

МОДЕЛЬ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СЛУЖБИ КРОВІ**А. В. Міхнова, Д. К. Міхнов, К. С. Чиркова**

Харківський національний університет радіоелектроніки

просп. Науки, 14, м. Харків, 61166, Україна. E-mail: kateryna.chyrkova@nure.ua

Розроблено модель спеціалізованої медичної інформаційної системи, що дозволяє визначити повноту інформаційного супроводу бізнес-процесів з точки зору впливу наявності та достовірності даних при відповідному ступеню автоматизації інформаційних процесів на показники діяльності закладу служби крові. Загальні показники діяльності закладів служби крові безпосередньо залежні від функціональної повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів, що передбачає процедури збору, обробки, контролю, відображення та передачі даних щодо донора, донорської крові та її компонентів, результатів медичного обстеження та лабораторних досліджень в спеціалізованій медичній інформаційній системі. Проведені експерименти підтверджують працездатність запропонованої моделі спеціалізованої медичної інформаційної системи та можливість її використання для оцінювання повноти інформаційного супроводу процесів і визначення варіантів реалізації проектних рішень з автоматизації закладу служби крові. Використання розробленої моделі спеціалізованої медичної інформаційної системи дозволить удосконалити процедуру оцінювання проектних рішень з урахуванням наявності та достовірності даних при відповідному ступеню автоматизації інформаційних процесів, а також їх впливу на показники діяльності закладу служби крові.

Ключові слова: модель, спеціалізована медична інформаційна система, ступень автоматизації, повнота інформаційного супроводу.

МОДЕЛЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СЛУЖБЫ КРОВИ**А. В. Михнова, Д. К. Михнов, Е. С. Чиркова**

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

просп. Науки, 14, г. Харьков, 61166, Украина. E-mail: kateryna.chyrkova@nure.ua

Разработана модель специализированной медицинской информационной системы, позволяющей определить полноту информационного сопровождения бизнес-процессов с точки зрения влияния наличия и достоверности данных при соответствующем ступеню автоматизации информационных процессов на показатели деятельности учреждения службы крови. Общие показатели деятельности учреждений службы крови непосредственно зависят от функциональной полноты информационного сопровождения бизнес-процессов, предусматривает процедуры сбора, обработки, контроля, отображения и передачи данных по донору, донорской крови и ее компонентов, результатов медицинского обследования и лабораторных исследований в специализированной медицинской информационной системе. Проведенные эксперименты подтверждают работоспособность предложенной модели специализированной медицинской информационной системы и возможность ее использования для оценки полноты информационного сопровождения процессов и определения вариантов реализации проектных решений по автоматизации учреждений службы крови. Использование разработанной модели специализированной медицинской информационной системы позволит усовершенствовать процедуру оценки проектных решений с учетом наличия и достоверности данных при соответствующем ступеню автоматизации информационных процессов, а также их влияния на показатели деятельности учреждения службы крови.

Ключевые слова: модель, специализированная медицинская информационная система, степень автоматизации, полнота информационного сопровождения.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Результатом діяльності закладу служби крові (ЗСК) є отримання якісних та безпечних продуктів крові для використання в медичних закладах [1]. Залучення сучасних інформаційних технологій для поліпшення інфекційної, імунологічної, біологічної безпеки та якості продуктів крові є одним із стратегічних завдань служби крові (СК). Це визначає важливість інформаційного супроводу бізнес-процесів ЗСК, який має забезпечити максимальне дотримання існуючих нормативних вимог до діяльності ЗСК та найкращих виробничих практик [2]. На теперішній час відома низка спеціалізованих медичних інформаційних систем служби крові (СМІС СК), які впроваджені в ЗСК для забезпечення інформаційного супроводу діяльності [3]. Всі ці системи в залежності від повноти функціональних та технічних складових на практиці по різному впливають на цільові показники діяльності ЗСК,

тому, що забезпечують обробку не всіх даних, що регламентуються нормативними вимогами, а, крім того, передбачають різну частку ручних операцій введення та обробки даних, що визначає ступінь автоматизації обробки даних. бізнес-процесу [4]. Тому, інструментом покращення показників діяльності ЗСК виступає не тільки впровадження найкращих виробничих практик та модернізація устаткування, але й підвищення ступеню автоматизації для забезпечення повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів в ЗСК. Розв'язання такої задачі потребує розробки моделі СМІС СК, яка дозволить визначити повноту інформаційного супроводу бізнес-процесів в ЗСК як при функціонуванні існуючої СМІС СК, так і для оцінювання проектних рішень при виборі або модернізації СМІС СК.

Для розробки моделі СМІС СК визначимо вихідні параметри щодо функціонування системи з ура-

хуванням їх впливу на показники діяльності ЗСК. До вихідних параметрів слід віднести такі:

- множину вимог та даних інформаційного супроводу процесів СК (RQ), що описують перелік всіх вимог та даних до кожної складової процесів ЗСК;

- множину оцінок щодо виконання вимог та наявності даних інформаційного супроводу процесів (AD), що визначають функціональну повноту інформаційного супроводу процесів, яка забезпечує СМІС СК;

- множину вагових коефіцієнтів (FC), що дає можливість оцінити значимість показників діяльності ЗСК, важливість даних відносно показників діяльності ЗСК, ступінь автоматизації отримання відповідних даних, достовірність отримання даних.

Перелічені параметри дозволять сформулювати формалізоване представлення СМІС СК у вигляді:

$$S = \langle RQ, AD, FC \rangle, \quad (1)$$

де S – модель СМІС СК.

З урахуванням (1) необхідно:

- на підставі множини RQ визначити усі елементи множин AD та FC ;

- сформулювати математичну модель СМІС СК для виконання розрахунку щодо оцінювання повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів;

- сформулювати критерій оцінювання повноти інформаційного супроводу процесів (KR) для вибору варіантів проектних рішень щодо рівня автоматизації бізнес-процесів;

- провести експериментальні оцінювання повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів із застосуванням математичної моделі СМІС СК.

Питання оцінювання інформаційних систем з метою досягнення поставлених цілей конкретної галузі діяльності, приділяється велика увага [5, 6]. Одним із способів прийняття рішення щодо вибору ІС може бути використання моделі, яка дозволяє визначати складові системи, що потребують першочергового нарощування рівня автоматизації інформаційного супроводу, та обирати раціональний варіант програмної та технічної реалізації проектних рішень з автоматизації для конкретної установи господарчої діяльності [7].

Діяльність СК націлена на суворе виконання процесів відповідно стратегій Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо безпеки крові, Директив Європейського Парламенту та Ради стосовно якості і безпеки крові, вимог Good Manufacturing Practice (GMP) щодо СК, нормативних вимог до СМІС СК, що забезпечує інформаційний супровід процесів. На сьогодні, механізмом мінімізації порушень процесів ЗСК є посилення моніторингу показників діяльності ЗСК, оновлення матеріально-технічної бази, удосконалення методів роботи. Дотримання належного рівня якості та безпеки продуктів крові забезпечується в тому числі за допомогою впровадження та використання СМІС СК [8]. Детальний вербальний опис СМІС СК дозволяє оцінити лише повноту функціональних властивостей таких систем [9], а фор-

малізоване представлення бізнес-процесів дозволяє сформулювати функціональні вимоги до СМІС СК [10].

Існуючі моделі, що застосовуються для вибору варіанту проектних рішень з автоматизації [11, 12] не враховують специфіку впливу повноти та достовірності даних інформаційного супроводу процесів на показники діяльності ЗСК. Питання вибору рішення для автоматизації саме ЗСК розглядалися у наукових статтях [13], де запропоновано критерій вибору організаційно-технічної структури СМІС СК, та [14], де розглядається метод формування організаційно-технічної структури сегменту ІС служби крові. Основою розробки моделі СМІС СК може бути модель інформаційного супроводу процесів виробничої трансфузіології, яка запропонована в [3] і дозволяє формалізувати інформаційний супровід процесів СК.

Метою дослідження є покращення загальних показників діяльності ЗСК шляхом розробки математичної моделі системи для удосконалення процедури оцінювання проектних рішень та у такий спосіб підвищення ефективності СМІС СК в цілому.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Діяльність закладів СК визначається взаємопов'язаними процесами $P = \{p_i\}$, та націлена на максимальну їх визначеність та стандартизацію і, як кінцевий результат, на отримання якісних продуктів крові. Строго визначений порядок виконання процесів може бути представлено наступним чином:

$$p_i \succ p_{i-1} \succ p_{i-2} \succ \dots \succ p_1. \quad (2)$$

Кожний процес p_i містить множину елементів $L_i = \{l_{ij}\}$, які, в свою чергу, поділяються на множи-

ну дій $D_{ij} = \{d_{ij}k_{ij}\}$. Кожна дія $d_{ij}k_{ij}$ передбачає інформаційний супровід відповідним набором

даних $DS_{ij}k_{ij} = \{ds_{ij}k_{ij}, h_{ij}k_{ij}\}$ та регламентується дотриманням множини вимог нормативної

бази $Rqp_{ij}k_{ij} = \{rqp_{ij}k_{ij}, g_{ij}k_{ij}\}$ [19]. У випадку, коли має місце автоматизація процесів СК, СМІС СК повинна відповідати множині вимог до СМІС СК $Rqis$. Всі перераховані елементи входять до узагальненої множини вимог та даних інформаційного супроводу, яку можна представити у вигляді (3):

$$RQ = \langle Rqp, Rqis, DS \rangle, \quad (3)$$

де RQ – множина вимог та даних інформаційного супроводу процесів СК; $Rqis$ – множина всіх вимог до СМІС СК; DS – множина усіх даних, отриманих при інформаційному супроводі процесів.

Повнота та достовірність даних інформаційного супроводу процесів безпосередньо визначають якість кінцевих продуктів крові, відсутність даних

або отримання даних з низькою достовірністю можуть призвести до серйозних порушень гемабезпекити та погіршення показників діяльності ЗСК. З точки зору інформаційного супроводу покращення фактичних значень показників діяльності ЗСК забезпечується шляхом підвищення достовірності отримання даних на відповідних складових процесів (рис. 1).

На рис. 1 наведена структура інформаційного супроводу процесів, що показує складові процесів, які пов'язані з обробкою даних ds з відповідними

порядковими номерами. При цьому дані інформаційного супроводу характеризуються достовірністю отримання даних θ , коефіцієнтами важливості відносно показників діяльності ЗСК ind з відповідними порядковими номерами. Коефіцієнти важливості даних показують вплив кожного набору даних інформаційного супроводу на відповідні показники діяльності ЗСК, які в свою чергу характеризуються коефіцієнтами значності з відповідними порядковими номерами.

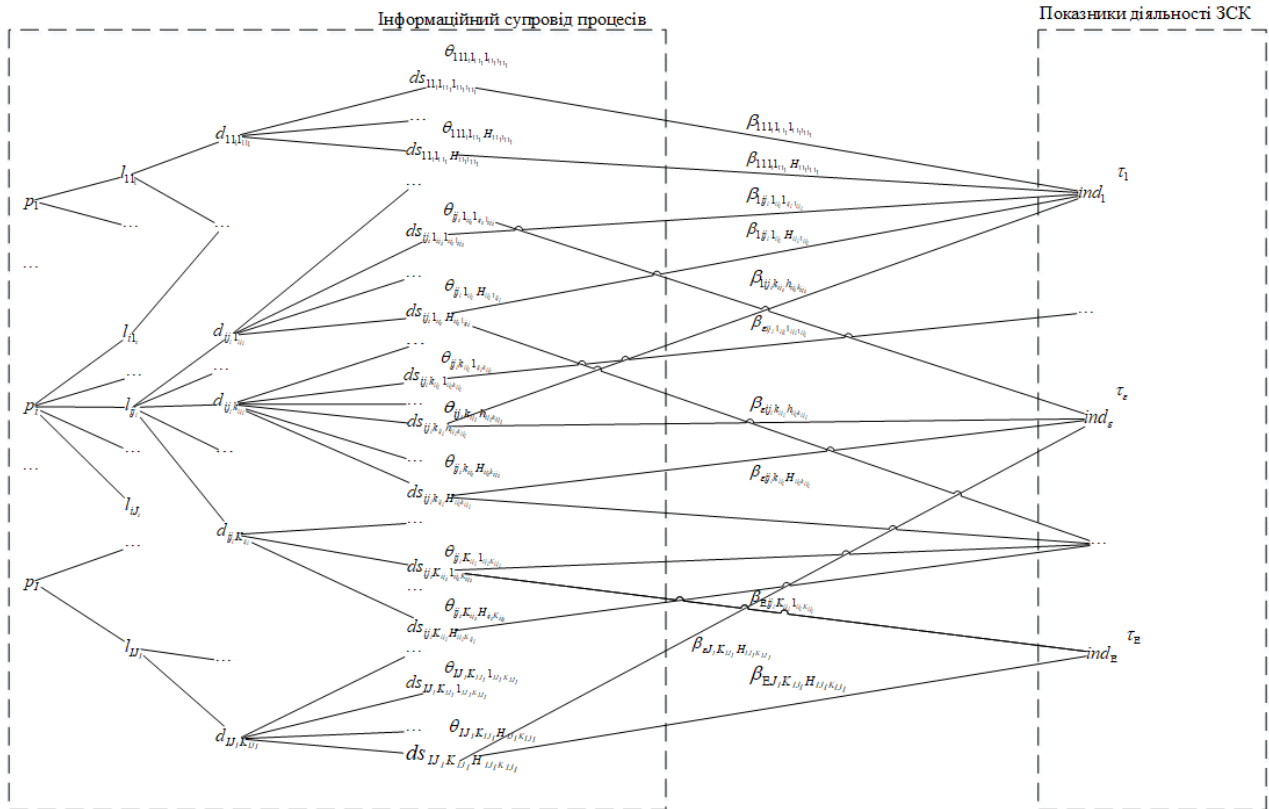


Рисунок 1 – Структура інформаційного супроводу процесів з урахуванням впливу повноти та достовірності отримання даних на показники діяльності ЗСК

Показниками діяльності ЗСК є відсотки браку продуктів крові з причин: перебування донора у базі відведених осіб; виявлення маркерів гепатиту В, гепатиту С, вірус імунодефіциту людини (ВІЛ S), блідої спірохети; виявлення відхилення рівня аланінамінотрансферази (АЛТ) від встановлених норм; помилок визначення групи крові та резус фактору; невідповідності нормам контролю якості; закінчення терміну придатності; порушення процесу виробництва (порушення співвідношення кров/консервант; невідповідності вхідному контролю; порушення герметичності; незакінченої фільтрації); виявлення вірусоносійства донора під час знаходження плазми на карантинізації. Основою метою ЗСК є зменшення значень перерахованих показників діяльності ЗСК.

Перераховані показники діяльності ЗСК можна формально представити як множину наступним чином:

$$IND = \{ind_{\varepsilon}\}, \quad (4)$$

де – множина усіх показників діяльності ЗСК; ind_{ε} – ε -ий показник діяльності ЗСК; ε – порядковий

номер показника діяльності ЗСК $\varepsilon = \overline{1, E}$.

Кожен з визначених показників діяльності ЗСК ind_{ε} має відповідний коефіцієнт значності τ_{ε} в залежності від ступеню серйозності негативних наслідків для безпеки донорської крові та може бути визначений експертним шляхом. Сума коефіцієнтів значності всіх показників дорівнює 1:

$$T = \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_{\varepsilon} = 1, \quad (5)$$

де T – множина коефіцієнтів значності показників діяльності ЗСК; τ_{ε} – коефіцієнт значності ε -го показника діяльності ЗСК.

Інформаційний супровід процесів ЗСК не виключає впливу людського фактору персоналу на достовірність, своєчасність та повноту обробки даних. Вплив людського фактору на СМІС може бути визначено ступенем впливу помилок персоналу на повноту інформаційного супроводу.

Загалом бізнес-процеси ЗСК припускають авто-

мативану обробку даних, що містить як автоматичне введення даних з цифрових пристроїв, так і ручні операції персоналу. Зниження обсягу ручних операцій за рахунок автоматизації робочих місць персоналу призводить до підвищення рівня достовірності даних. В [3] було запропоновано шість ступенів автоматизації, які доцільно розглядати з точки зору забезпечення робочих місць персоналу технічними засобами. З урахуванням наведеної в [4] таблиці відповідності виникнення помилок введення даних від ступеню завантаження задач ручними операціями сформована таблиця відповідності середніх значень коефіцієнту достовірності введення даних до ступеню автоматизації (табл. 1).

Таблиця 1 – Відповідність середніх значень коефіцієнту достовірності отримання даних до ступеню автоматизації інформаційного супроводу бізнес-процесів БП введення даних

Ступень автоматизації	Характеристика ступеню автоматизації	Середнє значення коефіцієнту достовірності отримання даних
перший	Ручна обробка інформації	0,978 (97,8 %)
другий	Комп'ютеризована обробка інформації в текстових редакторах (Word, електронні таблиці Excel та ін.)	0,980 (98,0%)
третій	Автоматизоване робоче місце (АРМ) з доступом до локальної мережі при використанні СМІС СК	0,985 (98,5%)
четвертий	АРМ з доступом до локальної мережі та доступом до зовнішніх баз даних (систем) при використанні СМІС СК	0,988 (98,8 %)
п'ятий	АРМ без доступу до мережі з підключенням апаратної частини обладнання при використанні СМІС СК	0,990 (99,0%)
шостий	АРМ з доступом до локальної та зовнішньої мережі з підключенням апаратної частини обладнання при використанні СМІС СК	0,997 (99,7 %)

Відповідно, для кожного набору даних інформаційного супроводу $ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ експертами може бути визначено коефіцієнт достовірності отримання даних $\theta_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ в залежності від ступеню автоматизації інформаційного процесів - завантаження задач ручними операціями (табл. 2). У випадку коли дані $ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ відсутні, $\theta_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}} = 0$:

Множина коефіцієнтів достовірності отримання даних може бути представлена наступним чином:

$$\Theta = \left\{ \theta_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}} \right\}, \quad (6)$$

де θ – множина коефіцієнтів, що визначають достовірність отримання даних; $\theta_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ – коефіцієнт достовірності отримання даних $ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$.

Таблиця 2 – Коефіцієнти достовірності для даних інформаційного супроводу процесів.

Дані, що отримані при виконанні певної дії елементу процесу	Коефіцієнти достовірності отримання даних
$ds_{1111111111111111}$	$\theta_{1111111111111111}$
$ds_{1111112111111111}$	$\theta_{1111112111111111}$
...	...
$ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$	$\theta_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$
...	...
$ds_{ij;k_{ij}} H_{ij;k_{ij}}$	$\theta_{ij;k_{ij}} H_{ij;k_{ij}}$
...	...
$ds_{IJ1KIJ1HIJ1KIJ1}$	$\theta_{IJ1KIJ1HIJ1KIJ1}$

Розрахунок повноти інформаційного супроводу необхідно проводити з урахуванням впливу наявності або відсутності певних даних інформаційного супроводу при виконанні дій різних елементів різних процесів на фактичні значення кожного з визначених показників діяльності ЗСК ind_{ε} . Відповідно, для кожного даного $ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ із множини DS визначається бінарна оцінка впливу $imp_{\varepsilon;ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ на показник діяльності ЗСК ind_{ε} , яка приймає значення 1, у випадку, коли дані $ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ впливають на фактичні значення показнику діяльності ЗСК ind_{ε} та значення 0 у випадку, коли дані $ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$ не впливають на показник діяльності ЗСК ind_{ε} . Приклад бінарної оцінки впливу даних інформаційного супроводу на показники діяльності ЗСК наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Приклад бінарної оцінки впливу даних інформаційного супроводу на показники діяльності ЗСК

	ind_1	ind_2	...	ind_{ε}	...	ind_E
$ds_{1111111111111111}$	1	1	...	1	...	1
$ds_{1111112111111111}$	1	1	...	1	...	0
...
$ds_{ij;k_{ij}} h_{ij;k_{ij}}$	1	0	...	0	...	0
...
$ds_{ij;k_{ij}} H_{ij;k_{ij}}$	1	1	...	0	...	0
...
$ds_{IJ1KIJ1HIJ1KIJ1}$	0	1	...	1	...	1

Множина бінарних оцінок впливу даних на ε -тий показник діяльності може бути представлено наступним чином:

$$IMP_{\varepsilon} = \left\{ imp_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}} \right\}, \quad (7)$$

де IMP_{ε} – множина бінарних оцінок впливу даних, отриманих при інформаційному супроводі процесів на ε -тий показник діяльності ЗСК; $imp_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ – бінарна оцінка впливу даних $ds_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ на ε -тий показник діяльності ЗСК.

Множина бінарних оцінок впливу даних на всі показники діяльності ЗСК може бути представлено наступним чином:

$$IMP = \bigcup_{\varepsilon} IMP_{\varepsilon}, \quad (8)$$

де IMP – множина бінарних оцінок впливу даних, отриманих при інформаційному супроводі процесів на показники діяльності ЗСК.

Множина бінарних оцінок впливу даних, отриманих при інформаційному супроводі процесів на всі показники діяльності ЗСК IMP є підмножиною множини оцінок виконання вимог та наявності даних при інформаційному супроводі процесів, що характеризують функціональні можливості СМІС СК АД:

$$IMP \subset AD. \quad (9)$$

Для кожного даного $ds_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$, що впливає на показник діяльності ЗСК ind_{ε} ($imp_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}} = 1$) експертами визначається відповідний коефіцієнт важливості $\beta_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$. Для даних $ds_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$, що не впливають на показник діяльності ЗСК ind_{ε} ($imp_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}} = 0$), коефіцієнт важливості $\beta_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}} = 0$. Таким чином може бути сформована таблиця, що відображає вплив даних інформаційного супроводу на показники діяльності ЗСК із зазначенням коефіцієнту важливості даних (табл. 4):

Таблиця 4 – Вплив даних інформаційного супроводу на показники діяльності ЗСК із зазначенням коефіцієнту важливості даних

	ind_1	ind_2	...	ind_{ε}	...	ind_E
$ds_{1111111111111111}$	$\beta_{1111111111111111}$	$\beta_{2111111111111111}$	...	$\beta_{\varepsilon 1111111111111111}$	...	$\beta_{E1111111111111111}$
$ds_{1111112111111111}$	$\beta_{1111112111111111}$	$\beta_{2111112111111111}$	...	$\beta_{\varepsilon 1111112111111111}$	...	0
...
$ds_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$	$\beta_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$	0	...	0	...	0
...
$ds_{ij_i k_{ij_i}}; H_{ij_i k_{ij_i}}$	$\beta_{ij_i k_{ij_i}}; H_{ij_i k_{ij_i}}$	$\beta_{2ij_i k_{ij_i}}; H_{ij_i k_{ij_i}}$	...	0	...	0
...
$ds_{IJ_1 K_{IJ_1} H_{IJ_1 K_{IJ_1}}}$	0	$\beta_{2J_1 K_{IJ_1} H_{IJ_1 K_{IJ_1}}}$	...	$\beta_{\varepsilon J_1 K_{IJ_1} H_{IJ_1 K_{IJ_1}}}$	...	$\beta_{EJ_1 K_{IJ_1} H_{IJ_1 K_{IJ_1}}}$

Нормалізація коефіцієнта важливості $\beta_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ проводиться за формулою (10):

$$\tilde{\beta}_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}} = \frac{\beta_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j_i=1}^{J_i} \sum_{k_{ij_i}=1}^{K_{ij_i}} \sum_{h_{ij_i k_{ij_i}}=1}^{H_{ij_i k_{ij_i}}} \beta_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}}, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j_i=1}^{J_i} \sum_{k_{ij_i}=1}^{K_{ij_i}} \sum_{h_{ij_i k_{ij_i}}=1}^{H_{ij_i k_{ij_i}}} \tilde{\beta}_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}} = 1$$

де $\tilde{\beta}_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ – нормований коефіцієнт важливості даних $ds_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ відносно ε -того показника діяльності ЗСК; $\beta_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ – коефіцієнт

важливості даних $ds_{ij_i k_{ij_i}}; h_{ij_i k_{ij_i}}$ відносно ε -того показника діяльності закладу служби крові; i – порядковий номер процесу, $i = \overline{1, I}$; j_i – порядковий номер елемента процесу p_i , $j_i = \overline{1, J_i}$; k_{ij_i} – порядковий номер дії елемента l_{ij_i} процесу p_i , $k_{ij_i} = \overline{1, K_{ij_i}}$; $h_{ij_i k_{ij_i}}$ – порядковий номер даних дії $d_{ij_i k_{ij_i}}$ елемента l_{ij_i} процесу p_i , $h_{ij_i k_{ij_i}} = \overline{1, H_{ij_i k_{ij_i}}}$.

Сума нормалізованих коефіцієнтів важливості даних для кожного ε -того показника діяльності ЗСК, дорівнює 1.

Множина нормалізованих коефіцієнтів важливості даних відносно ε -того показника діяльності ЗСК може бути представлено наступним чином:

$$\tilde{B}_\varepsilon = \left\{ \tilde{\beta}_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}} h_{ij_i k_{ij_i}} \right\}, \quad (11)$$

де \tilde{B}_ε – множина нормованих коефіцієнтів важливості даних, відносно ε -того показника діяльності ЗСК.

Множина нормалізованих коефіцієнтів важливості даних відносно всіх показників діяльності ЗСК може бути представлено наступним чином:

$$\tilde{B} = \bigcup_{\varepsilon} \tilde{B}_\varepsilon, \quad (12)$$

де \tilde{B} – множина нормованих коефіцієнтів важливості даних.

Множина коефіцієнтів значності показників діяльності закладу служби крові (T), множина нормованих коефіцієнтів важливості даних (\tilde{B}), множина коефіцієнтів, що визначають ступінь автоматизації інформаційного супроводу (Γ), множина коефіцієнтів достовірності отримання даних (Θ) входять до узагальноної множини вагових коефіцієнтів (13):

$$FC = \langle T, \tilde{B}, \Gamma, \Theta \rangle. \quad (13)$$

Таким чином з урахуванням вищезазначеного модель СМІС СК представлена наступним чином:

$$S = \sum_{\varepsilon=1}^E \tau_\varepsilon \sum_{i=1}^I \sum_{j_i=1}^{J_i} \sum_{k_{ij_i}=1}^{K_{ij_i}} \sum_{h_{ij_i k_{ij_i}}=1}^{H_{ij_i k_{ij_i}}} \tilde{\beta}_{\varepsilon ij_i k_{ij_i}} h_{ij_i k_{ij_i}} \times \theta_{ij_i k_{ij_i}} h_{ij_i k_{ij_i}}^{imp} \quad (14)$$

Отримана модель СМІС СК дозволяє розрахувати повноту інформаційного супроводу бізнес-процесів ЗСК при функціонуванні СМІС, яка в силу своїх функціональних можливостей забезпечує отримання даних на різних складових процесів з відповідними ступенями автоматизації.

Для визначення проектних рішень при виборі або модернізації СМІС СК, які забезпечать максимальне покращення загальних показників діяльності ЗСК, вводиться критерій оцінювання повноти інформаційного супроводу процесів (KR), залежність якого від параметрів розробленої моделі СМІС СК, а саме наявності та достовірності даних при відповідному ступеню автоматизації інформаційних процесів, представлено у вигляді цільової функції:

$$KR = f(S) \rightarrow \max. \quad (15)$$

Вирішення задачі пошуку проектних рішень з автоматизації ЗСК передбачає пошук такого проектного рішення, яке за розробленою моделлю СМІС СК дасть максимальне значення повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів. Така задача являється задачею лінійного програмування та може бути вирішена графічним методом.

Автоматизація процесів ЗСК дозволяє підвищити достовірність отримання даних, помилки в яких або відсутність даних є причиною бракування та спи-

сання крові та її компонентів. Таким чином, функціональні можливості СМІС СК можуть впливати на покращення показників діяльності ЗСК. В певних випадках покращення показників діяльності ЗСК не потребує модернізації або реінжинірингу процесів із значними фінансовими витратами, натомість потребує виправданих вкладень в підвищення рівня автоматизації інформаційного супроводу певних складових процесів ЗСК.

За отриманою моделлю СМІС СК, для прикладу, запропоновано розрахувати повноту інформаційного супроводу бізнес-процесів, що впливають на один з показників діяльності ЗСК – відсоток браку через помилки визначення групи крові та резус фактору при різних ступенях автоматизації отримання даних. Для даного показника діяльності ЗСК експертами встановлено коефіцієнт значності 0,18.

В табл. 5 наведено набір даних, які впливають на показник відсоток браку через помилки визначення групи крові та резус фактору, із зазначенням нормованих коефіцієнтів важливості даних та достовірності отримання даних при низькому (першому) та високому (шостому) ступенях автоматизації. Ці дані отримуються при інформаційному супроводі одразу декількох процесів: реєстрації, первинних клініко-лабораторних досліджень, апробації.

Таблиця 5 – Вихідні дані для моделювання повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів, що впливають на показник діяльності відсоток браку через помилки визначення групи крові та резус фактору, при різних ступенях автоматизації отримання даних

Дані, що впливають на показник відсоток браку через помилки визначення групи крові та резус фактору	Достовірність отримання даних при низькому (першому) ступені автоматизації	Достовірність отримання даних при високому (шостому) ступені автоматизації	Нормований коефіцієнт важливості даних відносно показника відсоток браку через помилки визначення групи крові та резус фактору
ПІБ донора;	0,978	0,997	0,100
дата народження (число, місяць, рік);	0,978	0,997	0,010
стать;	0,978	0,997	0,008
фотографія донора;	0,978	0,997	0,005
унікальний код донора;	0,978	0,997	0,100
попередня група крові, резус-належність;	0,978	0,997	0,100
марка (унікальний код донорії);	0,978	0,997	0,100
переконтроль групи крові, резус-належність;	0,978	0,997	0,100
фенотип;	0,978	0,997	0,100
AT, титр;	0,978	0,997	0,100
Kell;	0,978	0,997	0,100
гемолізін;	0,978	0,997	0,080
панаглютінація; неспецифічна аглютінація	0,978	0,997	0,097

Для вихідних даних, представлених в табл. 5, отримані значення повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів, що впливають на один з показників діяльності ЗСК при різних ступенях автоматизації. Розрахунок повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів, що впливають на показник браку через помилки визначення групи крові та резус фактору за формулою (14) при високому ступені автоматизації (шостому) дорівнює 0,179, при низькому, (першому) – 0,176.

Якщо заповнити табл. 5 для всіх даних, що впливають на кожний із показників діяльності ЗСК та провести аналіз повноти інформаційного супроводу всіх бізнес процесів ЗСК за формулою (14), то можна оцінити вплив ступеня автоматизації отримання даних на наявність та достовірність даних інформаційного супроводу бізнес-процесів.

Інформаційний супровід при шостому ступені автоматизації, який передбачає використання СМІС СК з мінімальною кількістю ручних операцій, дає більш високі показники повноти та достовірності інформаційного супроводу ніж при першому.

Розроблена модель СМІС СК дозволяє визначити шляхи покращення показників діяльності ЗСК за рахунок підвищення ступеню автоматизації інформаційного супроводу окремих складових процесів ЗСК. Подальші дослідження з використанням розробленої моделі СМІС СК слід проводити з урахуванням витрат на реалізацію кожного проектного рішення з автоматизації процесів ЗСК. Крім того, можна додатково встановити обмеження на грошові ресурси на реалізацію проектних рішень з автоматизації та значення показників діяльності ЗСК.

ВИСНОВКИ. Модель СМІС СК дозволяє дослідити функціональну повноту інформаційного супроводу процесів ЗСК з точки зору впливу наявності та достовірності даних при відповідному ступеню автоматизації інформаційних процесів на покращення цільових показників діяльності ЗСК та забезпечує визначення пріоритетів задач автоматизації, послідовності їх вирішення задля отримання максимального ефекту.

Математична модель СМІС СК розроблено за результатами аналізу та розкриття множини вимог та даних інформаційного супроводу процесів СК, множини оцінок виконання вимог та наявності даних інформаційного супроводу процесів, множини вагових коефіцієнтів.

Проведено експеримент з розрахунку повноти інформаційного супроводу бізнес-процесів, що впливають на один з показників діяльності ЗСК шляхом застосування математичної моделі СМІС СК, який показує залежність повноти інформаційного супроводу процесів ЗСК від ступеня автоматизації отримання даних і тим самим підтверджує працездатність розробленої моделі.

Сформовано критерій оцінювання повноти інформаційного супроводу процесів для вибору серед варіантів проектних рішень з автоматизації із застосуванням моделі СМІС СК. Застосування критерію оцінювання повноти інформаційного супроводу процесів дозволяє визначити найбільш раціональні варіанти проектних рішень щодо вибору або модернізації СМІС СК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vuk T. Quality management in blood establishments. *ISBT Science series*. 2009. Vol. 4. P. 45–51.
2. EU GMP Annex 11: Computerized Systems. URL: http://www.gmp-compliance.org/guidemgr/files/ANNEX11_01-2011_EN.PDF
3. Mikhnova A., Mikhnov D., Chyrkova K. Information support model of production transfusion processes *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 3/3 (81). P. 36–43. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.71673
4. Акимова Г. П., Соловьев Е. В., Пашкина Е. В. Методологический подход к определению влияния человеческого фактора на работоспособность информационной системы. *Информационно-аналитические аспекты в задачах управления: Труды ИСА РАН*. 2007. Т. 29. М.: Издательство ЛКИ/URSS, С. 102–112.
5. Зайцева Т. А., Пилипенко Т. О. Концепция представления требования к элементу информационной системы. *Вестник Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского*. 2018. № 1. С. 44–50. DOI: 10.30929/1995-0519
6. Верников Д. А. Критерии выбора информационных технологий для формирования бизнес-процессов в финансово-экономической деятельности. *Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки*. 2013. № 3. С. 227–229.
7. Попов А. А. Алгоритм выбора информационной системы для предприятия с учетом уровня его готовности к автоматизации. *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 5 (часть 1). С. 66–70.
8. Менеджмент якості в службі крові. Посіб. / за ред. С. Видиборця, О. Сергієнка. Київ – Вашингтон, 2016. С. 216–230.
9. Sumazly Sulaiman, Abdul Aziz K. Abdul Hamida, Nurul A in Najihah Yusri. Development of a Blood Bank Management System. *Social and Behavioral Sciences* 195. 2015. С. 2008–2013.
10. Панков А. В., Карасева А. И. Старичкова Ю.В. Опыт формализации процессов и формирования функциональных требований к медицинским информационным системам учреждений здравоохранения в области трансфузиологии. *Врач и информационные технологии*. 2015. № 3. С. 1–11.
11. Волкова В. Н., Черненко Л. В. Магер В. Е. Классификация моделей в системном анализе. *Информатика. Телекоммуникации. Управление*. 2013. № 3 (174). С. 33–43.
12. Михеев М. Ю., Жашкова Т. В., Кривоногов С. В., Косолапов В. В. Разработка математических моделей для анализа критических состояний технических сложных объектов. *Вестник НГИЭИ*. 2017. № 3 (70). С. 7–14.
13. Міхнов Д. К., Міхнова А. В., Чиркова К. С., Чінілін А. В. Критерій вибору структури інформаційної системи закладів служби крові. *Биоинтеллекта*. 2017. №1 (88). С. 41–44.
14. Міхнова А. В., Міхнов Д. К., Чиркова К. С. Метод формування організаційно-технічних структур сегментів ІС служби крові. *Системи обробки інформації*. 2015. № 12 (137). С. 156–160.

THE MODEL OF SPECIALIZED MEDICAL INFORMATION SYSTEM OF BLOOD SERVICE

A. Mikhnova, D. Mikhnov, K. Chyrkova

Kharkiv National University of Radio Electronics

prosp. Nauki, 14, Kharkiv, 61166, Ukraine. E-mail: kateryna.chyrkova@nure.ua

Purpose. The article aims to improve general indicators of the activity of blood services through the development of the mathematical model of the system for improving the procedure for evaluating design decisions and thereby increase the effectiveness of the specialized medical information system as a whole. **Methodology.** As the main methods of research were used system analysis, process approach, theory of optimization, modeling, the theory of sets, expert evaluations. **Results.** A model of specialized medical information system for assessing the completeness of information support is developed. The use of model of specialized medical information system will allow improving the procedure for evaluating design decisions, taking into account the availability and reliability of data with the appropriate degree of automation of information processes, as well as their influence on the indicators of activity of the blood services establishment. **Originality.** For the first time the model of a specialized medical information system was developed, which allows to determine the completeness of information support of business processes in the blood services establishment both in the functioning of the existing system and in evaluating design decisions when selecting or modernizing a specialized medical information system. The concept of information support is advisable to introduce as a component of the information support of the information system in accordance with the selected part of business processes, for which certain influential groups of indicators of activity of the blood services establishment are determined. The general indicators of the activity of the blood establishments are directly dependent on the functional completeness of information support of business process, which includes the procedures for collecting, processing, controlling, displaying and transmitting data on the donor, donor blood and its components, the results of medical examination and laboratory research in the specialized medical information system. **Practical value.** The performed experiments confirm the performance of the proposed model of the specialized medical information system and the possibility of its use for assessing the completeness of the information support of the processes and determining the options for implementation of project decisions on the automation of the blood services establishment. References 14, tables 5, figure 1.

Key words: model, specialized medical information system, degree of automation, completeness of information support.

REFERENCES

- Vuk, T. (2009), "Quality management in blood establishments", *ISBT Science series*, Vol. 4. pp. 45-51.
- EU GMP Annex 11: Computerised Systems. EC-GMP Guide, (2011), URL: http://www.gmp-compliance.org/guidemgr/files/ANNEX11_01-2011_EN.PDF.
- Mikhnova, A., Mikhnov, D., Chyrkova, K. (2016), "Information support model of production transfusion processes", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3/3(81), pp. 36-43.
- Akimova, G. P., Solov'ev, A. V., Pashkina, E. V. (2007), "Metodologicheskij podhod k opredeleniju vlijaniya chelovecheskogo faktora na rabotosposobnost' informacionnoj sistemy", *Informacionno-analiticheskie aspekty v zadachah upravleniya*. T. 29, pp. 102-112.
- Zajceva, T. A., Pilipenko, T. O. (2018), "Konceptiya predstavleniya trebovaniya k elementu informacionnoj sistemy", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Vol. 1. pp. 44-50.
- Vernikov, D. A. (2013), "Kriterii vybora informacionnyh tehnologij dlya formirovaniya biznes-processov v finansovo-ekonomicheskoy deyatel'nosti", *Gumanitarnye, socialno-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki*. Vol. 3, pp. 227-229.
- Popov, A. A. (2016), "Algoritm vybora informacionnoj sistemy dlja predpriyatija s uchetom urovnja ego gotovnosti k avtomatizacii", *Sovremennye naukoemkie tehnologii*, Vol. 5 Issue: 1. pp. 66-70.
- Vidiborets, S., Sergienka, O. (2016), *Menedzhment yakosti v sluzhbi krovi*, pp. 216-230.
- Sulaiman, S. Aziz, K. A., Hamida, A., Yusri, N. (2016), "Development of a Blood Bank Management System", *Social and Behavioral Sciences*, 195, pp. 2008-2013.
- Pankov, A. V., Karaseva, A. I., Starichkova, Ju. V. (2015), *Opyt formalizacii processov i formirovaniya funkcional'nyh trebovanij k medicinskim informacionnym sistemam uchrezhdenij zdavoohranenija v oblasti transfuziologii*, *Vrach i informacionnye tehnologii*, Vol. 3, pp. 1-11.
- Volkova, V. N., Chernen'kaja, L. V. (2013), "Klassifikacija modelej v sistemnom analize", *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie*, Vol. 3 (174). pp. 33-43.
- Mihev, M. Ju., Zhashkova, T. V., Krivonogov, S. V., Kosolapov, V. V. (2017), "Razrabotka matematicheskij modelej dlja analiza kriticheskij sostojanij tehniceskij slozhnyh ob'ektov", *Vestnik NGIJeI*. Vol. 3 (70). pp. 7-14.
- Mihnov, D. K., Mihnova, A. V., Chirkova, K. S., Chinilin, A. V. (2017) "Kriterij viboru strukturi informacionnoj sistemy zakladiv sluzhbi krovi", *Bionikaintellekta*, Vol. 1(88). pp. 41-44.
- Mikhnova, A. V., Mikhnov, D. K., Chyrkova, K. S. (2015), "Metod formuvannia orhanizatsijno-tehnicnyh struktur sehmentiv IS sluzhby krovi", *Zbirnyk naukovykh prats «Systemy obrobky informatsii»*, Vol. 12 (137). pp. 156-160.

Стаття надійшла 02.09.2019.