

A.B. МІХНОВА, Д.К. МІХНОВ, К.С. ЧИРКОВА

МОДЕРНІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ СЛУЖБИ КРОВІ

На основі аналізу складових спеціалізованих медичних інформаційних систем служби крові, показників діяльності служби крові; складових інформаційного супроводу бізнес-процесів служби крові; витратних ресурсів на модернізацію спеціалізованих медичних інформаційних систем запропоновано математичний апарат пошуку оптимального варіанту проєктного рішення модернізації спеціалізованих медичних інформаційних систем служби крові. Формалізоване представлення задачі пошуку оптимального варіанту проєктного рішення модернізації спеціалізованих медичних інформаційних систем служби крові дозволяє визначити варіант максимального покращення показників діяльності закладу служби крові за рахунок зменшення частки ручних операцій при введенні даних під час виконання бізнес-процесів за допомогою спеціалізованої медичної інформаційної системи з урахуванням обмежень витратних ресурсів на модернізацію спеціалізованої медичної інформаційної системи.

1. Вступ

Інформаційні системи служби крові можуть бути віднесені до спеціалізованих медичних інформаційних систем (СМІС), ефективність функціонування яких безпосередньо впливає на ключові соціально-значущі показники діяльності (КСЗПД) підприємства. В першу чергу, до КСЗПД служби крові відносять: кількість випадків ускладнень, заражень пацієнта інфекціями, що передаються через донорську кров та її компоненти (гепатит В, гепатит С, ВІЛ 1\2, сифіліс); кількість виявлених випадків побічних реакцій у донорів після здачі крові; кількість списаних та утилізованих доз компонентів крові. На різних етапах бізнес-процесу (БП) служби крові значний вплив на ці показники мають помилки співробітників на робочих місцях при внесенні інформації до СМІС, а саме: помилки введення результатів лабораторних досліджень, ідентифікації донора та компонентів крові; помилки контролю допущення донора до здачі крові; помилки введення даних під час виконання дій від забору крові до видачі компонентів крові медичним закладам. Зменшення кількості помилок і, як наслідок, поліпшення наведених КСЗПД, є метою вдосконалення функціонування СМІС служби крові. Таке вдосконалення здійснюється в результаті модернізації СМІС як одного з найбільш потужних способів підвищення ефективності виробничої діяльності підприємства.

2. Аналіз літературних джерел та визначення проблеми дослідження

Модернізація СМІС служби крові може відбуватися за однією з відомих схем: заміною існуючої системи на нову, досконалішу; поліпшенням та/або додаванням функціональних можливостей існуючої системи; зміною (повною або частковою) структур програмного забезпечення, технічного забезпечення, бази даних; переробкою інтерфейсу користувача [1–2]. БП служби крові, який супроводжується СМІС, є достатньо складним і потребує втручання професійного персоналу впродовж усього ланцюга створення та розподілення компонентів крові – від реєстрації донора та оцінювання його можливості здавати кров до зберігання та передачі компонентів крові в лікувальні заклади [3]. Таким чином, достовірність інформації, що надається СМІС під час виконання БП персоналом служби крові, залежить як від стану персоналу і його професійних навичок, так і від частки ручних операцій на кожному робочому

місці. Зменшення частки ручних операцій безпосередньо залежить від рівня автоматизації БП на робочих місцях і може розглядатись як задача модернізації СМІС.

Причинами виникнення потреби модернізації СМІС служби крові можуть стати такі фактори:

- ітераційний процес проектування, при якому відбувається повернення до попереднього етапу проектування для внесення змін, уточнень або виправлення допущених помилок при експлуатації системи;
- використання різних програмно-апаратних засобів для реалізації окремих частин СМІС служби крові;
- необхідність взаємодії з іншими ІС, що вимагає створення додаткових інтерфейсів;
- розвиток програмно-апаратних засобів, що приводить до оновлення вже створених компонентів СМІС служби крові;
- зміна потреб користувача в ході побудови або експлуатації СМІС служби крові;
- зміни в правовій сфері служби крові [4–5].

Основним способом спрощення процесу модернізації СМІС та скорочення витрат на модернізацію СМІС є декомпозиція СМІС на складові [6–7]. Це в подальшому дає можливість визначати складові СМІС, що потребують першочергової модернізації з максимальним ефектом. СМІС може бути декомпозована на підсистеми, модулі, компоненти або об'єкти. Поширені такі методи декомпозиції:

- декомпозиція на модулі, застосовується при структурному підході;
- декомпозиція на об'єкти, застосовується при побудові об'єктно-орієнтованих інформаційних систем (ІС) [8].

При моделюванні СМІС служби крові пропонується декомпозиція СМІС на організаційно-технічні компоненти (ОТК). Кожен ОТК укомплектовано відповідними елементами організаційного, інформаційного, технічного, програмного та інших видів забезпечень, які визначають ступінь автоматизації введення даних під час виконання певних дій БП, і, відповідно, визначають ступінь автоматизації самого ОТК. Часткова або повна відсутність належних елементів організаційного, інформаційного, технічного, програмного забезпечення призводить до випадків введення даних з помилками під час ручних операцій з введення та обробки даних [9].

Підвищення ступеня автоматизації введення даних в ОТК дозволяє знизити ймовірність помилок при введенні даних персоналом, знизити ризики впливу людського фактору на достовірність даних, що може впливати на підвищення ефективності СМІС, що використовується, та, відповідно, покращити фактичні значення КСЗПД служби крові.

3. Мета і задачі дослідження

У статті будуть розглянуті актуальні питання модернізації СМІС служби крові, пов'язані з вдосконаленням апаратно-програмного забезпечення СМІС служби крові.

Метою дослідження є формалізоване представлення вирішення задачі пошуку оптимального варіанту проектного рішення модернізації СМІС служби крові для подальшого використання як для пошуку рішення з модернізації всієї СМІС, так і для модернізації її частини (ОТК), що забезпечить максимальне покращення КСЗПД центра служби крові в межах визначених витратних ресурсів на реалізацію модернізації.

СМІС доцільно розглядати в розрізі процесно-орієнтованої організації з декомпозицією на ОТК з урахуванням принципів структурної організації спеціалізованої ІС. При цьому мають бути взяті до уваги такі питання:

- параметри інформаційного супроводу БП спеціалізованого підприємства, що здійснюють вплив на КСЗПД підприємства потребують формалізації;
- математичний апарат моделювання СМІС потребує розвитку відомого процесно-

орієнтованого підходу вибору оптимального варіанту проектного рішення модернізації СМІС;
 – математичний апарат визначення оптимального варіанту проектного рішення модернізації СМІС потребує уточнення з урахуванням загальновідомого підходу критеріального оцінювання з обмеженнями.

4. Матеріали і методи дослідження

Для вирішення задачі модернізації СМІС служби крові необхідно проведення аналізу поточного стану її функціонування, визначення вимог до модернізації СМІС, визначення варіанту проектного рішення. Схема вирішення задачі модернізації СМІС служби крові наведена на рис. 1.

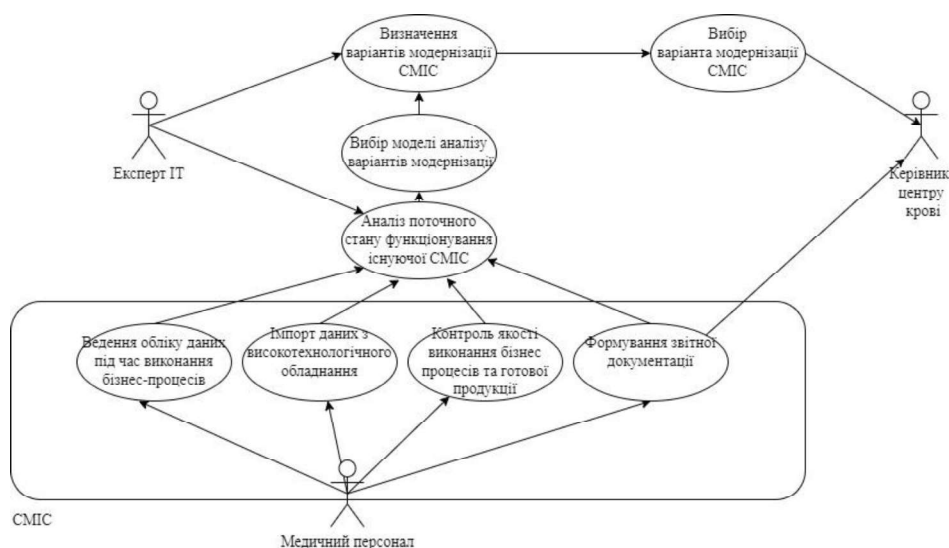


Рис. 1. Схема вирішення задачі модернізації СМІС служби крові

Потрібно знайти такий варіант v_{opt} проектного рішення з модернізації СМІС серед потенційно можливих, який, по-перше відповідає вимогам щодо модернізації, а по-друге, враховує обмеження бюджетування. Під v_{opt} будемо розуміти варіант модернізації спеціалізованої ІС, для якого може бути забезпечено максимальне поліпшення КСЗПД та сукупного показника діяльності підприємства. Поліпшення КСЗПД можливе як за рахунок вдосконалення БП, так і за рахунок збільшення достовірності даних, що використовує СМІС при інформаційному супроводі БП. Числові показники достовірності даних, що вводяться до СМІС за допомогою ОТК, уможливають облік впливу цих даних на КСЗПД шляхом розрахунку відповідного інтегрованого показника функціонування СМІС FI^{Vn} , що корелюється з сукупним показником діяльності спеціалізованого підприємства.

Таким чином, на підставі відомої інформації, а саме, даних про КСЗПД; складових БП; даних інформаційного супроводу БП; складових СМІС; вузьких критичних дій БП; обмежень витратних ресурсів на розвиток СМІС формально задачу пошуку оптимального варіанту проектного рішення модернізації СМІС v_{opt} може бути задано у такому вигляді:

$$v_{opt} \rightarrow \max\left(\sum_{\epsilon=1}^E \tau_{\epsilon} \text{ind}_{\epsilon}\right), \quad (1)$$

де v_{opt} – шуканий варіант проектного рішення модернізації СМІС; τ_ε – коефіцієнт значності ε -го КСЗПД підприємства; ε – порядковий номер КСЗПД підприємства $\varepsilon = \overline{1, E}$; ind_ε – фактичний ε -й КСЗПД підприємства.

Оптимальний варіант проектного рішення модернізації СМІС v_{opt} можна представити як:

$$v_{opt} \in V, \quad (2)$$

$$V = \{v_1, \dots, v_n, \dots, v_N\},$$

де V – множина всіх можливих варіантів проектних рішень модернізації СМІС; v_n – n -й варіант проектного рішення модернізації СМІС; n – індекс порядкового номеру варіанта проектного рішення модернізації СМІС, $n = \overline{1, N}$.

При цьому

$$v_n = \langle \Delta WP, c^{v_n} \rangle, \quad (3)$$

де ΔWP – зміна елементів організаційного, інформаційного, програмного, технічного забезпечення ОТК СМІС, яку, в свою чергу, можна представити як $\Delta WP = \{\Delta wp_1, \dots, \Delta wp_\omega, \dots, \Delta wp_\Omega\}$ – множина змін елементів організаційного, інформаційного, програмного, технічного забезпечень на кожному ОТК СМІС.

ОТК представлено як

$$wp_\omega = \langle F_\omega, S_\omega, DS_\omega, Sp_\omega \rangle, \quad (4)$$

де wp_ω – ω -те ОТК; ω – індекс порядкового номеру ОТК, $\omega = \overline{1, \Omega}$; F_ω – множина функцій СМІС, що забезпечують ω -й ОТК СМІС; S_ω – множина елементів організаційного, програмного, технічного забезпечення для реалізації множини функцій F_ω за допомогою ω -го ОТК СМІС; DS_ω – дані, що вводяться до СМІС за допомогою ω -го ОТК; Sp_ω – частковий показник функціонування ω -го ОТК СМІС.

Досліджено, що фактичні значення КСЗПД підприємства корелюють з частковими показниками функціонування СМІС [10]:

$$\begin{aligned} \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_\varepsilon ind_\varepsilon &\rightarrow \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_\varepsilon Sp_\varepsilon, \\ \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_\varepsilon Sp_\varepsilon &= \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_\varepsilon \sum_{\omega=1}^{\Omega} Sp_\omega = Fl^{v_n}, \\ Fl^{v_{opt}} &= \max \{ Fl^{v_n} \}, \end{aligned} \quad (5)$$

де Sp_ε – частковий показник функціонування СМІС з урахуванням впливу на ε -й КСЗПД підприємства; Fl^{v_n} – інтегрований показник функціонування v_n варіанта СМІС.

При цьому необхідно забезпечити виконання таких умов:

$$0 < \sum_{\omega=1}^{\Omega} Sp_{\omega} < 1;$$

$$0 < \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_{\varepsilon} Sp_{\varepsilon} < 1; \quad (6)$$

$$\sum_{\omega=1}^{\Omega} Sp_{\omega} V_n \geq \sum_{\omega=1}^{\Omega} Sp_{\omega} V_{cur};$$

$$C^{V_n} \leq C_{lim},$$

де C^{V_n} – витратні ресурси на реалізацію v_n варіанта проектного рішення модернізації СМІС; C_{lim} – обмеження витратних ресурсів на модернізацію СМІС; v_{cur} – існуючий варіант конфігурації діючої СМІС, що визначає поточний стан автоматизації.

5. Результати дослідження

Кожен ОТК має поточний ступінь автоматизації. Відповідно, для кожного ОТК необхідно розглянути можливі конфігурації організаційного, програмного, технічного забезпечення, що забезпечать кожен наступний за поточним ступінь автоматизації введення даних. Таким чином, оптимальний варіант модернізації СМІС треба обирати з сукупності всіх ОТК з відповідними комбінаціями підвищення ступенів автоматизації кожного з них (див. рис.2).

В свою чергу, ступінь автоматизації кожного ОТК може бути змінено за рахунок відповідної зміни елементів організаційного, інформаційного, програмного, технічного забезпечення ОТК таким чином, щоб забезпечити максимальний інтегрований

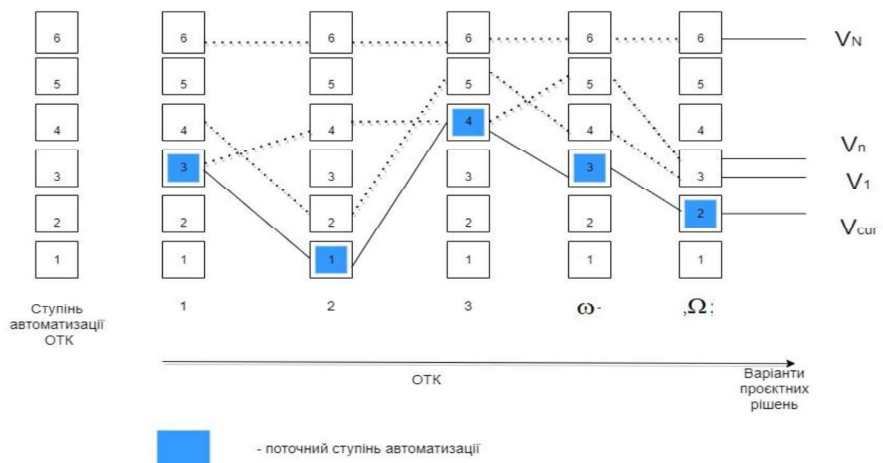


Рис. 2. Варіанти проектних рішень модернізації СМІС

показник функціонування СМІС FI^{V_n} , що корелює з фактичними КСЗПД підприємства ind_{ε} .

ER-модель модернізації СМІС наведена на рис.3.

Для практичної реалізації пошуку оптимального варіанту модернізації СМІС може бути застосовано один з відомих алгоритмів, наприклад, модуль «Пошук рішення» (MS Excel), що дозволяє вирішувати лінійні задачі оптимізації [11–12].

6. Обговорення результатів дослідження

Отриманий математичний апарат модернізації СМІС ґрунтується на попередньо проведених дослідженнях з аналізу структури БП підприємства, процесно-орієнтованої структури СМІС з декомпозицією на ОТК, впливу ступеню автоматизації введення даних на КСЗПД діяльності підприємства. Запропонована ER-модель модернізації СМІС дає можливість формалізовано представити всі складові для побудови варіантів проектних рішень модернізації СМІС.

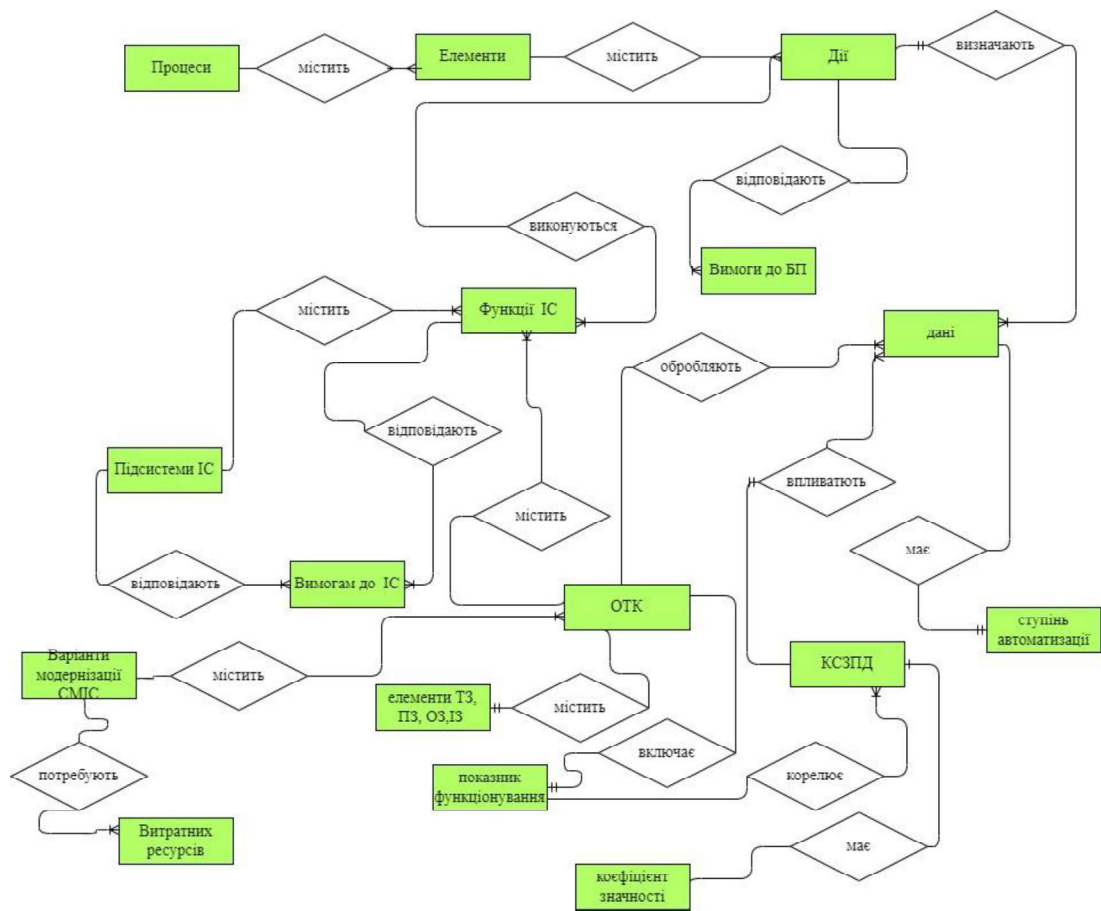


Рис. 3. ER-модель модернізації СМІС

Математичний апарат пошуку оптимального варіанта проектного рішення модернізації СМІС дозволяє враховувати функціональну та забезпечуючу структуру ОТК СМІС, ступінь автоматизації всіх даних, що вводяться за допомогою кожного ОТК, визначати показники функціонування СМІС, що впливають на відповідні КСЗПД підприємства. Таке вирішення задачі пошуку оптимального варіанту модернізації СМІС формує підхід для оцінювання поточного ступеня автоматизації СМІС, а також забезпечення максимальної ефективності СМІС в межах визначених витратних ресурсів на модернізацію з точки зору впливу на фактичні значення КСЗПД підприємства. З метою оцінювання роботи математичного апарату на прикладі комунального некомерційного підприємства Харківської обласної ради (КНП ХОР) «Обласний центр служби крові» було проведено дослідження чотирьох ОТК, а саме: ОТК медичної сестри операційної; ОТК техніка; ОТК медичного реєстратора дільниці фракціонування; ОТК медичного реєстратора дільниці апробація. Сформовано варіанти проектних рішень для кожного ОТК, проведено розрахунок інтегрованого показника функціонування СМІС, проведено оцінку вартості кожного альтернативного варіанта проектного рішення модернізації СМІС, визначено значення КСЗПД при кожному варіанті, що розглянуто, та обрано найбільш ефективний варіант.

Таким чином, за результатами розрахунків в межах обмежень витратних ресурсів визначено оптимальний варіант модернізації ОТК спеціалізованої ІС, за яким ступінь автоматизації ОТК

медичної сестри операційної може бути підвищено з першого до шостого; ступінь автоматизації ОТК техніка – з другого до четвертого; ступінь автоматизації ОТК медичної сестри фракціонування може бути підвищено з першого до шостого ступеня; ступінь автоматизації ОТК медичного реєстратора апробації може бути підвищено з третього до шостого. Така модернізація відповідних ОТК СМІС, в свою чергу, дала можливість покращення значень КСЗПД, а саме: скорочення кількості випадків інфікування пацієнтів гепатитом В, гепатитом С, сифілісом, випадків ускладнень з причини несумісності групи крові в порівнянні з попереднім роком.

7. Висновки та перспективи подальшого розвитку

Наданий математичний апарат модернізації СМІС в першу чергу може бути застосовано на підприємствах з БП, де передбачається ручне введення важливих поточних даних з безпосереднім впливом на якість послуг, що надаються, або продукції, та дозволяє удосконалювати СМІС підприємства завдяки підвищенню ступеню автоматизації при пошуку оптимального варіанту модернізації ОТК ІС.

Важливими питаннями при реалізації задачі пошуку оптимального варіанта модернізації СМІС є формування експертних груп при оцінюванні як поточного стану СМІС в цілому, так і визначенні можливих варіантів модернізації.

Перелік посилань

1. Реінжиніринг програмного забезпечення інформаційних систем: монографія/ С. С. Великодний, О. С. Тимофеева. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 160 с.
2. Моделі та методи проактивного управління проектами з розвитку програмних систем і продуктів: монографія. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. 322 с.
3. WHO. Global status report on blood safety and availability 2021. Geneva: World Health Organization; 2022. 184 p.
4. ДСТУ ISO 9001–2015. Системи управління якістю. Вимоги. К.: Держстандарт України. 22 с.
5. Примак С.В., Любінець О.В., Новак В.Л. Структурно-процесний підхід до покращення якості та ефективності гематологічної служби в Україні. Здоров'я нації. 2022. № 3 (69) С. 53–59.
6. Палагін В. В., Палагіна О. А., Гаген В. А. Визначення критеріїв ефективності при розробці медичних інформаційних систем. Herald of Khmelnytskyi national university. 2021. Issue 3. (297) С. 116–123.
7. Perceptions and experiences with district health information system software to collect and utilize health data in Bangladesh: a qualitative exploratory study. BMC Health Services Research. 2020. 465 P. 1 – 6.
8. Станов О. Ю., Ажищев В. Ф., Погорелова О. В., Баланенко О. Г. Інформаційні системи і технології обліку: монографія. 2-е видання. Варшава: RS Global Sp. z O.O., 2020. 131 с.
9. Міхнова А.В. Міхнов, Д.К., Чиркова К.С. Модель спеціалізованої медичної інформаційної системи служби крові. Науково-технічний журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського». 2019. № 5 (118). С. 75–82.
10. Mikhnova A., Mikhnov D., Chyrkova K. Development the Technology of Reengineering Specialized Information Systems. International Academy Journal Web of Scholar.2021.№1 (51).P. 1–6.
11. Mikhnova A., Mikhnov D., Chyrkova K. Method for evaluating the efficiency of upgrading specialized information systems. Науковий журнал «Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості». 2019. № 4 (10). С. 69–76.
12. Чеботарьова Д. В. Автоматизація вибору оптимальних проектних варіантів систем зв'язку на основі методів багатокритеріальної оптимізації. Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. 2021. № 2 (2). С. 54–61.

Надійшла до редколегії 10.08.2023 р.

Міхнова Аліна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ІУС ХНУРЕ, м. Харків, Україна; e-mail: alina.mikhnova@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9877-4298>.

Міхнов Дмитро Кіндратович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри ІУС ХНУРЕ, м. Харків, Україна; e-mail: dmytro.mikhnov@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9940-8553>.

Чиркова Катерина Сергіївна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри ІУС ХНУРЕ, м. Харків, Україна; e-mail: kateryna.chyrkova@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3749-3043>.