

*А.Л. Яловець*

## АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СПОР

Розглядаються особливості проектування, розроблення та функціонування системи підтримки прийняття рішень СПОР. Наводиться архітектура системи та обґрунтовується вибір мови реалізації системи. Розглядаються два функціонально орієнтованих середовища системи СПОР, кожний з яких націлений на вирішення спеціалізованих завдань зі створення та оброблення електронних планів дій. Детально аналізуються функціональні можливості складових підсистем цих середовищ та обґрунтовується доцільність використання системи підтримки прийняття рішень СПОР для вирішення проблем оперативного управління протидією надзвичайним ситуаціям у ситуаційних центрах.

Ключові слова: архітектура, система підтримки прийняття рішень, надзвичайна ситуація, електронний план дій, оперативна електронна карта, схема дій.

### Вступ

Система підтримки прийняття рішень (СППР) СПОР [1, 2] за своїми властивостями є інструментом керівників та працівників ситуаційних центрів [3], в обов'язки яких входить прийняття оперативних управлінських рішень щодо протидії надзвичайним ситуаціям (НС). Метою СППР СПОР є підтримка процесів прийняття рішень з управління протидією НС за рахунок надання можливості швидкого і точного визначення складу та послідовності необхідних дій з урахуванням обставин оперативної ситуації, їх поточних змін, наявних сил, засобів і ресурсів (СЗР) та можливих альтернатив у їх використанні.

Зазначені послідовності необхідних дій містяться у планах дій (ПД). Як показано в [4], в основу традиційного (неавтоматизованого) планування протидій НС покладено ПД, які готуються заздалегідь, є директивними вказівками, призначеними для впорядкування дій та/або використання СЗР у процесі протидії НС та за своєю суттю є стратегічними текстовими інструкціями, які враховують можливості регіону НС на час складання ПД. Але в процесі протидії НС, як правило, формується тактика протидії, основна мета якої полягає в оперативній оцінці існуючих СЗР регіону НС на момент виникнення НС та адаптації ПД до реальної ситуації.

Виходячи з цієї точки зору, в СППР

СПОР в основу процесу оперативного управління протидією НС покладено типові електронні ПД (ЕПД) [5], які є певними аналогами вищезазначених ПД. Але, на відміну від ПД, що являють собою детерміновані текстові описи дій щодо протидії деякій НС, типові ЕПД містять формалізовані багатоальтернативні схеми дій (СхД), кожна з яких потенційно застосована для протидії такій НС. У разі виникнення НС засобами СППР СПОР здійснюється автоматизована адаптація типового ЕПД до властивостей регіону НС. Далі актуалізований ЕПД використовується для автоматизованого супроводження процесу протидії НС засобами СППР СПОР. Зазначені процеси підтримуються засобами відповідних підсистем СППР СПОР та здійснюються завдяки прийнятим архітектурним рішенням і реалізованим функціональним можливостям, які доцільно докладно розглянути.

Виходячи з цього, метою даної статті є розгляд архітектури та функціональних можливостей СППР СПОР.

### 1. Архітектура та мова реалізації СППР СПОР

Архітектуру СППР СПОР подано на рис. 1. В архітектурі системи можна умовно виділити дві укрупнені функціонально орієнтовані складові (Середовище формування даних для моделювання та

Середовище моделювання процесів протидії НС), пов'язані між собою через підсистему керування процесом моделювання (див. рис. 1).

До складу Середовища формування даних для моделювання входять дві підсистеми, засобами яких виконується створення (або завантаження), підготовка, редагування та збереження ЕПД та оперативних електронних карт (ОЕК), необхідних для функціонування середовища моделювання процесів протидії НС. Останнє, в свою чергу, включає до свого складу три підсистеми СППР СПОР, що використовуються для пошуку та вибору оптимальних (за заданими критеріями) схем дій (СхД), та автоматизованого супроводження їх виконання у реальному масштабі часу. Функціональні можливості підсистем, що входять до складу зазначених середовищ, розглянуто в п. 2 статті.

В свою чергу, засобами підсистеми керування процесом моделювання забезпечуються процеси активації функцій підсистем, належних до згаданих середовищ. Так, ініціалізуючи СППР СПОР засобами даної підсистеми виконується активація функцій підсистем Середовища формування даних для моделювання (водночас відповідні опції меню СППР СПОР стають *enabled*). Якщо далі користувач СППР СПОР здійснюватиме якісь дії засобами підсистем цього Середовища (наприклад, створюватиме або завантажуватиме ЕПД або ОЕК), то засобами підсистеми керування процесом моделювання відбудеться активація функцій підсистем Середовища моделювання процесів протидії НС (відповідні опції меню СППР СПОР стануть *enabled*). Якщо ж користувач почне здійснювати якісь дії засобами підсистем Середовища моделювання процесів протидії НС, то деактивуються функції підсистем Середовища формування даних для моделювання (відповідні опції меню СППР СПОР стануть *disabled*). Зауважимо, що процеси передачі управління зазначеним Середовищам засобами підсистеми керування процесом моделювання схематично описані в коментарях до цієї підсистеми в архітектурі СППР СПОР (див. рис. 1).

Для реалізації СППР СПОР використано мову PDC Visual Prolog 5.2 (VIP) з наступних міркувань: по-перше, VIP – це реляційна мова, завдяки чому суттєво спрощується створення, обробка та збереження різноманітних баз даних, необхідних для опису даних про СЗР при створенні ЕПД; по-друге, VIP – це мова логічного програмування, в якій реалізовано механізм зворотного логічного виводу, що ґрунтується на методі резолюцій, та використовується в СППР СПОР для виконання процесу пошуку СхД на ЕПД.

## 2. Функціональні можливості підсистем СППР СПОР

**2.1. Підсистема побудови та редагування ЕПД** забезпечує можливість візуального проєктування ЕПД шляхом діалогової або автоматизованої вставки піктограм-елементів зображення відповідної операції в графічне робоче поле, їх об'єднання в послідовності та автоматизованої параметризації змісту операцій (завдання значень різних характеристик, що описують операцію; вибору засобів виконання операції та формування їхніх кількісних характеристик тощо).

ЕПД мають теоретико-графову структуру [5], в якій вершинами є конкретні операції, а дугами – з'єднувальні елементи, що у сукупності формує послідовно-паралельну структуру, яка відповідає розгалуженій багатоальтернативній структурі процесу протидії НС. Семантика процесу протидії задається за допомогою впорядкованої множини операцій, кожна з яких формалізується за допомогою множини параметрів, типи і значення яких однозначно характеризують сутність даної операції.

Ефективність та простота візуального формування ЕПД досягається завдяки множині операцій, згрупованих у різні функціональні групи [5], потужність яких дозволяє домогтися адекватності у формалізації процесу протидії будь-якій НС. Засобами підсистеми виконується збереження та завантаження сформованих типових ЕПД, копіювання, переміщення та видалення їхніх елементів.

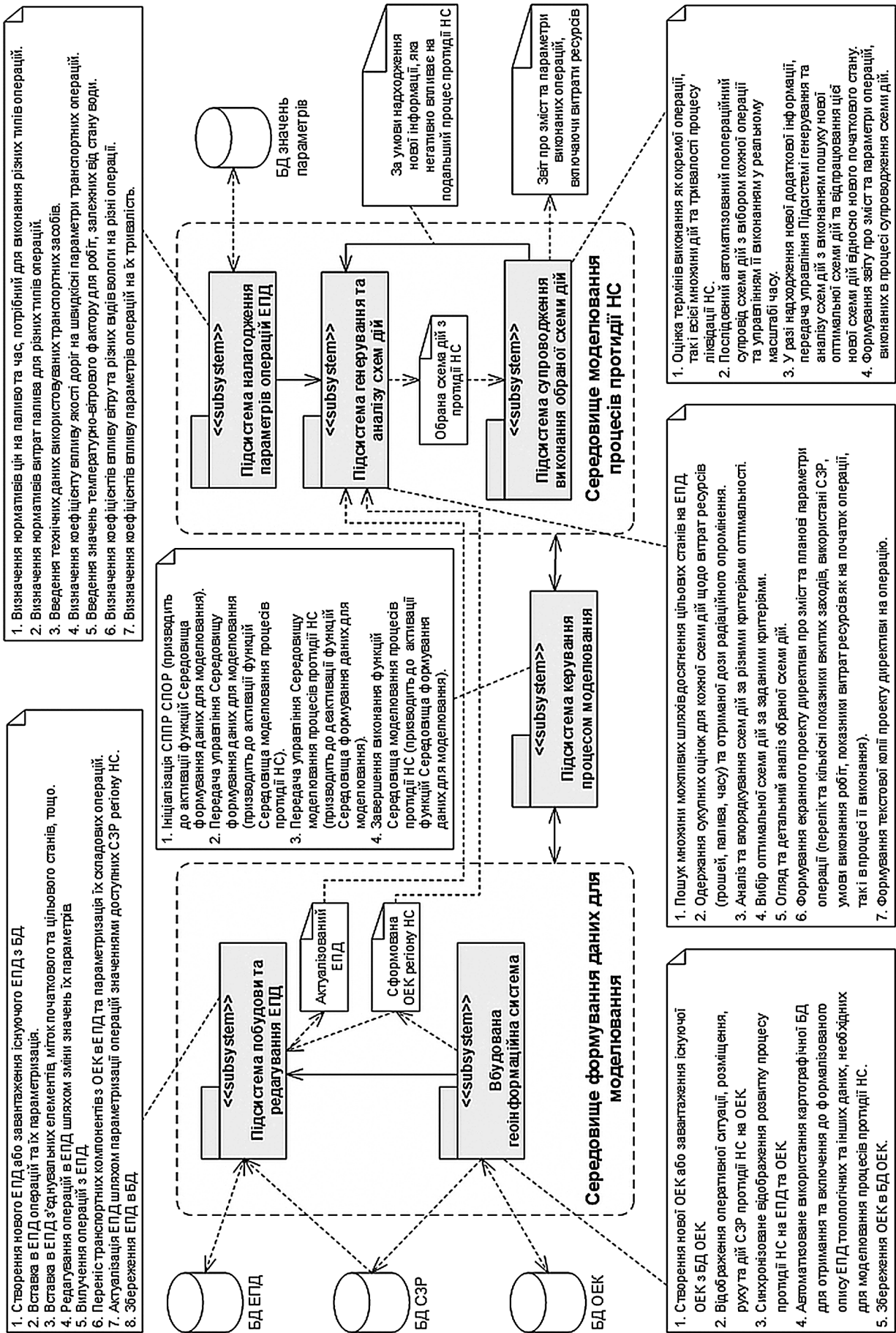


Рис.1. Архітектура СППР СПОР

**2.2. Вбудована геоінформаційна система (ГІС) забезпечує створення та використання автономних ОЕК, що застосовуються у складі СППР СПОР.** ОЕК створюються фільтрацією необхідної інформації з картографічних БД ГІС ArcView.

Функції ГІС включають: створення ОЕК шляхом вирізання фрагмента, який відповідає регіону НС, із загальної карти відображення оперативної ситуації, розміщення, руху та дій сил і засобів на ОЕК; синхронізоване відображення розвитку процесу протидії НС на ЕПД та ОЕК; автоматизоване використання картографічної БД для отримання та включення до ЕПД різної інформації (в тому числі транспортних комунікацій регіону НС), необхідної для моделювання функцій СЗР протидії НС.

Слід зауважити, що засобами підсистем, що входять до складу Середовища формування даних для моделювання, здійснюється адаптація типового ЕПД як до реальних властивостей і можливостей регіону НС, так і до особливостей самої НС. Водночас, процес адаптації типового ЕПД забезпечується за рахунок:

1. Збереження у ЕПД лише тих альтернативних технологій протидії НС, які забезпечені необхідними СЗР (для цього, зокрема, використовується БД СЗР

регіону НС, що буде розглянуто нами в подальших статтях);

2. Остаточної автоматизованої параметризації операцій, що складають дієздатні технології протидії НС;

3. Автоматизованого додавання в ЕПД картографічної інформації з БД ОЕК про транспортні комунікації та автоматичну параметризацію транспортних операцій.

У наслідку виконання зазначеної адаптації формується ЕПД, що за структурою та змістом відповідає реальним можливостям регіону НС (див. рис. 2).

**2.3. Підсистема генерування та аналізу схем дій** використовує результати функціонування підсистем, що належать до Середовища формування даних для моделювання. Зокрема, ця підсистема використовує адаптований ЕПД для розв'язання задачі пошуку оптимальної СхД за множиною критеріїв оптимізації, визначених користувачем СППР СПОР. Зауважимо, що для формування множини СхД на ЕПД (як системи можливих шляхів досягнення цільових станів на ЕПД) використовується пошук в глибину з поверненням.

У результаті визначення користувачем критеріїв оптимізації (тобто системи

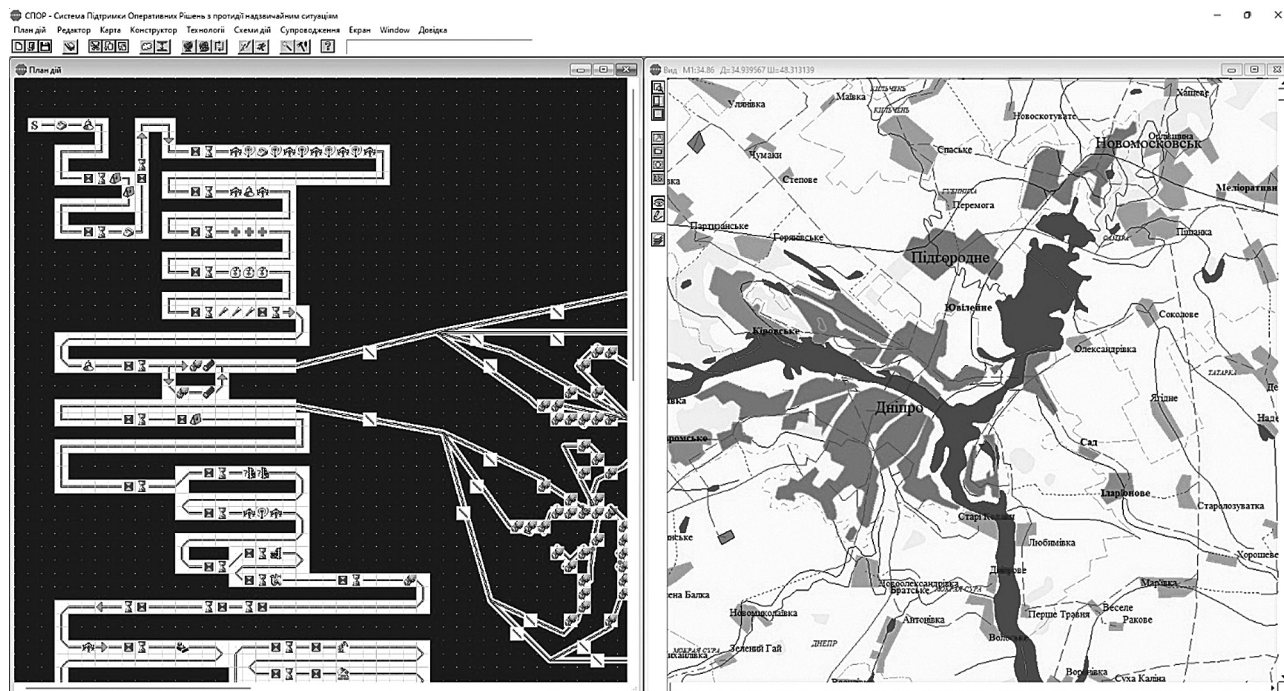


Рис. 2. Приклад ОЕК та ЕПД, адаптованого до регіону НС

обмежень на ресурси) і, у разі необхідності, вагових коефіцієнтів пріоритетності їх врахування, засобами підсистеми виконується: пошук системи можливих шляхів досягнення цільових станів на ЕПД; отримання сукупних оцінок для кожної СхД за витратами ресурсів (грошей, палива, часу) та отриманої дози радіаційного опромінювання; аналіз та впорядкування СхД за різними критеріями; вибір оптимальної СхД за заданими критеріями; огляд та детальний аналіз обраної СхД; формування екранного проєкту директиви про зміст та планові параметри операції (що включає перелік та кількісні показники вжитих заходів, використані сили та засоби, умови виконання робіт, показники витрат ресурсів як на початок операції, так і в ході її виконання); формування текстової копії проєкту директиви на операцію як у форматі MS Word, так і в html-форматі.

Таким чином, вибір користувачем конкретної СхД, що є оптимальною за заданими критеріями, відповідає однозначному визначенню детермінованої послідовності операцій, що сукупно утворюють доцільну (для даної ситуації) технологію протидії даній НС, процес виконання якої повністю забезпечений необхідними СЗР і відповідає всій заданій системі обмежень.

**2.4. Підсистема налагодження параметрів операцій ЕПД** підтримує процеси визначення та збереження в базі даних нормативних значень параметрів операцій, використовуваних для створення ЕПД. Результати функціонування цієї підсистеми застосовуються підсистемою генерування на аналізу схем дій для визначення кількісних показників витрат ресурсів.

Засобами підсистеми здійснюється: визначення нормативів цін на паливо та час, потрібний для виконання різних типів операцій; визначення нормативів витрат палива для різних типів операцій; введення технічних даних використовуваних транспортних засобів; визначення коефіцієнту впливу якості доріг на швидкісні параметри транспортних операцій; введення значень температурно-вітрового фактору для робіт, залежних від стану

води; визначення коефіцієнтів впливу вітру та різних видів вологи на різні операції; визначення коефіцієнтів впливу параметрів операцій на їхню тривалість.

Завдяки врахуванню нормативних значень параметрів за умови автоматичного обчислення витрат ресурсів для кожної СхД вдається об'єктивно та завчасно оцінити планові цінові та часові характеристики різних варіантів процесу протидії НС.

**2.5. Підсистема супроводження виконання обраної схеми дій** використовує СхД, вибрану користувачем по результатах роботи підсистеми генерування та аналізу схем дій.

Підсистема супроводження виконання обраної СхД дозволяє керувати в реальному масштабі часу процесом супроводження виконання СхД (з відображенням цих процесів на ОЕК) та можливістю втручання користувача в цей процес за умови надходження додаткової інформації, яка може негативно вплинути на подальший процес протидії НС.

Приклад роботи цієї підсистеми СППР СПОР із супроводження виконання обраної СхД показано на рис. 3.

У процесі супроводження відбувається: оцінка термінів виконання як усієї СхД та тривалості процесу протидії НС, так і часу виконання окремої операції; послідовне автоматизоване поопераційне супроводження СхД з вибором кожної операції та управлінням її виконання в реальному масштабі часу; оперативне редагування виконання СхД у разі надходження нової додаткової інформації та відпрацювання нової СхД щодо нового початкового стану.

У разі надходження нової інформації щодо НС, яка впливає на ефективність, зміст і структуру процесу протидії, відбувається автоматизоване переривання процесу супроводження виконання СхД, мітка початкового стану на ЕПД переноситься на місце останньої виконаної операції і здійснюється повторний пошук оптимального рішення на актуалізованому ЕПД з нової початкової мітки. Після вибору нової СхД процес супроводження поновлюється.

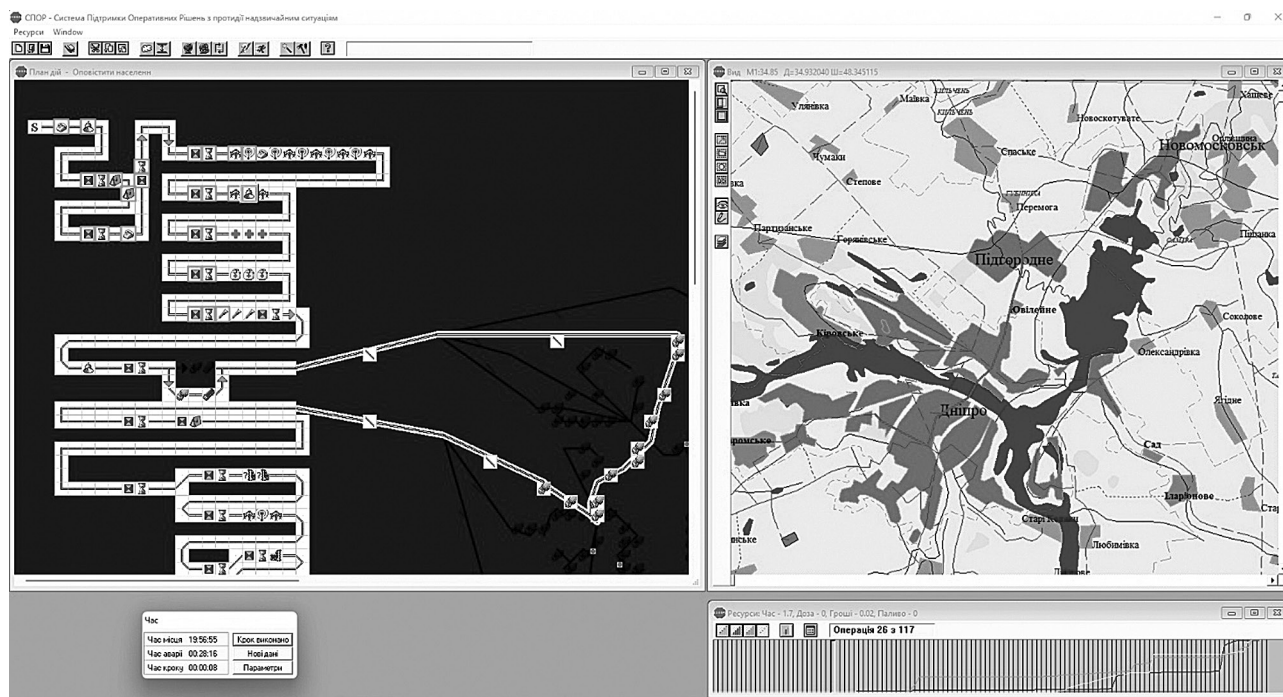


Рис. 3. Приклад процесу супроводження виконання СхД засобами СППР СПОР

Таким чином, описані процеси оперативного вибору і супроводження виконання СхД дозволяють забезпечити ефективно управління процесом протидії НС за рахунок спільного злагодженого вирішення складних завдань розподілу функцій сукупностей сил і засобів та визначення необхідних ресурсів на тлі виконання завдань протидії НС.

### Висновки

У статті представлено архітектуру та функціональні можливості СППР СПОР, де останні описано через функціональні можливості складових підсистем СППР СПОР, які власне і забезпечують реалізовану функціональність всієї системи.

Основні акценти в статті зроблено на питаннях створення ЕПД та їх використання для пошуку множини СхД, вибору з них оптимальної за визначеними критеріями оптимальності та оперативного супроводження виконання вибраної СхД в рамках управління процесами протидії НС. Адже саме ці питання є найбільш важливими для демонстрації переваг використання СППР СПОР для вирішення проблем управління протидією НС в ситуаційних центрах.

На цьому тлі стає цілком очевид-

ним, що використання традиційних ПД, про які йшлося у вступі до статті та в [4], не дозволяє виконувати завдання, що вирішуються засобами розглянутих в статті підсистем СППР СПОР.

### Література

1. Арістов В.В., Коломієць Є.А., Кондращенко В.Я., Яловець А.Л. Система підтримки оперативних рішень («СПОР»). Свідчення про реєстрацію права на твір №13585. Державний департамент інтелектуальної власності України, 2005.
2. Кондращенко В.Я., Яловець А.Л. Моделирование процессов оперативного управления противодействием чрезвычайным ситуациям. *Електронне моделювання*, 2011. Т.33, №3. С. 23 – 37.
3. Яловець А.Л. Ситуаційні центри та проблема оперативного управління протидією надзвичайним ситуаціям. *Математичні машини і системи*, 2022. № 4. С. 53 – 61.
4. Яловець А.Л. Аналітичний огляд світових підходів з управління протидією надзвичайним ситуаціям. *Математичні машини і системи*, 2023. № 1. С. 84 – 100.
5. Яловець А.Л. Про формалізацію планів дій з протидії надзвичайним ситуаціям. *Проблеми програмування*, 2023. №1. С. 39 – 47.

### References

1. Aristov V.V., Kolomiets E.A., Kondrashchenko V.Ya., Yalovets A.L. 13585 “Operational decision support system («ODSS»)”. The State Department of Intellectual Property of Ukraine, 2005. (in Ukrainian).
2. Kondrashchenko V.Ya., Yalovets A.L. Modeling of processes of operational management of counteraction to emergency situations. *Electronic modeling*, 2011. V.33, No. 3. P. 23 – 37. (in Russian).
3. Yalovets A.L. Situational centers and the problem of operational management of countermeasures to emergency situations. *Mathematical machines and systems*, 2022. № 4. P. 53 – 61. (in Ukrainian).
4. Yalovets A.L. Analytical review of global emergency management approaches. *Mathematical machines and systems*, 2023. № 1. P. 84 – 100. (in Ukrainian).
5. Yalovets A.L. On the formalization of emergency action plans. *Problems in programming*, 2023. № 1. P. 39 – 47. (in Ukrainian).

### Про автора:

Яловець Андрій Леонідович,  
доктор технічних наук,  
головний науковий співробітник.  
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – понад 100.  
Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 5.  
<http://orcid.org/0000-0001-6542-3483>

### Місце роботи автора:

Інститут проблем математичних машин та систем НАН України.  
03187, Київ-187,  
проспект Академіка Глушкова, 42.  
Тел.: (044) 526 13 69.  
E-mail: [andriy.yalovets@gmail.com](mailto:andriy.yalovets@gmail.com)

Одержано: 02.05.2023 р.