

УДК 614.841

М. Ю. Удовенко, С. В. Цвіркун, канд. техн. наук, доцент,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ, ЗДІЙСНЕНИХ У FIRE DYNAMICS SIMULATOR

У статті описаний процес розробки програмного забезпечення для аналізу та візуалізації результатів розрахунків небезпечних чинників пожежі, які проводяться в програмному комплексі *Fire Dynamics Simulator*. Обґрунтовано необхідність такого програмного забезпечення.

При моделюванні фізичних процесів, які відбуваються під час пожежі у великих будівлях зі складними конструктивними рішеннями, дослідник повинен розташовувати у тривимірній моделі велику кількість віртуальних датчиків, показники яких зберігаються в окремий файл. Ці дані не адаптовані для аналізу людиною, вони мають машинно-орієнтоване представлення, а тому працювати з ними потрібно зі спеціально розробленими інструментами. Проведено аналіз існуючого програмного забезпечення, яке може опрацьовувати дані, згенеровані програмним комплексом *Fire Dynamics Simulator*. Визначені сильні і слабкі сторони такого програмного забезпечення. Сформовані вимоги до власного програмного забезпечення.

Досліджено сучасний стан справ у сфері обробки та візуалізації інформації. Визначені основні інформаційні технології, які дозволяють швидко і якісно створювати графіки та діаграми.

Розроблено і апробовано роботу власного програмного забезпечення.

Новизна даного дослідження полягає в тому, що в Україні відсутні аналоги такого програмного забезпечення, а також в тому, що у власній розробці був розширений функціонал вже існуючих закордонних програмних продуктів, які орієнтовані на вирішення схожих задач.

Основні цілі, що були досягнуті колективом розробників, це суттєва економія часу на обробку результатів та значно підвищений рівень інформативності графіків. Відображені на графіках величини дозволяють відразу оцінювати інформацію без необхідності використання довідників та інших допоміжних засобів.

Ключові слова: інтерактивна візуалізація, аналіз даних, небезпечні чинники пожежі, *Fire Dynamics Simulator*, *Python Pandas*, *Numpy*, *JupyterLab*, *plotly*.

Постановка проблеми. Візуалізація інформації – це потужна інтерактивна стратегія при дослідженні даних. Спеціалісти із будь-якої сфери діяльності можуть застосовувати інструменти інтерактивної візуалізації інформації для таких цілей як: ефективне виявлення неякісних даних або аномальних значень та більш глибокого розуміння процесу, який досліджується [15].

Методи інтерактивної візуалізації дозволяють використовувати дані не просто як статичне зображення, а як динамічний інструмент.

Слід розуміти, що ефективна візуалізація може бути реалізована лише за умови якісної попередньої обробки даних [16]. Тобто, до того як буде побудований необхідний досліднику графік чи діаграма, дані потрібно опрацьовувати та адаптувати.

Візуалізація даних широко застосовується і в питаннях, що стосуються забезпечення пожежної безпеки. Одним з прикладів такого застосування є проведення розрахунків із розповсюдження небезпечних чинників пожежі (НЧП) у приміщеннях. Метою цих розрахунків є визначення мінімального часу, протягом якого перебування в приміщенні або будівлі є

безпечним для людей. Результати розрахунку часу настання дії небезпечних чинників пожежі в подальшому використовують в розрахунках часу евакуації людей у разі пожежі.

Найбільш фундаментальним інструментом для розрахунку небезпечних чинників пожежі є безкоштовний програмний продукт Fire Dynamics Simulator (FDS) [5]. Результати розрахунків, зроблених за його допомогою, мають високу якість, але недоліком цього програмного продукту є те, що він не має власних інструментів для візуалізації даних саме у вигляді графіків або діаграм.

Цю проблему вирішує ряд платних програмних продуктів, розроблених в США та Росії, але ціна на ці продукти досить висока.

Таким чином виникає необхідність мати інструмент для візуалізації результатів розрахунків, зроблених у FDS, який був би безкоштовним, якісним і підтримував би українську мову за умовчанням.

У даній статті розглядається процес розробки такого інструменту з використанням безкоштовних (freeware) [17], відкритих (open source) [18] інформаційних технологій.

(З постановки задачі стає зрозуміло, що наукова задача вже розв'язана)

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Так як FDS є відкритим програмним засобом – для нього розробляють різні оболонки, метою яких є додавання графічного інтерфейсу користувача та розширення функціоналу для візуалізації результатів розрахунків.

Найбільш відомими оболонками для FDS є Pyrosim (США) [1] та FireRisk (Російська Федерація) [2]. Обидві ці оболонки є платними.

Візуалізацію у форматі 3D, яка стосується розповсюдження теплових полів та інших показників, можна зробити у безкоштовному додатку SmokyView [4].

Для аналізу та візуалізації отриманих даних також часто використовують Microsoft Excel [3].

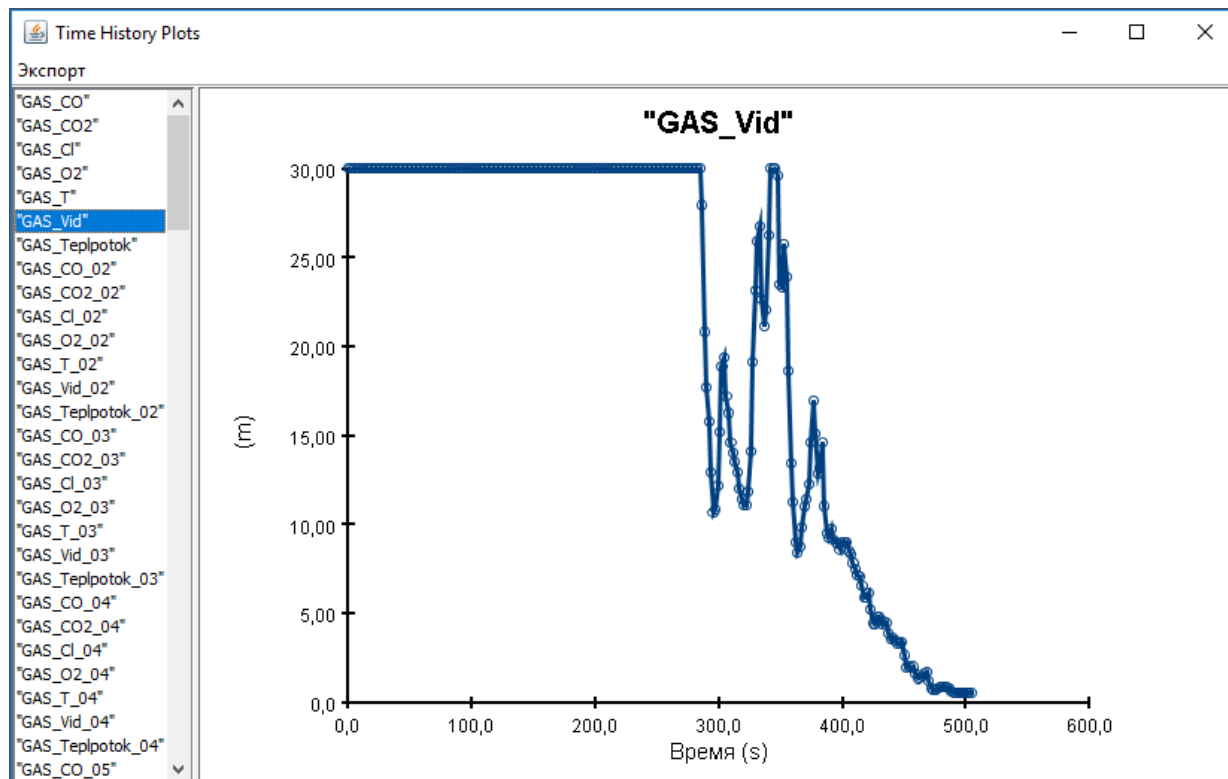


Рисунок 1 - Приклад візуалізації даних в Pyrosim.

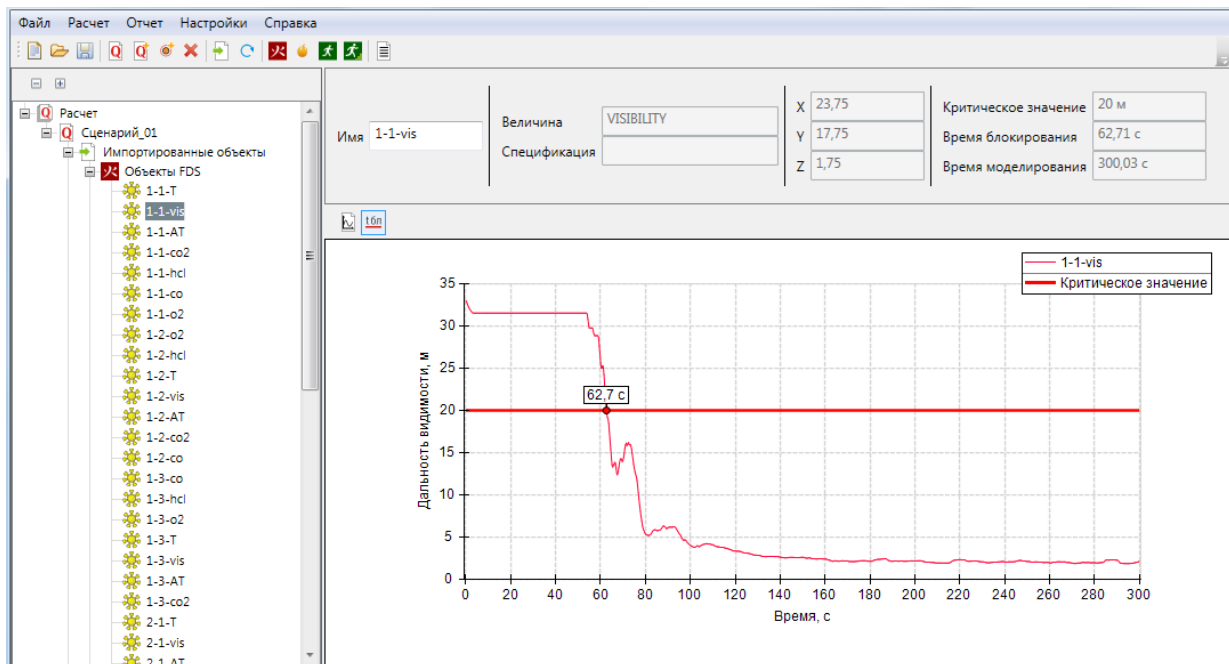


Рисунок 2 - Приклад візуалізації даних в FireRisk.

Розглянемо особливості кожного із названих методів візуалізації даних.

SmokeView – безкоштовний програмний засіб, який розповсюджується разом із FDS. Призначений для візуалізації результатів розрахунків у тривимірному форматі. Графіки не буде.

Pyrosim – платне програмне забезпечення. Являє собою надбудову над FDS для створення 3D-моделей будівель та приміщень. Має функцію побудови графіків на основі файлів *_devc.csv (рис. 1). Графіки зберігаються у графічні файли визначеного розміру вручну (що є досить незручно в роботі з великими масивами даних), до того ж на графіках не відображається час настання небезпечної дії НЧП та його критичного значення.

FireRisk – платне програмне забезпечення. Являє собою русифіковану надбудову над FDS, також комплекс містить в собі русифіковану версію Pyrosim. Має функцію побудови графіків зміни НЧП в часі (рис. 2) де вказуються час настання небезпечного чинника, а також межа критичного значення. Графіки показників можуть комбінуватись для порівняння.

MS Excel – платне програмне забезпечення, частина програмного продукту Microsoft Office. Функціонал MS Excel дозволяє обробляти файли *.csv, але пошук

необхідних значень проводиться вручну або за допомогою скриптової мови програмування Visual Basic for Applications, що може створювати певні незручності для користувача у випадку обробки великих масивів даних. Має дуже ефективні інструменти для побудови графіків, але кожен графік потрібно будувати окремо для кожного показника, що може забирати багато часу у користувача.

MS Excel можна замінити на безкоштовні аналоги, такі як Apache Open Office, але цей спосіб матиме такі ж недоліки стосовно кількості часу для побудови графіків для великих масивів даних.

Формулювання цілей статті. Для демонстрації актуальності обраної теми беремо для прикладу розрахунок небезпечних чинників пожежі в умовному торговельно-розважальному комплексі (ТРК). Обрана секція ТРК містить в собі різноманітні локації, такі як кафетерії, батути, ігрові кімнати, невеликі сцени.

Так як стеля приміщення має арочну форму, а по площі приміщення існують перепади висот до 2-х метрів, нам не достатньо розмістити віртуальні датчики (device) [1, ст. 126] біля евакуаційних виходів. Потрібно вибрати додаткові місця в найбільш небезпечних зонах та в місцях імовірного скупчення людей під час

евакуації. З урахуванням розмірів секції ТРК та інженерно-конструктивних рішень на її території приймається рішення проводити контроль небезпечних чинників пожежі в 23 позиціях (на різних висотах). Розрахунок здійснюємо для 10 хвилин розповсюдження пожежі.

В результаті розрахунків ми отримуємо файл формату CSV [14], який містить 283 рядки (дані для 10 хвилин розвитку пожежі) та 161 стовбець (23 віртуальні датчики по 7 параметрів кожен).

Для обробки такого масиву даних вручну знадобиться багато часу, до того ж існує велика імовірність допустити помилку або пропустити значення.

Враховуючи вищевикладене, метою даної статті є описання процесу розробки інструменту для ефективного аналізу масиву результатів отриманих у FDS, який матиме наступні особливості:

1. Весь процес обробки даних має проводитись за допомогою безкоштовних програмних засобів та інформаційних технологій.
2. Вихідні дані мають бути українізовані.
3. Розміри графічних файлів можуть бути визначені користувачем.
4. Автоматичне формування зведеної таблиці, де буде вказаний точний час настання критичного значення того чи іншого небезпечного чинника пожежі.
5. Для забезпечення комфортної роботи з графічними файлами їх назви автоматично формуються таким чином, щоб розташовувались на фізичному носіїві у логічній послідовності. Тобто у назвах файлів відображається як номер самого віртуального датчика так і визначена послідовність його параметрів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети будемо використовувати мову програмування Python [10], бібліотеки для обробки масивів даних NumPy [9] та Pandas [8], бібліотеку для візуалізації Plotly [19] [7], оболонки Anaconda [11] та JupyterLab [12], які активно використовуються у сфері Data Science (наука про дані).

Вирішення задачі будемо здійснювати наступними етапами: очистка інформації від

нечислових значень, автоматичне визначення кількості віртуальних датчиків, визначення переліку небезпечних чинників пожежі, обробка кожного стовбця для пошуку критичного значення та часу його настання, формування зведеної таблиці критичних значень для кожного віртуального датчика, створення розширених графіків для кожного параметру, який досяг критичного значення.

Гранично допустимі значення по кожному з НЧП:

- за підвищеною температурою: 70 °С;
- за тепловим потоком: 1400 Вт/м²;
- за втратою видимості: 20 м;
- за зниженим вмістом кисню: 0,226 кг/м³;
- за концентрацією CO₂: 0,11 кг/м³;
- за концентрацією CO: 1,16 · 10⁻³ кг/м³;
- за концентрацією HCL: 23 · 10⁻⁶ кг/м³.

Розроблений програмний засіб працює за наступним алгоритмом:

1. Завантаження файлу CSV (користувач вказує шлях, де розташовується файл).
2. Аналіз файлу та автоматичне визначення кількості параметрів в кожному віртуальному датчику (мається на увазі, що не завжди використовуються всі вище перераховані НЧП, наприклад розрахунок може проводитись без врахування концентрації HCL).
3. Формування масивів даних з українізованими назвами НЧП, з критичними значеннями для кожного НЧП, з величинами в яких представлені значення НЧП.
4. Циклічний перебір кожного стовбця під час якого проводиться пошук критичних значень та часу їх настання. Якщо таке значення відсутнє – графік для цього стовбця не будується.
5. Побудова графіків для кожного стовбця, який містить критичне значення НЧП.

Кожен графік відображає три величини:

- зміну значення НЧП протягом часу вимірювання;
- час досягнення критичного значення (в секундах);

- граничне значення НЧП, яке зображується прямою пунктирною лінією помаранчевого кольору і дає змогу робити вибірки тих періодів коли значення НЧП може знаходитись вище або нижче гранично допустимої норми.
- 6. Збереження усіх результатів в окремі файли.

Після завершення обробки розрахункових даних користувач отримує не тільки графік, який відповідає усім вимогам, які були сформовані на початку статті, а ще й зведену таблицю в якій відображено час настання небезпечної дії небезпечного чинника пожежі у місці розташування кожного віртуального датчика.

Таблиця 1 – «Автоматично згенерована зведена таблиця часу досягнення критичних значень НЧП в місцях розташування віртуальних датчиків»

Датчик	СО	СО ₂	НСІ	О ₂	Температура	Видимість	Тепловий потік
Датчик №1	489	-	424	-	500	289	-
Датчик №2	-	-	433	-	489	376	-
Датчик №3	345	-	176	394	394	169	-
Датчик №4	338	-	158	361	361	138	-
Датчик №5	403	-	171	394	352	124	-
Датчик №6	414	-	192	390	378	165	-
Датчик №7	-	-	493	-	-	480	-
Датчик №8	428	-	244	428	396	185	-
Датчик №9	423	-	205	410	378	181	-
Датчик №10	462	-	298	473	464	248	-
Датчик №11	-	-	392	-	-	295	-
Датчик №12	489	-	378	-	466	311	-
Датчик №13	-	-	360	-	-	298	-
Датчик №14	-	-	320	-	-	304	-
Датчик №15	-	-	451	-	-	439	-
Датчик №16	-	-	478	-	-	468	-
Датчик №17	-	-	484	-	-	453	-
Датчик №18	-	-	482	-	-	406	-
Датчик №19	-	-	-	-	-	-	-
Датчик №20	457	-	270	-	502	228	-
Датчик №21	-	-	405	-	-	304	-
Датчик №22	-	-	394	-	500	318	-
Датчик №23	-	-	363	-	-	288	-

Датчик №1: Втрата видимості

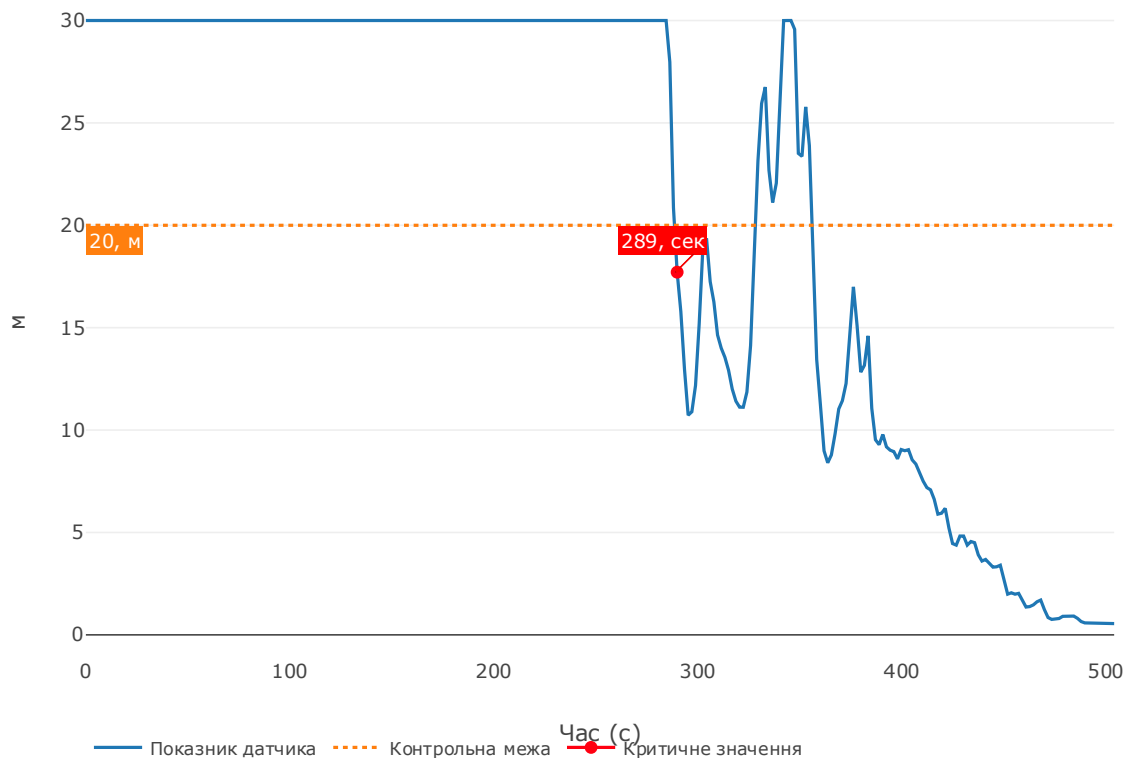


Рисунок 3 - Приклад візуалізації даних у власному програмному продукті.

Висновки. Розроблено програмний засіб для обробки та візуалізації результатів розрахунків, здійснених програмним комплексом FDS.

Описано алгоритм роботи та використання програмного засобу, який обробляє файл з результатами розрахунків розповсюдження НЧП за допомогою програмного комплексу FDS.

Проведено апробацію програмного засобу під час розрахунку небезпечних чинників пожежі в умовному торговельно-розважальному комплексі.

Розроблений програмний засіб відповідає усім вимогам, які були сформовані на стадії постановки задачі.

Також за час розробки описаного програмного продукту були більш глибоко вивчені технології візуалізації, що дозволяє в майбутньому його вдосконалювати та адаптувати під такі вимоги користувачів, які не були враховані у першій версії.

Перспективи подальших досліджень. Використання технологій візуалізації інформації дозволяє суттєво економити час на формування звітних матеріалів та швидко обробляти великі масиви даних.

Візуалізація інформації є складовою частиною сучасного напрямку у сфері інформаційних технологій, яка називається Наука про дані (Data Science). Наука про дані зараз дуже швидко розвивається і охоплює велику кількість методик та інструментів по обробці різноманітних даних, від текстів до відео і графічних зображень.

Тому перспективність полягає у впровадженні новітніх технологій по роботі з даними в сферу пожежної безпеки та використання їх не тільки для розрахунку небезпечних чинників пожежі, а й для інших потреб.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. PyroSim User Manual 2018. URL: <https://bit.ly/2QfeqMg> (дата звернення: 10.05.2019).
2. FireRisk. Руководство пользователя 2019. URL: <https://bit.ly/2VPmBVG> (дата звернення: 02.05.2019).
3. Невдах В. В. Компьютерное моделирование пожара в помещении, методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физико-математическое моделирование систем охраны и безопасности». Минск, БНТУ, 2014.
4. Smokeview, A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume I: User's Guide. NIST Special Publication 1017-1 Sixth Edition.
5. Fire Dynamics Simulator. User's Guide. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition.
6. PyroSim 2016. Примеры построения расчетных моделей для решения различных задач пожарной безопасности зданий и сооружений. Контарь Н. А. Карькин И. Н. Екатеринбург, 2016.
7. It's 2019 - Make Your Data Visualizations Interactive with Plotly. URL: <https://bit.ly/2Enwxej> (дата звернення: 20.04.2019).
8. Pandas: powerful Python data analysis toolkit (Mar 12, 2019 Version: 0.24.2). URL: <https://bit.ly/2sxj9eQ> (дата звернення: 10.05.2019).
9. NumPy. URL: <https://www.numpy.org/> (дата звернення: 10.05.2019).
10. Python 3.7.3. URL: <https://bit.ly/2IjLRjW> (дата звернення: 10.05.2019).
11. Anaconda. The Enterprise Data Science Platform. URL: <https://www.anaconda.com/> (дата звернення: 10.05.2019).
12. JupyterLab Documentation. URL: <https://bit.ly/2HFzUOO> (дата звернення: 10.05.2019).
13. JupyterLab и Jupyter Notebook - мощные инструменты Data Science. URL: <https://proglab.io/p/jupyter/> (дата звернення: 10.05.2019).
14. RFC 4180: Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. URL: <https://bit.ly/2dyCSIB> (дата звернення: 15.05.2019).
15. The purpose of visualization is insight, not pictures: An interview with visualization pioneer Ben Shneiderman. URL: <https://bit.ly/2uaBhуp> (дата звернення: 15.05.2019).
16. What Steps should one take while doing Data Preprocessing? URL: <https://bit.ly/2Qi322y> (дата звернення: 15.05.2019).
17. Виды бесплатных лицензий для программного обеспечения. URL: <https://bit.ly/2YMxmW7> (дата звернення: 16.05.2019).
18. Что такое Open Source. URL: <https://bit.ly/2JQA8oQ> (дата звернення: 16.05.2019).
19. Plotly Python Open Source Graphing Library. URL: <https://plot.ly/python/> (дата звернення: 01.05.2019).

REFERENCES

1. PyroSim User Manual 2018. URL: <https://bit.ly/2QfeqMg> (Last accessed: 10.05.2019).
2. FireRisk. Руководство пользователя 2019. URL: <https://bit.ly/2VPmBVG> (Last accessed: 02.05.2019).
3. Nevдах V. V. Kompiuternoe modelyrovanye pozhara v pomeshchenyyu, metodycheskye ukazaniya po vypolnennyu laboratornykh rabot po dystsyplyne «Fyzyko-matematycheskoe modelyrovanye system okhrany y bezopasnosty». Mynsk, BNTU, 2014.
4. Smokeview, A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume I: User's Guide. NIST Special Publication 1017-1 Sixth Edition.
5. Fire Dynamics Simulator. User's Guide. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition.
6. PyroSim 2016. Prymery postroeniya raschetnykh modelei dlia resheniya razlychnykh zadach pozharnoi bezopasnosty zdanyi y sooruzheniy. Kontar N. A. Karkyn Y. N. Ekaterynburh, 2016.

7. It's 2019 - Make Your Data Visualizations Interactive with Plotly. URL: <https://bit.ly/2Enwxej> (Last accessed: 20.04.2019).

8. Pandas: powerful Python data analysis toolkit (Mar 12, 2019 Version: 0.24.2). URL: <https://bit.ly/2sxj9eQ> (Last accessed: 10.05.2019).

9. NumPy. URL: <https://www.numpy.org/> (Last accessed: 10.05.2019).

10. Python 3.7.3. URL: <https://bit.ly/2IjlrjW> (Last accessed: 10.05.2019).

11. Anaconda. The Enterprise Data Science Platform. URL: <https://www.anaconda.com/> (Last accessed: 10.05.2019).

12. JupyterLab Documentation. URL: <https://bit.ly/2HFzUOO> (Last accessed: 10.05.2019).

13. JupyterLab и Jupyter Notebook - мощные инструменты Data Science. URL: <https://proglab.io/p/jupyter/> (Last accessed: 10.05.2019).

14. RFC 4180: Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. URL: <https://bit.ly/2dyCSIB> (Last accessed: 15.05.2019).

15. The purpose of visualization is insight, not pictures: An interview with visualization pioneer Ben Shneiderman. URL: <https://bit.ly/2uaBhyp> (Last accessed: 15.05.2019).

16. What Steps should one take while doing Data Preprocessing? URL: <https://bit.ly/2Qi322y> (Last accessed: 15.05.2019).

17. Vydy besplatnykh lytsenzyi dlia proqrammnoho obespechenya. URL: <https://bit.ly/2YMxmW7> (Last accessed: 16.05.2019).

18. Chto takoe Open Source. URL: <https://bit.ly/2JQA8oQ> (Last accessed: 16.05.2019).

19. Plotly Python Open Source Graphing Library. URL: <https://plot.ly/python/> (Last accessed: 01.05.2019).

*М. Ю. Удовенко, С. В. Цвиркун, канд. техн. наук, доцент,
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля
Национального университета гражданской защиты Украины*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ, ПРОВЕДЕННЫХ В FIRE DYNAMICS SIMULATOR

В статье описан процесс разработки программного обеспечения для анализа и визуализации результатов расчетов опасных факторов пожара, которые проводятся в программном комплексе Fire Dynamics Simulator. Обоснована необходимость такого программного обеспечения.

Во время моделирования физических процессов, которые происходят во время пожара в больших зданиях со сложными конструкторскими решениями, исследователь должен размещать в трехмерной модели большое количество виртуальных датчиков, показания которых сохраняются в отдельном файле. Эти данные не адаптированы для анализа человеком, они имеют машинно-ориентированное представление, и поэтому работать с ними нужно при помощи

специально разработанных инструментов. Проведен анализ существующего программного обеспечения, которое может обрабатывать данные, сгенерированные программным комплексом Fire Dynamics Simulator. Описаны сильные и слабые стороны этого программного обеспечения. Сформулированы требования к собственному программному обеспечению.

Изучено современное положение в сфере обработки и визуализации информации. Определены основные информационные технологии, которые позволяют быстро и качественно создавать графики и диаграммы.

Разработано и апробировано собственное программное обеспечение.

Новизна данного исследования заключается в том, что в Украине отсутствуют аналоги такого

программного обеспечения, а также в том, что в собственной разработке был расширен функционал уже существующих иностранных программных продуктов, которые ориентированы на решение схожих задач.

Основные цели, которые были достигнуты коллективом разработчиков,

это существенная экономия времени на обработку результатов и значительно повышен уровень информативности графиков. Отображённые на графиках величины позволяют сразу оценивать информацию без необходимости использования справочников или других вспомогательных инструментов.

*M. Y. Udovenko, S. V. Tsvirkun, PhD, docent,
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Defence of Ukraine*

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR PREPROCESSING AND VISUALISATION CALCULATIONS MADE IN FIRE DYNAMICS SIMULATOR

The article describes the software development process for analyzing and visualizing the results of calculations of dangerous fire factors that are carried out in the Fire Dynamics Simulator software package. The necessity of such software is also substantiated.

During the simulation of physical processes that occur during a fire in large buildings with complex design solutions, the researcher must place a large number of virtual sensors in a three-dimensional model, the results of which are stored in a separate file. These data are not adapted for human analysis, they have a machine-oriented view, and therefore you need to work with them using specially designed tools. Analyzed the existing software that can process the data generated by the software package Fire Dynamics Simulator. The strengths and weaknesses of this software

are described. Formulated requirements for their own software.

Studied the current situation in the field of processing and visualization of information. The main information technologies that allow you to quickly and accurately create graphs and charts are identified.

The novelty of this study lies in the fact that there are no analogues of such software in Ukraine.

The main goal that was achieved by the development team is significant time savings on processing the data. Also was significantly increased the level of informativeness of the charts. The values displayed on the graphs allow you to immediately evaluate information without the need for reference books or other tools.