

**Мельник О.Г.**

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

**Мельник Р.П.**

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

## ПРОЄКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

*Дослідження присвячене проєктуванню сучасних методів і технічних засобів цивільного захисту з метою виконання завдання із прогнозування в реальному часі передумов виникнення пожеж у будівлях і спорудах житлового фонду. Це стало основою для створення засобів цивільного захисту – інформаційних систем із попередження виникнення пожеж і передачі оперативної інформації для прийняття управлінських рішень.*

*Розроблена інформаційна система базується на використанні методу групового урахування аргументів за рахунок його адаптації до предметної сфери. Запропонована технологія дозволяє виконувати надскладні завдання з отримання інтегральних даних зі стану об'єктів моніторингу пожежної безпеки як послідовність, що містить скоординовані між собою складники, адаптовані до змін сторонніх впливів.*

*Для впровадження результатів дослідження використано систему залишкових класів, яка є найбільш ефективним методом підвищення швидкодії та достовірності роботи спеціалізованих засобів обчислювальної техніки. Подальші дослідження були спрямовані на пошук системи числення, що забезпечила б швидку реалізацію системи залишкових класів. Запропоновано реалізувати її на основі позиційної надлишкової системи числення, а це дозволяє гарантовано знаходити помилки, адже помилки у прогнозуванні можуть призвести до нерационального використання сил і засобів органів і підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій і значної втрати коштів.*

*Також розвинуто методи синтезу дискретних пристроїв на основі систем числення з постійною кількістю одиниць. Розроблено математичну модель суматора для двійково-четвіркової системи числення з постійною кількістю одиниць, у якій використовуються інверсні розряди. Така модель суматора формує сигнал переносу в парафазному коді, повністю контролює правильність виконання всіх операцій разом із переносом.*

*Отримані результати дозволяють забезпечити точність прогнозування впродовж трьох днів із середньою похибкою від 1,2 до 2,6%.*

**Ключові слова:** цивільний захист, прогнозування пожеж, житловий фонд, інформаційна система, алгоритмічна концепція, метод групового урахування аргументів, система залишкових класів, система числення.

**Постановка проблеми.** Протягом останніх кількох років в Україні спостерігається тенденція до зростання кількості надзвичайних ситуацій, збільшення їх масштабів і кількості жертв [1]. Аналіз результатів практичної діяльності органів і підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій і єдиної державної системи цивільного захисту загалом свідчить про те, що існують суттєві недоліки в забезпеченні оперативного реагування на надзвичайні ситуації (НС) різного характеру, прийнятті своєчасних і обґрунтованих рішень. Це призводить до неналежного рівня організації державного управління у НС та інформаційного забезпечення [2].

У зв'язку зі збільшенням кількості НС сьогодні набирає обертів проблема недостатньої кількості

сил і засобів органів та підрозділів служби цивільного захисту для ліквідації наслідків НС. Тому гостро стоїть питання щодо попередження та надшвидкого реагування на передумови виникнення НС різного характеру, а надалі – й отримання оперативної інформації під час ліквідації НС для прийняття ефективних управлінських рішень, адже попередження виникнення НС або хоча б якнайшвидше реагування на них дозволить мінімізувати наслідки, зменшити кількість залучених сил і засобів для їх ліквідації та як наслідок – зберегти життя та здоров'я громадян, захистити майно та зекономити державні кошти.

Україна знаходиться на тому етапі розвитку, коли перед теорією і практикою державного управ-

ління постають завдання модернізації органів і підрозділів ДСНС України та системи цивільного захисту загалом [3]. Одним зі шляхів модернізування служби цивільного захисту є впровадження сучасної техніки та засобів цивільного захисту – інформаційних технологій із попередження НС та інформаційного забезпечення для прийняття управлінських рішень. Щодо питання запобігання виникненню таких НС, як пожежі в житловому секторі, то пропонується впровадження заходів профілактики на базі техніки та засобів цивільного захисту – сучасних інформаційних систем. Реалізація цього завдання суттєво залежить від достовірності й оперативності інформації, що підлягає моніторингу, на основі якого приймаються управлінські рішення.

Однак сьогодні проблема автоматизації прогнозування передумов виникнення пожеж у будівлях і спорудах житлового фонду залишається невирішеною через відсутність адаптованих методів у галузі прогнозування та спеціальних засобів збору первинної інформації, засобів обчислювальної техніки, що в реальному часі могли б забезпечити вирішення цього завдання [4].

Таким чином, перед нами ставилося важливе науково-технічне завдання – розроблення сучасних методів і технічних засобів із метою виконання завдання із прогнозування в реальному часі передумов виникнення пожеж у будівлях і спорудах житлового фонду.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науково-технічний прогрес дедалі більше привертає увагу до модернізації та вивчення питання проєктування новітніх засобів цивільного захисту, таких як автоматичні й автоматизовані системи, створення різних систем моніторингу й управління. Автором роботи [3] проведено аналіз сучасного стану модернізації системи цивільного захисту України, розкрито шляхи та завдання її подальшого розвитку. У дослідженні [5] запропонована автоматична система моніторингу електроспоживання. Однак детальний аналіз вищезазначених досліджень показав, що вони не відповідають вимогам до використання у сфері цивільного захисту та пожежної безпеки, оскільки не враховують усі параметри електричних мереж і їхні зміни, що можуть стати причинами виникнення пожеж.

У дослідженні [6] запропоновано рішення для проєктування систем моніторингу пожежної безпеки із застосуванням бездротових датчиків і передавання даних контрольованих параметрів пожежі в режимі on-line. Проте ця система фіксує

лише виникнення пожеж, а не їхнє попередження. Застосування автоматизованих систем перетворення інформації для моніторингу стану пожежної безпеки та використання системи залишкових класів у разі недостатньої інформативності було розглянуто в роботі [7]. У [8] було продовжено вивчення можливості застосування системи залишкових класів з урахуванням рішення задачі прогнозування пожеж. Однак у [7; 8] не проведено синтез та аналіз кодованих систем числення, що могли б застосовуватися в реалізації системи залишкових класів.

Детальне вивчення вищезазначених наукових робіт показало, що наявні методи та технічні засоби моніторингу НС не дають змоги виявити саме передумови виникнення пожеж у житловому секторі. Така ситуація дозволяє стверджувати, що наукове дослідження розробки засобів цивільного захисту, а саме комп'ютеризованої системи прогнозування пожеж у житловому секторі на основі показників електромережі є доцільним.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є розроблення методів і технічних засобів багаторівневого комп'ютеризованого моніторингу стану пожежної безпеки житлового сектору, що слугуватиме основою для створення засобів цивільного захисту – інформаційних систем із попередження виникнення пожеж і передачі оперативної інформації для прийняття управлінських рішень.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі задачі:

- розробити методи моделювання передпожежного стану електричних мереж у житлових приміщеннях;
- визначити системи числення, які дозволять розробити апаратні засоби прогнозування пожеж у житловому секторі;
- синтезувати математичні моделі дискретних пристроїв і функціональні схеми для апаратної реалізації задачі прогнозування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Активна інформатизація всіх сфер життєдіяльності людини вимагає прийняття та впровадження оперативних і високоефективних рішень на всіх рівнях державного управління в ЄДСЦЗ. Якісний рівень прийнятих рішень залежить від достовірності та змістовності інформації, що підлягає аналізу, її підготовки й узагальнення, а також подання її у відповідній формі. Все це свідчить про безумовну актуальність розробки систем збору, передачі, опрацювання, візуалізації та документування статистичної інформації. Правильно опрацьовану аналітичну інформацію можна використовувати

для оцінки, моделінгу та завчасного прогнозування виникнення пожеж у житловому секторі [9].

Теоретично доведено, що одним із ефективних підходів до вдосконалення пожежної безпеки житлового сектора є застосування техніки та засобів цивільного захисту з моніторингу по багаторівневому перетворенню інформації [7]. Запропонована технологія дозволяє виконувати надскладні завдання з отримання інтегральних даних зі стану об'єктів моніторингу пожежної безпеки як послідовність, що містить скоординовані між собою складники, які адаптовано до змін сторонніх впливів. Такі наукові дослідження, як [8; 10] доводять ефективність методу групового урахування аргументів для використання у сфері завчасного прогнозування пожеж у житловому секторі та визначають споживання електроенергії як показника дистанційного прогнозування.

У продовження дослідження цього питання нами здійснений експеримент, результати якого представлені на рис. 1, що дозволяє зробити висновок про те, що вхідний масив даних для прогнозування передпожежного стану житлового сектору містить достатній перелік елементів. На основі цих даних можна синтезувати адекватні прогнозні моделі за багаторядним алгоритмом методу групового урахування аргументів.

Особливо слід відзначити ту обставину, що зі зростанням прогнозного періоду збільшується середнє значення похибки прогнозування. Якщо тривалість прогнозного періоду 3 кроки, то похибка прогнозування зростає на 1,4%, водночас вона залишається прийнятною.

Модель прогнозу передумов виникнення пожежі у квартирі – це поліном Колмогорова – Габора:

$$y = w_0 + \sum_{i=1}^m w_i x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m w_{ijk} x_i x_j x_k + \dots, \quad (1)$$

де  $x = \{x_i | i = 1, \dots, m\}$  – множина вільних змінних;  $w$  – вектор параметрів вагових коефіцієнтів  $w = \langle w_i, w_{ij}, w_{ijk}, \dots | i, j, k, \dots = 1, \dots, m \rangle$ ;  $x$  – вільна

змінна. Базова модель лінійна відносно параметрів  $w$  та нелінійна відносно вільних змінних  $x$ .

На базі методу групового урахування аргументів було отримано модель прогнозу квартири, що є складним поліномом. Житловий сектор моніторингу – це множина споживачів електроенергії, тому на кожен квартиру (житловий будинок) необхідно отримати таку модель. Окрім цього, згенеровані моделі з часом «старіють», тому потрібно їх періодично перераховувати. Для одержання даних зі стану електромережі у житлових приміщеннях необхідні великі працезатрати, час і високотехнологічні засоби обчислювальної техніки. Всі ці вимоги сьогодні майже унеможливають проведення постійного аналізу стану електромереж житлового сектору. Це стало підґрунтям для проведення подальших досліджень.

У науковій роботі [4] розроблено структурну схему комп'ютеризованої системи, що демонструє реалізацію методу прогнозування передпожежного стану у житловому секторі.

Для реалізації цієї комп'ютеризованої системи прогнозування передумов виникнення пожеж у житловому секторі нами запропонована алгоритмічна концепція побудови програмно-апаратних засобів прогнозування пожеж у житловому секторі, представлена на рис. 2.

У наукових дослідженнях [7; 8] було підтверджено зможу використання системи залишкових класів для забезпечення оперативності розрахунку моделей квартир, а також доведено правильність вибору системи числення, що найефективніше виконує операції множення, додавання та віднімання. У системі залишкових класів всі числа є своїми залишками від ділення на обрану систему основ. Результатом розрахунків поліномів кожної окремої житлової оселі буде модель у табличній формі.

Після ряду досліджень нами було обрано позиційну двійково-четвіркову систему числення з постійною кількістю одиниць [4].

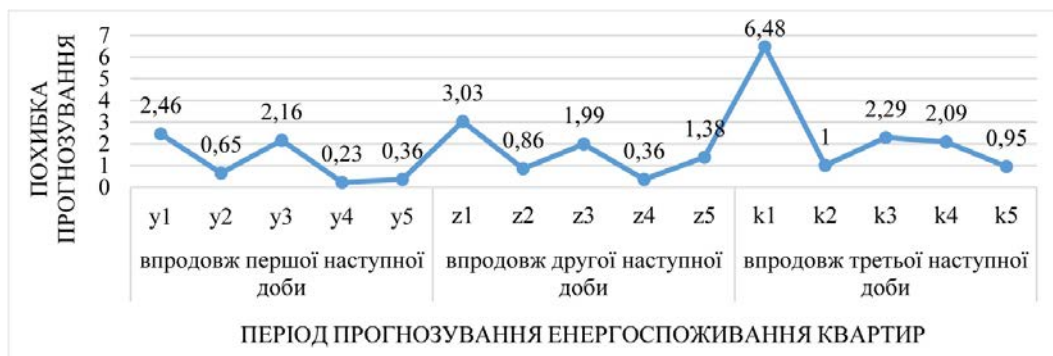


Рис. 1. Результати прогнозування енергоспоживання квартир

Контроль помилок у такій системі числення буде здійснюватися:

$$\bar{F} = F_1 \cup F_2 \cup \dots \cup F_k \cup \dots \cup F_n, \quad k \in [1, n], \quad (2)$$

де

$$F_k = A_{4n} \bar{A}_{4n-1} \bar{A}_{4n-2} \bar{A}_{4n-3} \cup \bar{A}_{4n} A_{4n-1} \bar{A}_{4n-2} \bar{A}_{4n-3} \cup \bar{A}_{4n} \bar{A}_{4n-1} A_{4n-2} \bar{A}_{4n-3} \cup \bar{A}_{4n} \bar{A}_{4n-1} \bar{A}_{4n-2} A_{4n-3}$$

Така система числення гарантує виявлення всіх помилок непарної кратності за значної простоти

пристрою контролю інформації, тому ця система числення є перспективною для використання у спеціалізованих системах засобів цивільного захисту з прогнозування передпожежного стану в житловому секторі та системах управління пожежною безпекою.

Оскільки сьогодні відсутні схематехнічні рішення, що могли б поєднати особливості обох систем – системи залишкових класів і двійково-четвіркової системи числення з постійною кількістю одиниць, – необхідно синтезувати арифметичні пристрої.

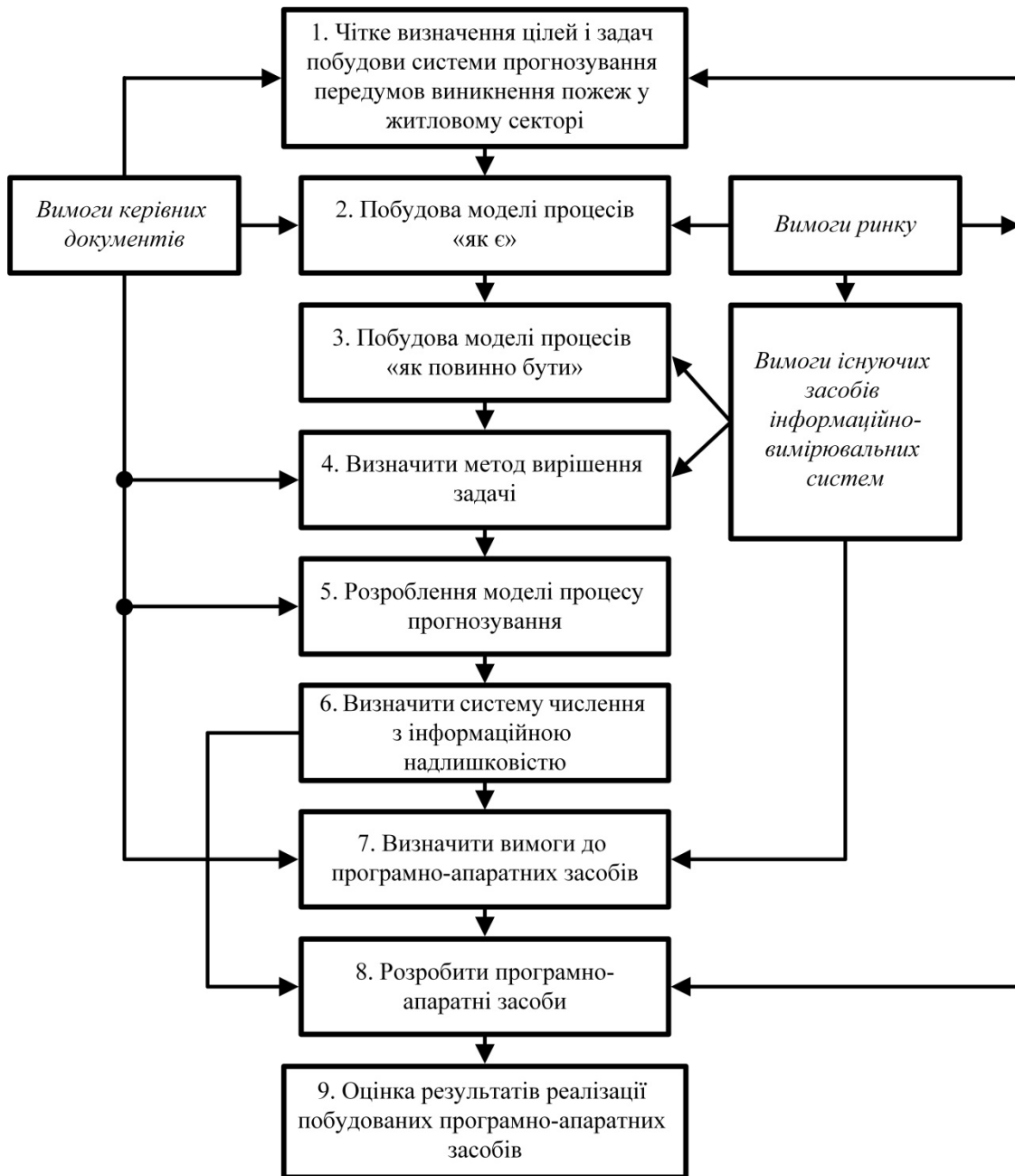


Рис. 2. Алгоритмічна концепція побудови програмно-апаратних засобів прогнозування пожеж у житловому секторі

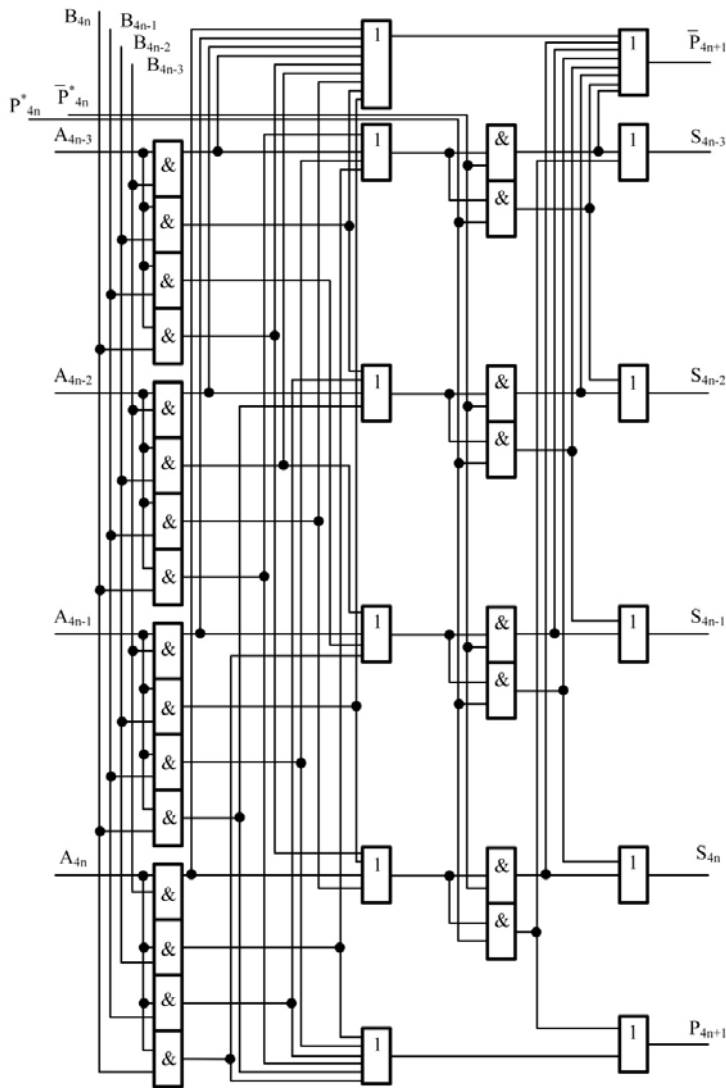


Рис. 3. Функціональна схема суматора двійково-четвіркової системи числення з постійною кількістю одиниць з обробленням сигналів переносу в парафазному коді

Нами було розроблено математичну модель суматора для двійково-четвіркової системи числення з постійною кількістю одиниць, у якій використовуються інверсні розряди. Така модель суматора, функціональна схема якого зображена на рис. 3, формує сигнал переносу в парафазному коді, повністю контролює правильність виконання всіх операцій разом із переносом.

Суматор має входи  $A_{4n} - A_{4n-3}$  першого операнду, входи  $B_{4n} - B_{4n-3}$  другого операнду, першу та другу групи елементів  $I$ , першу та другу групи елементів  $АБО$ , входи  $P_{4n}$  та  $\bar{P}_{4n}$  сигналу переносу з попередньої групи розрядів суматора в парафазному коді, виходи  $S_{4n} - S_{4n-3}$  результату додавання та виходи  $P_{4n+1}$  і  $\bar{P}_{4n+1}$  сигналу переносу суматора в парафазному коді.

Необхідно зауважити, що використання перемикачів забезпечує практичну реалізацію суматора без використання інверторів, а це спростить пристрій і, як наслідок, збільшить його надійність.

**Висновки.** У цьому дослідженні вперше розв'язано важливе науково-технічне завдання розроблення сучасних методів і технічних засобів із метою виконання завдання із прогнозування пожеж у будівлях і спорудах житлового фонду за рахунок адаптації методів прогнозування до предметної сфери. Отримані результати дозволяють забезпечити точність прогнозування впродовж трьох діб із середньою похибкою від 1,2 до 2,6%.

Вперше запропоновано концепцію розроблення спеціалізованих програмно-апаратних засобів для прогнозування передумов виникнення пожеж у житловому секторі.

Розвинуто методи синтезу системи числення на основі системи залишкових класів шляхом використання позиційних надлишкових систем числення. Це дозволило зменшити час прогнозування та збільшити достовірність виявлення передпожежного стану в житловому секторі.

Розроблено суматор, що забезпечує виконання додавання чотирьох розрядів числа у двійково-четвірковій системі числення з постійною кількістю одиниць на 20% швидше, оскільки в ньому відсутні інвертори у другій групі елементів  $I$ .

#### Список літератури:

1. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні упродовж 2019 р. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/103179.html> (дата звернення: 01.02.2020).
2. Барило О.Г., Потеряйко С.П., Тищенко В.О. Інформаційне забезпечення органів державного управління у надзвичайних ситуаціях. *Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія: Управління*. 2013. Вип. 4. С. 77–84.
3. Любінський А. Сучасний стан та перспективи модернізації системи цивільного захисту України. *Збірник наукових праць «Ефективність державного управління»*. 2015. Вип. 43. С. 104–109.

4. Мельник Р.П., Мельник О.Г. Розроблення комп'ютеризованої системи прогнозування пожеж у житловому секторі. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*. 2019. Вип. 1. С. 5–10.
5. Alahmad, M., Nader, W., Neal, J., et al. Real time power monitoring & integration with BIM. *IECON 2010 – 36th annual conference on IEEE industrial electronics society*, 7–10 Nov., 2010. P. 2454–2458. Doi: 10.1109/IECON.2010.5675385.
6. Vidyashree, P., Pushpalatha, S. The design and implementation of building fire monitoring system using zigbee-wifi gateway. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2017. Vol. 4. Issue 7. P. 3030–3032.
7. Дендаренко В.Ю., Мельник О.Г., Чепурний Г.П. Побудова інформаційної системи моніторингу пожежної безпеки. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. 2014. Вип. 3 (40). С. 167–170.
8. Мельник О.Г. Формування вимог до векторної основи системи залишкових класів з урахуванням рішення задачі прогнозування пожеж у житловому секторі. *Системи озброєння і військова техніка*. 2015. № 1 (41). С. 165–167.
9. Мельник О.Г., Мельник Р.П. Оцінка оперативності прогнозування пожеж у житловому секторі. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*. 2017. Вип. 4. С. 27–31.
10. Мельник О.Г., Мельник Р.П. Застосування методу групового урахування аргументів до прогнозування пожеж у житловому секторі. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист* : мат-ли VII всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. Черкаси, 2017. С. 7–8.

#### **Melnyk O.G., Melnyk R.P. DESIGN OF CIVIL PROTECTION MEANS FOR MANAGEMENT OF FIRE SAFETY OF HOUSING FUND**

*The research is devoted to the design of modern methods and technical means of civil protection in order to perform the task of real-time forecasting of the preconditions for fires in buildings and structures of the housing stock. This became the basis for the creation of civil protection – information systems to prevent fires and the transfer of operational information for management decisions.*

*The developed information system is based on the use of the method of group accounting of arguments due to its adaptation to the subject area. The proposed technology allows to perform complex tasks to obtain integrated data from the state of fire safety monitoring objects as a sequence containing coordinated components that are adapted to changes in external influences.*

*To implement the results of the study, a system of residual classes was used, which is the most effective method of increasing the speed and reliability of specialized computer equipment. Further research was aimed at finding a number system that would ensure the rapid implementation of the system of residual classes. It is proposed to implement it on the basis of positional redundant number system, which allows to find errors, because errors in forecasting can lead to irrational use of forces and means of bodies and units of the Civil Service of Ukraine for Emergencies and significant loss of funds.*

*Methods for the synthesis of discrete devices based on number systems with a constant number of units have also been further developed. A mathematical model of the adder for a binary-quadruple number system with a constant number of units, which uses inverse digits, is developed. This model of the adder generates a transfer signal in the paraphase code, fully controls the correctness of all operations together with the transfer.*

*The obtained results allow to ensure the accuracy of forecasting for three days with an average error of 1.2 to 2.6%.*

**Key words:** *civil protection, fire forecasting, housing stock, information system, algorithmic concept, method of group consideration of arguments, system of residual classes, number system.*