташування «вузьких» місць на евакуаційних маршрутах четвертого рівня адміністративної будівлі СВС «Арена Львів»

Враховуючи значну величину людських потоків на кожному рівні адміністративної будівлі, спуск сходовими клітками – зона VR – можна вважати «вузьким» місцем (див. рис. 4.3.5), оскільки рух людських потоків ними проходить досить повільно.

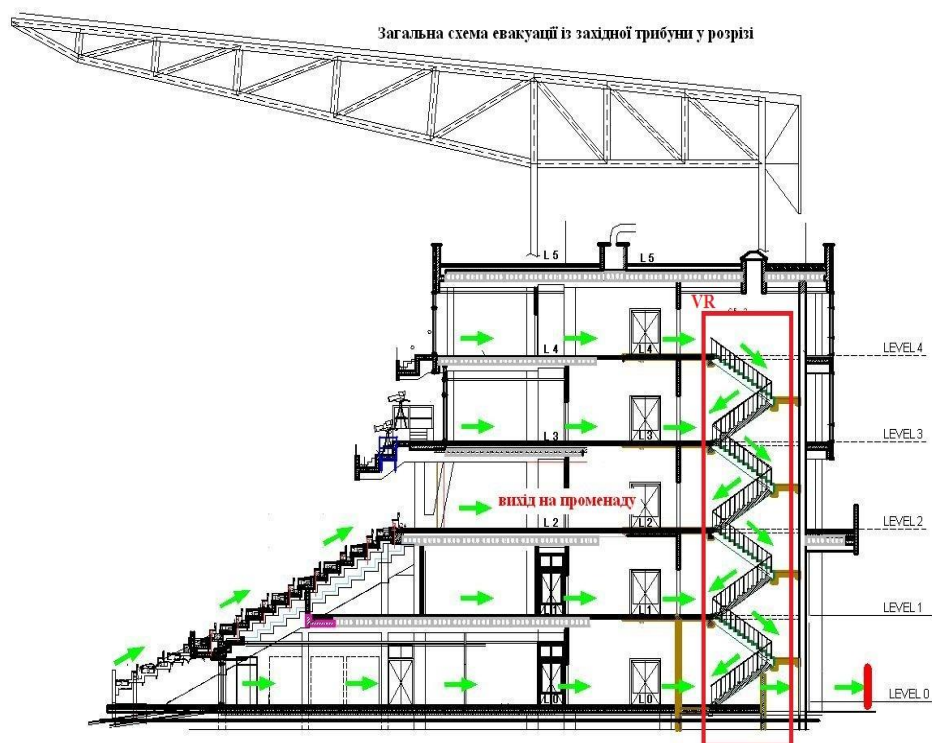


Рис. 4.3.5. Схема розташування «вузьких» місць на сходових клітках адміністративної будівлі СВС «Арена Львів»

Аналіз руху зацікавлених сторін проектів БЕ СВС, евакуаційних проходів та виходів у поєднанні з проведеними розрахунками показав, що вузькими місцями на променаді будуть зони V22, V23 перед евакуаційними виходами E5 та E6 (див. рис. 4.3.6).

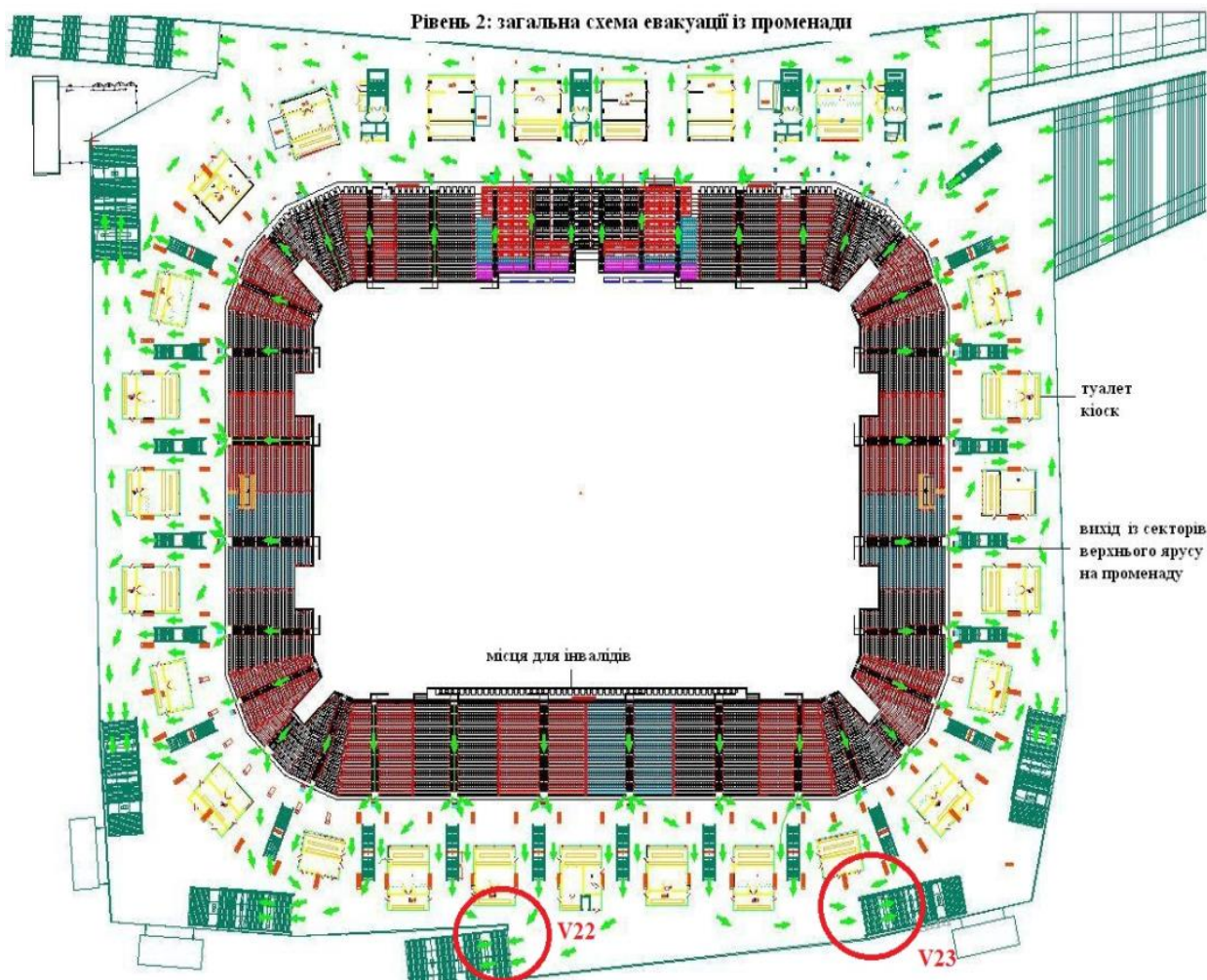


Рис. 4.3.6. Схема розташування «вузьких» місць на виході із променаді СВС «Арена Львів»

Ще одним «вузьким» місцем можна вважати, у зв'язку із великим напливом людей, ділянку V01, що знаходиться на нульовій відмітці відносно рівня землі біля виходу із сходових маршів – евакуаційні виходи в безпечну зону E6 та E7 (див. рис. 4.3.7).

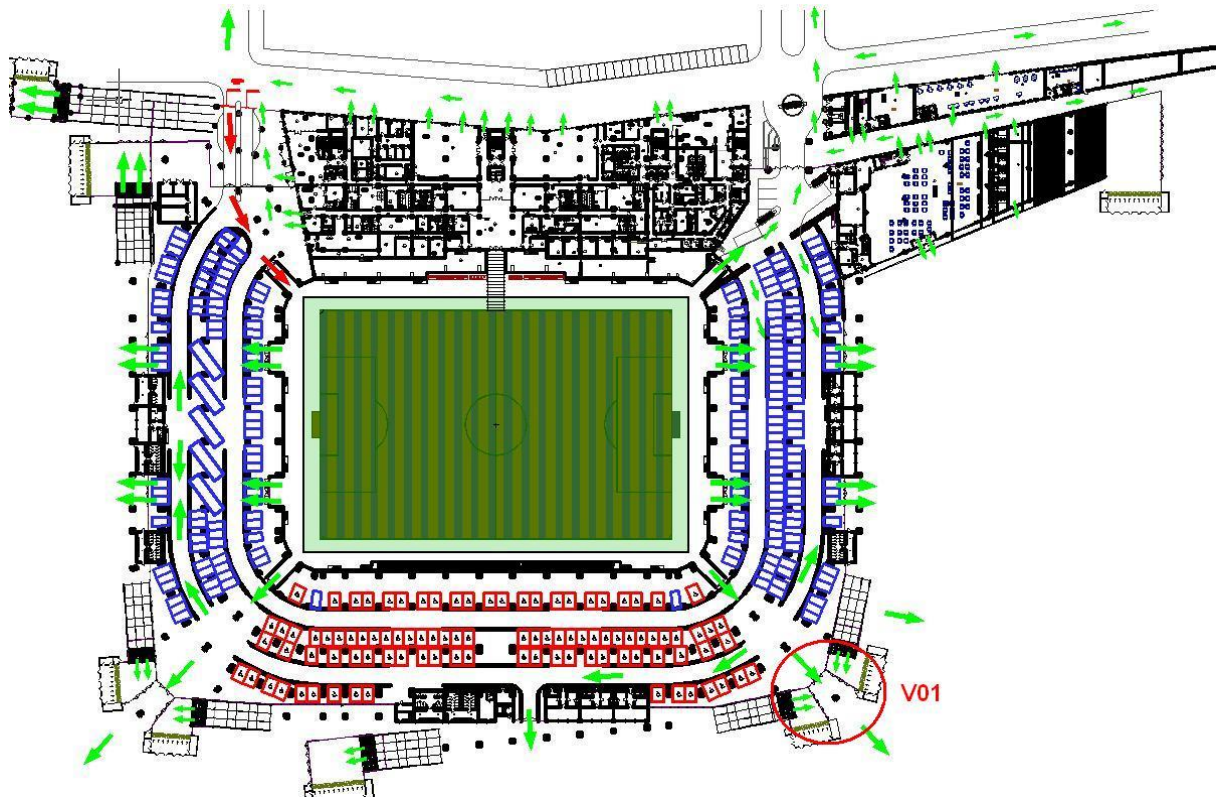


Рис. 4.3.7. Схема розташування «вузьких» місць на вході в безпечну зону

На евакуаційних маршрутах в зоні «вузьких» місць спостерігається затримка руху людських потоків, що створює загрозу своєчасній евакуації людей із СВС. Тому, враховуючи вимоги української та європейської нормативних баз, надану проектну документації стадіону «Арена Львів», результати аналізу системи евакуації та проведених розрахунків, за участю представників зацікавлених сторін («Дирекції з будівництва об'єктів до Євро-2012» у м. Львові (ДП «Західінфрапроект») – замовник проекту будівництва СВС, ТЗОВ «Арніка», «Arena Com» (лист від 07.09.2011, м. Франкфурт), ТЗОВ «Укрдизайнгруп») розроблено рекомендації щодо мінімізації ризиків в процесі проведення евакуації людей із СВС, а саме:

1. Встановити знаки навігації в секторах, на променаді, в адміністративній будівлі, на входах/виходах та інших ділянках СВС у відповідності до розробленого маршруту руху потоків людей спорудою (див.

рис. 4.2.3 та 4.2.4). Знаки навігації повинні бути виконанні відповідно до ДСТУ ISO 6309:2007. Розміщення знаків безпеки на території СВС допоможе відвідувачам обрати правильний евакуаційний шлях у випадку НС та збільшить швидкість їх руху. Для покращення візуальності знаків безпеки, їх доцільно зробити у збільшеному форматі, а у затемнених ділянках споруди здійснити освітлення.

2. Встановити стюардів для загального регулювання руху людських потоків по СВС, а також на ділянках, які є «вузькими» місцями, з метою уникнення скупчень людей, що призводять до затримки руху.

3. Оскільки вихід із споруди неповносправних людей вимагає супроводу та підвищеної обережності при русі, то їх евакуація проходить у випадку коли шляхи їх руху не перетинаються із потоками людей, що евакуюються із секторів. В іншому випадку необхідно зробити часову затримку евакуації близько 3-4 хв для того щоб з'явився простір для евакуації. Час 3-4 хв вибраний, виходячи із розрахунків, оскільки за цей час практично повністю звільняється вся евакуаційна зона розміщення неповносправних людей і створюються умови для проведення безпечної евакуації.

4. Евакуацію почесних гостей слід робити першочергово, до моменту оголошення диктором стадіону, за допомогою загальної системи оповіщення, про необхідність виходу із споруди всіх відвідувачів. Таким чином зменшиться час блокування сходової клітки, через яку проходить їх евакуаційний маршрут. При евакуації почесних гостей доцільно використовувати сходову клітку СВ-4, яка є найменш завантажена потоками людей.

5. Доцільно розташувати аварійно-рятувальну техніку безпосередньо в підтрибунному приміщенні СВС до початку проведення культурного чи спортивно-масового заходу, що забезпечить швидке реагування на НС і, відповідно, підвищить рівень безпеки споруди.



6. У випадку, коли сходові клітки адміністративної будівлі будуть достатньо завантажені і швидкість руху потоку буде значно меншою від нормованого значення, то за допомогою стюардів необхідно скерувати рух потоків зацікавлених сторін проектів із сходових кліток на променаді та надалі проводити їх евакуацію через променаді в напрямках до евакуаційних виходів E1 або E8 та E9. Зміна евакуаційного маршруту зменшить щільність людського потоку на сходових клітках, в результаті чого збільшиться швидкість його руху.

7. Допоміжні перила на сходових клітках недоцільно встановлювати по всій довжині, оскільки вони розділятимуть людський потік на два незалежних потоки. У випадку коли на одному із них щільність потоку буде надто високою і, відповідно, швидкість руху малою, а на іншому потоці ситуація буде спостерігатись з точністю до навпаки, то люди не зможуть вільно перейти в потік із меншою щільністю. Тому пропонується не встановлювати, а у випадку, коли уже встановлені – демонтувати допоміжні перила на площадках сходових маршів, з метою уможливлення перерозподілу людей в потоках, що підвищить швидкість їх руху та ефективність використання евакуаційних виходів.

8. За допомогою знаків навігації та стюардів необхідно спрямувати потік людей із сектору B18 на евакуаційний вихід E4, а людський потік з сектора A13 на евакуаційний вихід E7. Таким чином здійснюється розвантаження найбільш завантажених людськими потоками евакуаційних виходів E5 та E6 та досягається умова своєчасності проведення процесу евакуації.

9. Трибуни другого яруса, відповідно до проекту, мають ухил  $37^\circ$ , що передбачає використання огорожувальних систем. Такі системи на стадіоні «Арена Львів» виконані у якості допоміжних перил на краях радіального проходу в секторі, що створюють, при неправильному їх влаштуванні, додатковий бар'єр на евакуаційному шляху при виході із бічного проходу. Оскільки такі огорожувальні системи виконані відповідно до чинних норм ДБН і є додатковими елементами безпеки глядачів, то при виході із рядів огороження не

повинні зменшувати прохід менше ніж на 35 см. В іншому випадку зменшується швидкість виходу людей із рядів та порушується одна із головних умов – забезпечення безперешкодної евакуації людей.

10. З метою рівномірного розподілення потоків людей по СВС та створення можливості для швидкого отримання інформації для визначення оптимального евакуаційного маршруту, доцільно на одній із сторін запрошення (пропускного квитка) на культурний чи спортивно-масовий захід навести схематично евакуаційний маршрут із зазначеного в запрошенні глядацького місця.

11. Евакуаційна система СВС «Арена Львів» повинна експлуатуватись відповідно до нормативно-правових вимог.

Враховуючи зазначені вище рекомендації, за допомогою програмно-моделюючого комплексу «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» визначено час евакуації із кожного сектора СВС «Арена Львів», розрахункові значення яких наведені в таблиці 4.3.1.

Таблиця 4.3.1

Час евакуації зацікавлених сторін проектів БЕ СВС «Арена Львів» на променаді та вільну територію

Евакуаційний вихід № з/п	Ширина проходу (м)	Пропускна здатність (за час обмежений 8 хв)	Назва трибуни	Сектор № п/п верхнього та нижнього ярусу	Максимальна кількість місць для сидіння (верхній та нижній яруси) (чол.)	Час евакуації на променаді (верхній та нижній яруси) (с.)	Час евакуації на вільну зону (хв.)
1	2	3	4	5	6	7	8
E1	8	4200	Західна	A(27)	387	235,45	5,55
				A(28)	421	271,38	6,20
				A(29)	738	301,98	6,40

				A(30)	152	189,36	5,70
				A(31)	56	144,82	4,90
				A(32)	32	111,56	4,25
			Південно-західна	B(26)	791/2	195,95	5,50
E2	9,6	5070	Південна	A(23) (739/2)	370	253,91	7,10
				A(24)	739	253,91	6,90
				A(25)	609	291,54	6,80
				A(26)	447	240	6,40
				B(25)	644	160,3	4,80
				B(24)	693	161,87	5,10
				B(26)	791/2	195,95	5,40
E3	7,2	3800	Південно-східна	A(21)	447	240,82	6,10
			Південь	A(22)	609	292,29	6,80
				A(23) (739/2)	370	253,91	6,30
				B(23)	693	161,87	5,70
				B(22)	645	160,3	5,10
			Південно-східна	B(21)	764	162,7	5,10
E4	7,2	3800	Східна	A(19)	671	300,98	7,10
			Південно-східна	A(20)	447	240,82	6,20
				B(20)	763	162,8	4,50
			Східна	A(18) (864/2)	432	260,46	7,10
				B(19)	680	160,92	4,50
				B(18) (799/2)	400	177,5	5,50
E5	9,6	5070	Східна	A(16)	888	259,91	7,90
				A(17)	888	259,91	7,90
				A(15) (864/2)	432	260,46	7,80
				A(18)	432	260,46	6,50

				(864/2)			
				B(18) (799/2)	399	177,5	5,70
				B(17)	821	180,75	5,70
				B(16)	864	186,33	5,90
				B(15) (939/2)	470	195,81	6,20
E6	7,2	3800	Східна	A(13)	447	240,82	7,40
				A(14)	671	300,98	7,40
				A(15) (864/2)	432	260,46	7,90
				B(15) (939/2)	470	195,81	6,50
				B(14)	901	187,01	6,00
			Північно-східна	B(13)	1146	248,9	7,4
E7	7,2	3800	Північно-східна	A(12)	447	240,82	6,10
				B(12)	1134	212,8	5,30
				A(11)	609	292,29	6,40
				B(11)	862	191,04	4,70
E8	21,5	11180	Північно-західна	A(07)	447	240,82	5,30
				B(07)	505	139,6	3,20
			Північна	A(08)	609	291,54	6,60
				A(09)	739	253,91	6,60
				A(10)	739	253,91	7,10
				B(10)	848	182,8	5,70
				B(09)	811	177,99	5,40
				B(08)	723	162,56	4,30
			Північно-західна	Медіа-центр	170	140	3,00
E9	8.2	4264	Західна	A(01)	32	108,98	3,90
				A(02)	56	134,87	4,10
				A(03)	152	198,67	5,10
				A(04)	738	301,98	6,60
				A(05)	421	261,25	5,80

				A(06)	387	252,15	5,70
				Медіа-центр	170	302	2,80
				Інваліди М4 104+104	208	305,1	7,10

**Примітка: В – найменування верхнього ярусу; А – найменування нижнього ярусу; Е – найменування евакуаційних виходів із променади в безпечну зону.**

На основі отриманих даних проведено оптимізацію маршрутів руху людей у безпечну зону із секторів верхнього та нижнього ярусів, спеціально відведених місць для неповносправних людей, VIP – персон та адміністративної будівлі стадіону «Арена Львів».

Проведена оптимізація евакуаційних маршрутів дала можливість визначити маршрути руху спеціальної техніки навколо споруди, шляхи її заїзду в «чашу» стадіону, в момент проведення евакуації глядачів, для гасіння пожежі чи проведення аварійно рятувальних робіт. Це дасть змогу мінімізувати вплив дії небезпечних факторів пожежі чи НС на організм людей та завдання матеріальних збитків.

### **Висновки**

Четвертий розділ роботи присвячений практичному впровадженню отриманих результатів, а саме:

1) розроблені автором моделі управління зацікавленими сторонами, метод проведення розрахунку часу та вдосконалений метод оптимізації проектів БЕ СВС використані при розробці авторським колективом програмного комплексу «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0», який здійснює автоматизацію проведення обчислень в процесі реалізації проектів на стадіоні «Арена Львів»;

2) на основі отриманих розрахункових даних проведено оптимізацію маршрутів руху людей у безпечну зону із секторів верхнього та нижнього ярусів,

спеціально відведених місць для неповносправних людей, VIP – персон та адміністративної будівлі стадіону «Арена Львів» у безпечне місце;

3) апробація розроблених моделей і методів управління проектами БЕ СВС підтвердила їх дієвість для підвищення рівня безпеки людей на спорудах даного типу в умовах виникнення НС. Зокрема, на основі отриманих даних проведено оптимізацію часу реалізації проектів безпечної експлуатації стадіону «Арена Львів» при виникненні НС шляхом визначення оптимальних маршрутів руху зацікавлених сторін проектів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У дисертаційній роботі вирішена науково-прикладна задача розробки моделей та методів управління зацікавленими сторонами та часом в проектах БЕ СВС в умовах НС. Основні наукові результати дослідження підтверджують досягнення мети дослідження. Це дає підставу зробити такі висновки.

1. Проведений аналіз світового досвіду управління проектами БЕ СВС встановив, що в основі забезпечення безпеки людей у споруді є створення безпечних умов для проведення своєчасної евакуації людей, оскільки на ранніх стадіях розвитку НС виникає найменша кількість небезпечних факторів для життя та здоров'я людей. Реалізація проектів БЕ СВС відповідно до сучасних вимог забезпечує безпечні та комфортні умови перебування людей у споруді.

2. Аналіз існуючих моделей та методів управління проектами БЕ СВС засвідчив, що ключовим параметром успішної реалізації проектів БЕ СВС є час евакуації зацікавлених сторін у безпечну зону, який залежить від їх кількості, геометричних параметрів евакуаційної системи, компетентності персоналу та унікальності проектування споруди.

3. Розроблено топологічні моделі управління зацікавленими сторонами проектів БЕ СВС, які характеризують рух потоків людей, здійснюють управління ними та побудовані на основі використання методу топологічного аналізу, методу PERT та синтезу гнучких технологічних ліній маршрутизації евакуаційних шляхів.

4. Розроблено метод проведення розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС шляхом синтезу математичних моделей, які описують рух зацікавлених сторін проектів під час евакуації протягом усього евакуаційного шляху та на різних евакуаційних ділянках споруди. Цей метод, на відміну від існуючих, може забезпечити пошук критичних шляхів і «вузьких» місць, розвантажити їх,

виконати перерозподіл потоків зацікавлених сторін проектів та враховувати зміну різних видів їх руху.

5. Запропоновано схему проведення розрахунку часу реалізації проектів БЕ СВС із використанням програмного продукту «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0», що дає змогу реалізувати динамічну презентацію всього процесу евакуації в умовах НС.

6. Удосконалено метод проведення оптимізації проектів БЕ СВС, який, на відміну від наявних, дає змогу забезпечити своєчасну евакуацію людей із додатковим залученням техніки та особового складу рятувальних служб у безпечну зону при виникненні НС та, використовуючи результати проведених попередньо розрахунків часу реалізації таких проектів, визначити буферні зони.

7. Отримала подальший розвиток класифікація проектів БЕ СВС за параметрами безпеки, класифікаційними ознаками та об'єктами, яка має деревоподібну будову та створює умови для використання системного підходу до оперативного відбору достовірної інформації, що, як результат, забезпечує раціональність використання матеріальних, інформаційних, людських, фінансових ресурсів тощо, внаслідок чого розв'язується задача мінімізації витрат, рентабельності та прогнозування стану СВС під час реалізації проектів спортивно-видовищного характеру різного рівня (територіального, державного, міжнародного значення).

8. Оптимізація часової характеристики проектів БЕ СВС забезпечила створення умов для практичного використання пожежної та аварійно-рятувальної техніки на ранніх стадіях розвитку пожежі чи надзвичайної ситуації, в результаті чого підвищується ефективність діяльності рятувальної служби, рівень безпеки споруди. Оптимізація визначила також місця розташування «знаків навігації», буферних зон, що в сукупності дає змогу забезпечити повну евакуацію людей зі стадіону в межах 8 хвилин відповідно до світових вимог та рекомендацій.

9. Результати дисертаційного дослідження поповнюють методологічну базу управління проектами новими науковими положеннями, розширюють



термінологічно-понятійну базу. Наукові положення, висновки, рекомендації дисертаційної роботи впровадженні в практику управління проектами БЕ стадіону «Арена Львів» та використовуються в навчальному процесі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

### Список використаних джерел

1. Азаров М. Я. Інноваційні механізми управління програмами розвитку [Текст] / Азаров М. Я., Ярошенко Ф. О., Бушуєв С. Д. – К. : Самміт-Книга, 2011. – 528 с.
2. Алексеев Ю. В. Формирование и движение людских потоков в проходах зрелищных сооружений. – Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1978. – 254 с.
3. Аристова Л. В. Физкультурно-спортивные сооружения Текст. / Л. В. Аристова и др. – М.: Спорт Академ Пресс, 1999. – 536 с.
4. Аристова Л. В. Физкультурно-спортивные сооружения для инвалидов Текст. : Учеб. пособие / Л. В. Аристова. М: Советский спорт, 2002. – 236 с.
5. Бабичев А. В. Распаралеливание алгоритмов обработки информации / Бабичев А. В., Вальковский В. А., Грицык В. В. и др. – К. : Наук. Думка, 1985. – Т.1. – 280 с.
6. Бауэр Ф., Гооз Г. Информатика. Вводный курс. В 2-х ч. : Пер. с нем. – М. : Мир, 1990; Ч.1. – 336 с.; Ч.2. – 423 с.
7. Беляев С. В. Эвакуация зданий массового назначения [Текст] / Беляев С. В. – М. : Всесоюзная Академия Архитектуры, 1938. – 71 с.
8. Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.
9. Биба И. Г., Ващенко Н. Д., Галаган Н. И. и др. Представление знаний в системах решения задач // Технич. Кибернетика. – 1982. – №6. – С. 170-175.
10. Біляєва К. О. Аналіз методів прогнозування ефективності інвестицій в інноваційні проекти / К. О. Біляєва, Н. А. Соколова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №6/2 (48). – С. 10-12.
11. Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди. Основні положення: ДБН В 2.2-9-09 – [Чинні від 2010-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 51 с. – (Державні будівельні норми України).
12. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди: ДБН В 2.2-13-2003 – [Чинні від 2004-03-01]. – К. : Держбуд України, 2004. – 101 с. – (Державні будівельні норми України).
13. Бусленко В. К. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М. : Наука, 1977. – 240 с.

14. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем, – М. : Наука, 1968. – 356 с.
15. Бушуев С. Д. Компетентный взгляд на управление проектами / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева. – К. : ІРІДІУМ, 2006. – 208 с.
16. Бушуев С. Д. Развитие систем знаний и технологий управления проектами / С. Д. Бушуев // Управление проектами. – М. : Дом « Гребенникова», 2005. – № 2 (2). – С. 18-24.
17. Бушуев С. Д. Системная формализация управления проектами в рамках проактивного подхода к развитию организаций / Н.С. Бушуева, Л. Д. Мыслик, М. Н. Алексеенко // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. – №2 (30). – С. 5-11.
18. Бушуев С. Д. Креативные технологии управления проектами и программами / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева, И. А. Бабаев и др. – К. : «Самит-Книга», 2010. – 768 с.
19. Бушуев С. Д. Руководство по управлению инновационными проектами и программами. Р2М. – К. : Наук. світ, 2009. – 173 с.
20. Бушуева Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития. – К. : Наук. світ, 2007. – 270 с.
21. Бушуев С. Д. Управление проектами: основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева. – К. : ІРІДІУМ, 2010. – 208 с.
22. Вагин В. Н. Параллельная дедукция в семантических сетях // Технич. Кибернетика. – 1986. – №5. – С. 51-61.
23. Вальковский В. А. Распараллеливание алгоритмов и программ: структурный подход. – М. : Радио и связь, 1989. – 176 с.
24. Вальковский В. О., Сало О. В. Діалогова система для формалізації і угодження формулювання проблем // I міжн. конф. з інформаційних технологій і систем. – Львів, 1995. – С. 13-14.
25. Вальковский В. О., Курбацкий О. М. Застосування паралельно-конвеєрних і поточкових інформаційних моделей для оптимізації процесів документообігу //Тези доповідей 5-ї міжн. наук.-практ. конф. «Україномовне програмне забезпечення УКРСОФТ-95». – Львів, 1995. – С. 17.
26. Вершинин О. С. Компьютер для менеджера. – М.: Высш. шк., 1990. – 240 с.

27. Вершилло Р. Спортивные сооружения – Текст. / Р. Вершилло. — Варшава : «Аркады», 1968. – 562 с.
28. Волков П. П., Оксень В. Н. Информационное моделирование эмоциональных состояний. – Минск: Высшая школа, 1978. – 128 с.
29. Гельфонд А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений Текст. : Учеб. пособие / А. Л. Гельфонд. Н. Новгород: Архитектура-С, 2003. – 280 с.
30. Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. – М. : Наука, 1971. – 384 с.
31. Гладун В. П. Планирование решений. – К. : Наук. думка, 1987. – 552 с.
32. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман.– М. : Высшая школа, 1977. – 479 с.
33. Грей Клиффорд Ф. Управление проектами / Эрик У. Ларсон., Клиффорд Ф. Грей – М. : Дело и Сервис, 2002. – 528 с.
34. Грицык В. В. Распаралеливание алгоритмов обработки информации в системах реального времени. – К. : Наук. Думка, 1981. – 216 с.
35. Данченко О. Б. Огляд методів аналізу ризиків в проектах / О. Б. Данченко, В. О. Занора // Управління проектами та розвиток виробництва : зб. наук. пр. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2007. – №1 (21). – С. 57-64.
36. Данченко О. Б. Підходи до класифікації ризиків в проекті / О. Б. Данченко, В. О. Занора // III Міжн. наук.-прак. конф. «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв, 2007. – С. 91-93.
37. Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений. – М. : Мир, 1969. – 440 с.
38. Дувидзон, Р. М. Проектирование спортивных сооружений с учетом движения людских потоков. Текст. / Р. М. Дувидзон дис. к.т.н. – М., 1968. – 195 с.
39. Дунець Р., Дунець Б. Алгоритм перетворення графів в ярусно-паралельну форму на основі операцій алгебри логіки // Поліграфія і видавнича справа. – 1997. – Вип. 33 – С. 17-24.
40. Дутов В. И. Психофизиологический и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре [Электронный ресурс] / Дутов В. И., Чурсин И. – М., 1993. –

Режим доступу: <http://www.allbeton.ru/wiki/>

41. Закон України № 962-V від 19.04.2007 «Про організацію проведення фінальної частини чемпіонату Євро 2012 року з футболу в Україні» / Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/962-16>

42. Закон України № 3673-VI від 08 липня 2011 року «Про особливості забезпечення громадського порядку та громадської безпеки у зв'язку з підготовкою та проведенням футбольних матчів/ Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3673-17>

43. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1-7–2002. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://document.ua/zashita-ot-pozhara.-pzharnaia-bezopasnost-obektov-stroitels-nor2817.html>

44. Івануса А. І. Моделі проектів управління людськими потоками безпечної евакуації із спортивно-видовищних споруд (на прикладі стадіону «Арена Львів») / А. І. Івануса, Ю. П. Рак, // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць. – Львів, 2012. – С. 62-66.

45. Івануса А. І. Підходи управління проектом безпечної евакуації людей на стадіонах в умовах надзвичайних ситуацій / А. І. Івануса, Ю. П. Рак // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2013. – С. 145-147.

46. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту Пожежна автоматика будинків і споруд: ДБН В.2.5-56-2010 – [Чинні від 2011-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 285 с. – (Державні будівельні норми України).

47. Йенсен П., Барнес Д. Потокое программрование. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.

48. Кистяковский, А. Ю. Проектирование городских спортивных сооружений. Текст. / А. Ю. Кистяковский. М.: Высшая школа, 1980. – 254 с.

49. Клыков Ю. И. Диалоговая автоматизированная система принятия решений (ДАСПР) // Проблемы принятия решений. – М. : Наука, 1976. – С. 300-308.

50. Кодекс України про адміністративні правопорушення : № 8074-10 від

- 07.12.1984 / Верховна Рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/80731-10>
51. Кононенко І. В. Модель і метод оптимізації портфелів проектів підприємства для планового періода / І. В. Кононенко, К. С. Бухарева // *Всхідно-європейський журнал передових технологій*. – 2010. – № 43. – С. 9-11.
52. Копило В. А. Исследование закономерностей движения при предельных плотностях людских потоков / *Сборник статей адъюнктов и соискателей*. – ВШМВД СССР, 1975. – С. 14-17.
53. Кристофидес Н. Теория графов: алгоритмический подход. – М. : Мир, 1978. – С. 128-149.
54. Куликовский Л. Ф., Мотов В. В. Теоретические основы информационных процессов. – М. : Высш. шк., 1987. – 248 с.
55. Лебедев А. И. Моделирование в наукотехнических исследованиях. – М. : Радио и связь, 1989. – 223 с.
56. Леонтьев А. Н., Ярошевский М. Г. Психология. – В кн. : Б.С.Э., 1975. т. 21, С. 565-567.
57. Мазур И. И. Управление проектами / Шапиров В. Д., Ольдерогге Н. Г., Мазур И. И. – М. : Омега – Л, 2004. – 664 с.
58. Максименко Б. И. Психофизика. – В кн.: Б.С.Э., 1975. – Т.21. – С. 581.
59. Матвеев А. А. Модели и методы управления портфелями проектов / А. А. Матвеев, Д. А. Новиков, А. В. Цветков – М. : ПССОФТ, 2005. – 206 с.
60. Месарович М., Такахаро И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
61. Молчанов А. А. Моделирование и проектирование сложных систем. – К. : Вища школа, 1988. – 359 с.
62. Наказ МНС України №126 від 19.10.2004 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» : НАПБ А.01.001-2004. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1410-04>
63. Наказ МНС України №1243 від 08.10.2012 «Про затвердження Правил пожежної безпеки для спортивних будинків та споруд». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1803-12>

64. Нильсон Н. Искусственный интеллект. – М. : Мир. – 1973. – 270 с.
65. Нестеров, В. А. Архитектура. Работы проектных и научных институтов Москвы 1970-1974 гг. Текст. / В. А. Нестеров. – М.: Стройиздат, 1975. – 360с.
66. Новаківський І. І. Проектно-орієнтована організаційна система управління як ціль еволюції проектного менеджменту [Електронний ресурс] / І. І. Новаківський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів, 2009. – № 640 – С. 163-174.
67. Новиков Д. А. Управление проектами: организационные механизмы / Д. А. Новиков – М. : ПМСОФТ, 2007. – 40 с.
68. Обоснование допустимого времени эвакуации из зданий различного назначения: Отчетная справка / Стрельчук Н. А., Ройтман М. Я., Башкирцев М. П., Кривошеев И. Н., Котов Н. Л. – М. : ВШ ИВД СССР, 1972. – 41 с.
69. Овсяк В. К. Алгоритми: аналіз методів, алгебра впорядкувань, моделі, моделювання. – Львів, 1996. – 132 с.
70. Овсяк В. К. Засоби еквівалентних перетворень алгоритмів інформаційно-технологічних систем // Доповіді Національної академії наук України. – 1996. – №9. – С. 83-89.
71. Ограждения лестниц, балконов и крыш стальные. Общие технические условия: ГОСТ 25772–83. – [Чинні від 1984-01-01]. – М. : Издательство стандартов, 1983. – 14 с.
72. Ольшанский Д. В. Психологія мас / Д. В. Ольшанский – М. : СПб., 2002. – 368 с.
73. Предтеченский В. М. Эвакуация людей из зданий / Предтеченский В. М., Холщевников Б. Б. // Глава в учебнике «Охрана труда в строительстве», – М. : Высшая школа, 1978. – С. 353-376.
74. Предтеченский В. М. Закономерности движения людских потоков и вопросы нормирования коммуникационных путей многоэтажных зданий // Предтеченский В. М., Холщевников В. В. – Международный симпозиум "Многоэтажные здания". – М. : ЦНИИЭП жилища, 1972. – С. 63-68.
75. Предтеченский В. М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков / В. М. Предтеченский, А. И. Милинский – М. :

Стройиздат, 1979. – 375 с.

76. Пономаренко О. В. Механізми державного управління соціальними проектами та програмами: монографія [Текст] / О. В. Пономаренко. – Донецьк : Технопарк, 2010. – 344 с.

77. Пономаренко О., Пономаренко В. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі. – К. : Либідь. 1995. – 240 с.

78. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004–91. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://document.ua/ssbt.-pzharnaja-bezopasnost.-obshie-trebovanija-nor3057.html>

79. Пожарные нормы проектирования зданий и сооружений. Ч.2. Нормы проектирования : СНиП 11-2-80. – [Затверджені 1980-12-01]. – М. : Стройиздат, 1981. – 14 с.

80. Пожежна безпека. Терміни та визначення (Система стандартів безпеки праці) : ДСТУ 2272-93. – [Чинні від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1993. – 26 с. – (Державний стандарт України).

81. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір (ISO 6309:2007. IDT) : ДСТУ ISO 6309:2007 . – [Чинні від 2007-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 101 с. – (Національний стандарт України).

82. «Технічний регламент будівельних виробів, будівель та споруд»: Постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.06 № 1764.

83. «Про затвердження порядку організації робіт із забезпечення громадського порядку та безпеки під час проведення футбольних матчів»: Постанова Кабінету Міністрів України від 29.06.2004 року №823.

84. «Про порядок підготовки спортивних споруд та інших спеціально відведених місць для проведення масових спортивних та культурно-видовищних заходів»: Постанова Кабінету Міністрів України від 18.12.98 №2025.

85. «Про затвердження Державної цільової програми підготовки та проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу»: Постанова КМУ від 14 квітня 2010 р. № 357.

86. Рак Ю. П. Алгоритм оптимізації технологічних ліній малих друкарських систем. / Рак Ю. П. // 36. наук. праць Інституту проблем моделювання в



- енергетиці НАН України. – Вип. 7. – К. : ІПМЕ, 1999. – С. 112-116.
87. Рак Ю. П. Дослідження фізичних та якісних факторів впливу ефективної реалізації проектів систем спортивно-видовищного типу / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, А. І. Івануса, В. І. Вербний // Сучасні інформаційні технології в економіці і управлінні підприємствами, програмами і проектами: тези доп. X міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : ХАІ, 2012. – С. 187-189.
88. Рак Ю. П. Забезпечення умов пожежної безпеки при експлуатації спортивно-видовищних споруд на концептуальній стадії життєвого циклу проекту / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, С. Ю. Дмитровський, А. І. Івануса // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів, 2011. – № 18. – С. 51-57.
89. Рак Ю. П. Проектування технологічних ліній оперативної поліграфії: системний підхід / Ю. П. Рак, Р. Б. Дунець. – Дрогобич : НВЦ «Каменярь» ДДПУ, 2002. – 112 с.
90. Рак Ю. П. Информационные технологии управления проектом безопасной эвакуации из сооружений массового скопления людей / Ю. П. Рак, М. В. Черкаський, А. І. Івануса // Управління програмами приватно-державного партнерства з метою стабілізації розвитку України: зб. тез міжнар. конф. «Управління проектами у розвитку суспільства». – К. : КНУБА, 2012. – С. 179-181.
91. Рак Ю. П. Інноваційні інструменти управління проектом безпечної евакуації людей із спортивно-видовищних споруд (на прикладі львівського стадіону до Євро-2012) / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, А. І. Івануса, В. Б. Федан // Тези доп. ІХ міжнар. наук.-практ. конф.: «Сучасні інформаційні технології в економіці і управлінні підприємствами, програмами і проектами». – Харків : НАУ ім. Н. Є. Жуковського «ХАІ», 2011. – С. 121-123.
92. Рак Ю. П. К проблемам моделирования процесса реализации проект-методики эвакуации людского потока / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, А. И. Ивануса // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: матер. межд. научн.-практ. конф. – Гомель, 2012. – С. 109-111.
93. Рак Ю. П. Критерії та етапи оптимізації технологічних процесів малих друкарських систем. / Рак Ю. П. // Вісник ДУ "Львівська політехніка" № 373. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. — Львів, 1999. – С. 91-96.

94. Рак Ю. П. Малі друкарські системи: прогнозування, аналіз, синтез / Рак Ю. П.– К. : Наук. думка, 1999. – 256 с.
95. Рак Ю. П. Механізми формування регіональних портфельів проектів удосконалення безпеки життєдіяльності / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, Т. Є. Рак, Т. Б. Брич // Вісник ЛДУ БЖД. – 2009. – №3. – С. 8-15.
96. Рак Ю. П. Проектно-орієнтоване управління та комфортність реалізації проекту проведення міжнародних спортивних змагань / Ю. П. Рак, А. І. Івануса, В. І. Вербний // Управління проектами : стан та перспективи: матер. VIII-ої міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 165-167.
97. Рак Ю. П. Проектно-орієнтований підхід розрахунку часу безпечної евакуації людей із спортивно-видовищних споруд / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, А. І. Івануса // Управління проектами: стан та перспективи. Матер. VII міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв : НУК ім. адмірала Макарова, 2011. – С. 264-267.
98. Рак Ю. П. Проектно-орієнтовані принципи побудови класифікаційної моделі спортивно-видовищних споруд / Рак Ю. П., Зачко О. Б., Івануса А. І / Управління проектами та розвиток виробництва. – 2011. – № 1(37). – С. 14-20.
99. Рак Ю. П. Синтез технологічних ліній оперативної поліграфії за допомогою суміщених часових діаграм. / Рак Ю. П. // Збірник наук. праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. – Вип. 8. – Київ: ІПМЕ, 1999. – С. 33-36.
100. Рак Ю. П. Управління ризиком проектування стадіонів до Євро-2012 на концептуальній стадії життєвого циклу проекту / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, А. І. Івануса // Управління програмами приватно-державного партнерства з метою стабілізації розвитку України: тези доповідей міжн. конф. "Управління проектами у розвитку суспільства". – К. : КНУБА, 2011. – С. 180-181.
101. Рач В. А. Моделирование компетентного управления развитием субъектов хозяйствования с использованием категории «проектный потенциал» / В. А. Рач, Е. Н. Медведева, О. В. Россошанская / Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2008. – №1(25). – С. 156-163.
102. Рач В. А. Інновації в проектній діяльності та закономірності «провалів» продуктів проектів / В. А. Рач, В. В. Калюжний / Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2007. –

№3 (23). – С. 31-41.

103. Рач В. А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку / В. А. Рач, О. В. Россошанська, О. М. Медведєва // навч. пос. – Луганськ : К. : Лондон : [К.І.С.], 2010. – 276 с.

104. Рач В. А. Методологія системного підходу та наукових досліджень / В. А. Рач, О. В. Ігнатова // навч. посібник. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2010. – 224 с.

105. Рач В. А. Принципы системного подхода в проектном менеджменте / В. А. Рач // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2000. – № 1(1). – С. 7-9.

106. Рач В. А. Проектная деятельность в условиях глобализации и экономики знаний / В. А. Рач // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2004. – № 2 (10). – С. 55-62.

107. Рач В. А. Метод інваріантних показників опису стратегій розвитку як інструмент формування портфеля проектів / В. А. Рач, О. П. Коляда, О. А. Антонян // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. праць. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. – № 2(30). – С. 91-101.

108. Рач В. А. Компетентність управління проектом на основі системно-динамічної моделі методу освоєного обсягу / В. А. Рач, В. А. Запорожченко, О. В. Бирюков // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. праць. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2006. – №3(19). – С.54-63.

109. Рач В. А. Портфельне управління розвитком соціально-економічних систем. Частина 1. Модель визначення бенчмаркінгових значень показника стратегічної мети із використанням теорії нечітких множин / В. А. Рач, О. П. Коляда // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. праць. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. – № 1. – С. 144-151.

110. Резников Н. М. Комплексные спортивные сооружения [Текст.] / Н. М. Резников. М. : Высшая школа, 1980. – 244 с.

111. Ребенок А. В. Синергетична концепція стратегічного управління проектами / В. А. Рач, А. В. Ребенок // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. праць. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2006. – №2(18). – С. 30-36.

112. Регламент інфраструктури стадіонів та заходів безпеки проведення змагань з футболу /Федерація футболу України. – К., 2010. – 120 с.
113. Самофалов К. Г., Луцкий Г. М. Основы построения конвейерных ЭВМ. – К. : Виш. шк., 1981. – 223 с.
114. Самошин Д. А. Интернет и пожарная безопасность / Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – М., 2006. – №6 – С. 86-87.
115. Самошин Д. А. Расчет времени эвакуации людей. Проблемы и перспективы / Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – М. : Пожнаука, 2004. – Т13. – №1 – С. 33-46.
116. Самошин Д. А., Холщевников В. В. Проблемы подготовки персонала зданий с массовым пребыванием людей к действиям при пожаре и перспективные направления их решения / Д. А. Самошин, В. В. Холщевников // Тезисы докладов X международного форума «Технологии безопасности». – М. : МВЦ «Крокус – Экспо», 2005. – С. 12-15.
117. Системы параллельной обработки/ Под ред. Д. Ивенка. – М. : Мир, 1985. – 413 с.
118. Стадион как комплексный объект социального менеджмента / В. В. Алешин // Тез. докл. межд. конгр.: Человек в мире спорта: «Новые идеи, технологии, перспективы». – М.,1998. – Т.2. – С. 322-323.
119. Стивенс С. С. Экспериментальная психология. – I. : Иностранная литература, 1960-1963. – Т.1,2. – 685 с.
120. Теория выбора и принятия решений / И. М. Макаров, Т. М. Виноградская, А. А. Рубчинский и др. – М. : Наука, 1982. – 327 с.
121. Тернер Р. Руководство по проектно-ориентированному управлению / Р. Тернер. – Издательский дом Гребенникова, 2007. – 550 с.
122. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників. Постанова КМУ від 25.11.2009 р. № 1262.
123. Технология системного моделирования / Под ред. С. В. Емельнова и др. – М. : Машиностроение; Берлин : Техник, 1988. – 520 с.
124. Функционально–ориентованные процессы / Под ред. В. Б. Смолова. – Л. : Машиностроение, 1988. – 224 с.

125. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт – М. : Мир, 1966.
126. Холщевников В. В. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Жилищное строительство. – М., 2008. – С. 24-27.
127. Холщевников В. В. Безопасность эвакуации людей из высотных зданий и требования ее обеспечения в МГСН 4.19-2005. / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – М., 2006. – Т.15, №3. – С. 62-66.
128. Холщевников В. В. Эвакуация и поведение людей при пожарах / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин – М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. – 212 с.
129. Холщевников В.В. К вопросу безопасности использования лифтов при эвакуации из высотных зданий / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т15, №5 – С. 45-47.
130. Холщевников В. В. Компьютерная видео-презентация для целей подготовки людей к действиям при пожаре / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Системы безопасности. Материалы 13-й научно-практической конференции, 27-28 октября 2004 г. – М. : АГПС, 2004. – С. 256-259.
131. Холщевников Б. Б. Моделирование зависимостей между параметрами людских потоков // Исследования по основам архитектурного проектирования. – Томск : Изд. Томского гос. ун.-та, 1982 – С. 36-53.
132. Холщевников В. В. Моделирование и анализ движения людских потоков в зданиях различного назначения: Учеб. пособие / Холщевников В. В., Никонов С. А., Шамгунов Р. Н. – М., 1986. – 75 с.
133. Холщевников В. В. Натурные наблюдения людских потоков / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, И. И. Исаевич – М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. – 191 с.
134. Холщевников В. В. Нормирование безопасной эвакуации людей из высотных зданий / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Промышленное и гражданское строительство. – М., 2007. – №2 – С. 50-52.
135. Холщевников В. В. Проблемы оценки безопасности людей при пожаре в

- уникальных зданиях и сооружениях / В. В. Холщевников // Пожаровзрывобезопасность – М., 2003. – № 4. – С. 21-27.
136. Чирков В. Г. Выбор рациональных технических решений: Беседы о методах. – К. : Техника, 1991. – 159 с.
137. Шафер Д. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат / Шафер Дональд, Фатрелл Роберт, Шафер Линда : пер. с англ. – М. : «Вильямс», 2003. – 1136 с.
138. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем // Искусство и наука. – М., 1978. – 418 с.
139. Шильдс Д. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 1. Анализ реальных пожаров и видеозаписей неаносированных эвакуаций с целью количественного и качественного описания влияния персонала на ход эвакуации / Д. Шильдс, К. Е. Бойс, В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – №1 – С. 44-52.
140. Шильдс Д. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 2. Действия в смоделированной ситуации "пожар в торговом комплексе" / Д. Шильдс, К. Е. Бойс, В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – №3. – С. 47-58.
141. Шильдс Д. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 3. Анализ системы подготовки персонала к действиям при пожаре и рекомендации по ее усовершенствованию / Д. Шильдс, К. Е. Бойс, В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – №6 – С. 48-56.
142. Шурин Е. Т. Выделение групп населения по мобильным качествам и индивидуальное движение в людском потоке как основа моделирования движения "смешанных" людских потоков при эвакуации / Е. Т. Шурин, А. В. Апаков // Проблемы пожарной безопасности в строительстве. – 2001. – С. 36-42.
143. Юрчишин В. М. Информатика, програмування і ЕОМ. – К., 1991. 224 с.
144. Brewster P. W. Disaster education and training : linking individual and organizational learning and performance / In Koenig CL and Schultz CH (ed.). Disaster medical : comprehensive principles and practices. – Cambridge University

Press, 2010 – pp. 21-32.

145. Fire Safety Engineering. Proceedings of the Eighth International Symposium "Fire Safety Science, Beijing, China, 18-23 Sept. – China, 2005. – pp. 519-530.

146. Football Association (1991) The control of crowds at football matches. FA Handbook 1990/91, London, Football Association.

147. Guide to Safety at Sports Grounds: ISBN 011 300095. – 2 Crown copyright, 1997.

148. Hakobyan A., et al. Dynamic generation of accident progression event trees, Nuclear Engineering and Design, 2008 – pp. 3457-3467.

149. Kholoshevnikov V. V., Shields T. J., Boyce K. E., Samoshin D. A. Recent developments in pedestrian flow theory and research in Russia. Fire Safety Journal, vol. 43 (2008), pp. 108–118.

150. Muta E., Sato H., Ouchi T., Hara V. Study on a total Safety System. CIB Symposium "Systems Approach to Fire 'Safety in Building", Tzukuba (Japan), 1979, volw1, pp. 79-92.

151. Novelli D., Drury J. and Reicher, S. (2010). Come together: two studies concerning the impact of group relations on personal space, The British journal of social psychology / the British psychological Society, Jun, 49 (Pt2), pp. 223-236.

152. Proulx G., (2001). Occupant behavior and evacuation. Proceedings of the International Fire Protection Symposium, Munich, pp. 219-232

153. Rak Yu. P. Information technologies in strategic management of vital activity safety project portfolios / Yu.P. Rak, V. V. Kovalyshyn, O. B. Zachko, I. G., Barabash, A. I. Ivanusa // Eastern-European journal of enterprise technologies. – Kharkiv, 2011. – №1/5(49). – С. 42-44.

154. Rak Y. P. Minimizing of the risk of the project construction of the stadium at the conceptual stage of project life cycle / Y. P. Rak, O. B. Zachko, A. I. Ivanusa, D. S. Kobylkin // Мат. II-ої міжнар. конф. «Ділове та публічне адміністрування». – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2012. – С. 237-240.

155. Ruppel U. and Lange M., An integrative process model for cooperation support in civil engineering, Journal of Information Technology in Construction, 2009. vol. 11, pp. 509-528.

156. Samochine D. A. Shields T. J., Boyce K. E. Development of a fire safety training

tool for staff in retail stores. Proceedings of the Third International Symposium on Human Behaviour in Fire. Belfast, UK, 2004, pp. 355-366.

157. Samochine D. A., Boyse K. and Shields J. (2005). An investigation into staff behavior in unannounced evacuation of retail stores – implication for training and fire safety engineering. *Fire Safety Science*, 9, pp. 519-530.

158. Sanytr A. Methods for the calculation of escape times from buildings under danger conditions. International 'Association for Housing Science (IHHS) Congress, Vienna, October 1981. *Housing Science*, vol. 5.

159. Sekizava A., Kakegawa S. and Ebihara , M. Review of a real multi-story store fire by applying evacuation and smoke movement interactive simulation model. *Fire Safety Science* 9, 2009, pp. 477-488.

160. Shi L. et al. Developing a database for emergency evacuation model, *Building and Environment* 44, 2009, pp. 1724-1729.

161. Siikonen M. L., Hakonen H. Efficient evacuation methods in tall buildings, 2003 pp. 78-83.

162. Stadium Infrastructure Regulations, UEFA, Edition 2006. – 15 p.

163. Taveres R. M. Evacuation Processes Versus Evacuation Models. *Fire Technology* 45, 2009, pp. 419-430.

164. Wong L. T., Cheung T. F. Evaluation probable risk of evacuees in institutional buildings. *Safety Science*, 44, 2006, 169-181.



### **Додаток А. Акти впровадження**

У додатку винесені акти впровадження результатів дисертаційного дослідження:

- у Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області (Додаток А.1);
- на ТзОВ «Укрдизайнгруп» (Додаток А.2).

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Начальник Головного управління  
 ДСНС України у Львівській області  
 генерал-майор служби цивільного захисту  
 Дмитровський С. Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**  
 наукових досліджень  
**Івануси Андрія Івановича**

Цим актом підтверджується, що за результатами дисертаційної роботи ад’юнкта кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності Івануси А.І. в Головному управлінні ДС України НС у Львівській області впроваджено розроблені моделі та метод топологічного аналізу і синтезу при проектно-орієнтовному управлінні людськими потоками на спортивно-видовищній споруді «Арена Львів» під час евакуації людей у безпечну зону у випадку пожежі чи надзвичайної ситуації. Запропоновані моделі та метод, що характеризують рух людських потоків, вдосконалюють систему евакуації, створюють умови для використання пожежної та аварійно-рятувальної техніки на ранніх стадіях розвитку пожежі чи надзвичайної ситуації, в результаті чого підвищується ефективність діяльності рятувальної служби та рівень безпеки спортивно-видовищної споруди та дозволяють забезпечити повну евакуацію людей із стадіону «Арена Львів» у межах 8 хвилин, що відповідає рекомендаціям УЄФА.

Начальник управління  
 запобігання надзвичайним ситуаціям

Ю.З. Іванишин

Начальник відділу нормативно-технічної роботи  
 та контролю за системами протипожежного захисту

Ю.О. Юренц

Ад’юнкт Львівського державного  
 університету безпеки життєдіяльності

А.І. Івануса

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Директор ТзОВ  
«Укрдизайнгруп» у м. Львові

І. С. Кузьмак

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### **АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

наукових досліджень ад’юнкта кафедри управління проектами,  
інформаційних технологій та телекомунікацій  
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності  
старшого лейтенанта служби цивільного захисту  
Івануси Андрія Івановича

Цим актом підтверджується, що впровадженні в ТзОВ «Укрдизайнгруп» результати дисертаційних досліджень у вигляді програмного продукту «ТОПАЛ-ЕВАКАС 1.0» дають змогу:

- провести, на основі розроблених моделей, теоретичний розрахунок часу евакуації людей із спортивної споруди «Арена Львів», який надалі дав змогу провести оптимізацію портфеля проектів управління безпечної експлуатації споруди, з метою підвищення рівня її безпеки та комфорту;
- на основі методу топологічного аналізу, здійснити експертизу евакуаційної системи в проекті побудови нових чи реконструкції старих спортивно-видовищних споруд, внаслідок чого розв’язується задача рентабельності та раціональності використання ресурсів в проектах.

Провідний програміст, системник  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності

В.Б. Федан

Ад’юнкт Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності

А.І. Івануса

## Додаток Б. Реалізація проектів БЕ СВС за допомогою використання спеціального програмного забезпечення

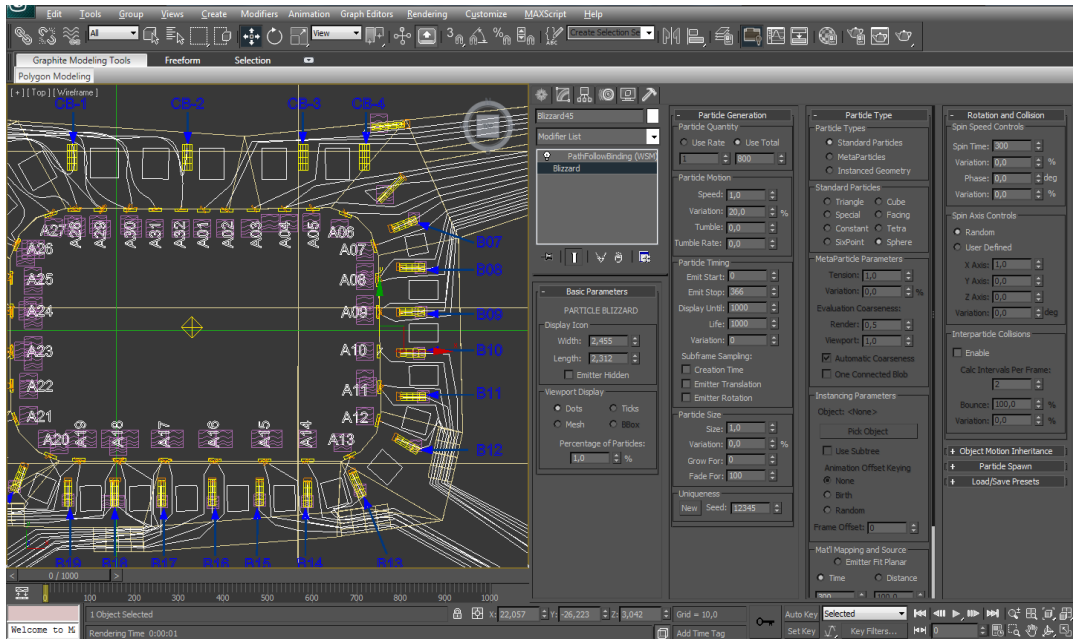


Рис. Б.1. Вікно представлення процесу моделювання руху зацікавлених сторін проектів БЕ СВС

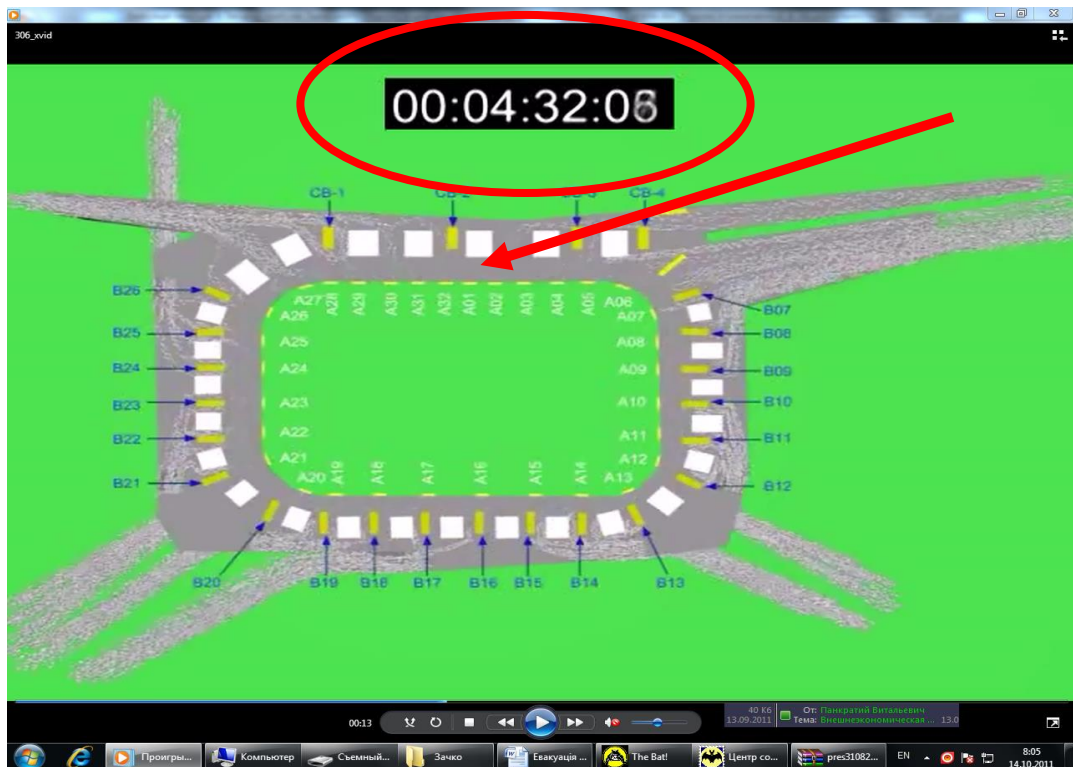


Рис. Б.2. Вікно динамічної презентації результатів реалізації проектів БЕ СВС «Арена Львів»

## Додаток В. Порівняння результатів реалізації проектів БЕ СВС

Таблиця В.1

Порівняльна таблиця значень результатів реалізації проектів БЕ СВС у відповідності до нормативно-правової бази України та рекомендацій УЄФА

Вимоги	Нормативно-правова база України	Рекомендації УЄФА	Різниця значень
Евакуація людей із нижнього ярусу споруди, (хв)	7,81	7,06	0,75
Евакуація людей із верхнього ярусу споруди, (хв)	5,35	5,55	0,20