



**КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО**



## **МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У ПІДРОЗДІЛАХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Захарченко Яна Русланівна**

**Самойленко Юлія Миколаївна**

магістранти кафедри інформаційно-управляючих систем

**Науковий керівник д.т.н., доцент Шевченко Ігор Васильович**

**Об'єктом досліджень** є процес оперативного моніторингу бізнес-операцій у підрозділах.

**Предметом дослідження** є моделі оперативного моніторингу та оцінювання ступеню виконання бізнес-процесів у підрозділах підприємств.

**Метою дослідження** є підвищення ефективності аналізу швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій у системах електронного документообігу шляхом розробки моделей та алгоритмів оперативного моніторингу бізнес-операцій у підрозділах підприємств.

**Наукова новизна роботи.**

- удосконалено комплекс моделей, що відображають статичні та динамічні властивості набору автоматизованих робочих місць шляхом автоматного опису їх функціонування, що дає можливість моніторингу бізнес-процесів підрозділу у реальному часі;

- удосконалено структурну модель інтерпретації оцінок параметрів швидкості та ритмічності роботи автоматизованих робочих місць за рахунок застосування ієрархічної системи оцінок, що дає змогу отримати системне представлення щодо оперативній ситуації в підрозділі.

## ЗАДАЧІ РОБОТИ

1. Аналіз існуючих проблем електронного документообігу та методів його контролю.
2. Розробка моделі функціонування підрозділу
3. Розробка моделі задачі визначення непродуктивного часу підрозділу
4. Розробка структурній моделі та методики нечіткої інтерпретації оцінок швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій.
5. Розробка експериментального програмного засобу для перевірки працездатності запропонованих моделей.

### МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ

Структурну модель, що відображає сутності проблемної області та їх взаємозв'язок представимо у вигляді:

$$P = \langle A, B, D(D1, D2, D3), R1, R2, R3 \rangle, \quad (1)$$

де  $A$  – множина АРМ;  $B$  – множина БП;  $D$  – множина документів, яка розподілена на підмножини:  $D1$  – множина документів, що знаходяться у чергах на обробку,  $D2$  – множина документів, які у даний час обробляються;  $D3$  – множина документів, обробку яких закінчено,  $R1 \subseteq A \times B$  – відображення множини АРМ на множину БП;  $R2 \subseteq D \times A$  – відображення множини документів на множину АРМ;  $R3 \subseteq D \times B$  – відображення множини документів на множину БП.

Математичну модель процесу функціонування підрозділу представимо у наступному вигляді:

$$M_{\delta} = \langle X, S, T, Y, \varphi, \eta \rangle, \quad (2)$$

де  $X$  – множина вхідних даних;  $S$  – простір станів;  $T$  – множина моментів часу;  $Y$  – множина вихідних величин;  $\varphi: S \times T \rightarrow S$  – перехідна функція стану;  $\eta: S \times T \rightarrow Y$  – вихідне відображення, що визначає динаміку вихідних даних.

### МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ (продовження)

Вхідними величинами для моделі процесу функціонування підрозділу є вихідні дані моделей:

моделі процесу функціонування АРМ:

$$X^A = \{V^A, S^A, Y^A, P^A\}, \quad (3)$$

моделі динаміки зміни станів документів:

$$X^D = \{V^D, S^D, P^D\}, \quad (4)$$

де  $A = \{a_n\}$  – множина вузлів (АРМ);  $V^A = \{v_n^A\}$  – множина вхідних сигналів, що визначаються зміною станів АРМ;  $S^A = \{s_n^A\}$  – множина станів АРМ;  $Y^A$  – множина виходів моделі АРМ;  $P^A = f(S^A, V^A)$  – функція переходів моделі АРМ;  $V^D$  – множина вхідних сигналів, що визначаються динамікою зміни станів сховища документів;  $S^D = \{s^D\}$  – множина станів документів;  $P^D = f(S^D, V^D)$  – функція переходів для моделі динаміки станів документів.

### МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ (продовження)

Множину вхідних сигналів автоматної моделі функціонування підрозділу представимо наступними виразами:

- множина вхідних сигналів щодо функціонування АРМ:

$$V^A = \{v_{\zeta k j n}^A, v_{i k j n}^A, v_{i n}^A\}; \quad (5)$$

- множина вхідних сигналів щодо динаміки зміни станів документів:

$$V^D = \{v_{i \tilde{a} \tilde{n} k j n}^D, v_{i \tilde{o} \tilde{d} k j n}^D\}; \quad (6)$$

де  $v_{\zeta k j n}^A$  – закінчення обробки  $k$ -го документу  $j$ -го БП на  $n$ -му АРМ;  $v_{i k j n}^A$  – надходження  $k$ -го документу  $j$ -го БП на обробку на  $n$ -му АРМ;  $v_{i n}^A$  – вихід з ладу  $n$ -го АРМ;  $v_{i \tilde{a} \tilde{n} k j n}^D$  – надходження документа у сховище;  $v_{i \tilde{o} \tilde{d} k j n}^D$  – отримання копії документа на обробку зі сховища.

## МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ (продовження)

Простір станів моделі підрозділу представимо кортежем:  $S = \langle S^A, S^D \rangle$ ,  
де  $S^A = \{s_n^A\}$  – множина станів АРМ;  $S^D = \{s_k^D\}$  – множина станів документів.

Множину станів АРМ та станів документів представлено у вигляді наборів:

$$S^A = (s_n^A, d_{kj}^n, q_{\div}^n, t_{kj\grave{\imath}}^n, t_{kj\zeta}^n, t_{\hat{\imath}\hat{\imath}}^n) \quad (7) \quad S^D = (s_k^D, q_{\div\hat{\imath}}^D, t_{kj}^D) \quad (8)$$

де  $s_n^A$  – змінна, що характеризує стан  $n$ -го АРМ, з наступними допустимими значеннями: “ТР” – простій, “ОД” – обробка документа (задачі), “Н” – несправний;  $d_{kj}^n$  –  $k$ -й документ  $j$ -го БП, що обробляється на  $n$ -му АРМ;  $q_{\div}^n$  – кількість документів у черзі до  $n$ -го АРМ;  $t_{kj\grave{\imath}}^n, t_{kj\zeta}^n, t_{\hat{\imath}\hat{\imath}}^n$  – час початку, закінчення обробки документу на  $n$ -му АРМ час фіксації виходу з ладу;  $q_{\div\hat{\imath}}^D$  – кількість документів, яки чекають обробки,  $t_{kj}^D$  – час пролежування  $k$ -го документу  $j$ -го БП.  $s_k^D$  – приймає такі значення: “ЧО” – чекає обробки; “ОБ” – обробляється; “ОЗ” – обробку закінчено.

Множину вихідних сигналів автоматної моделі функціонування АРМ запишемо:  
 $Y^A = \{q_{\hat{\imath}\hat{\imath}\hat{\delta}}^n, t_{\hat{\imath}\hat{\delta}}^n\}$ , де  $q_{\hat{\imath}\hat{\imath}\hat{\delta}}^n$  – кількість оброблених документів на  $n$ -му АРМ;  $t_{\hat{\imath}\hat{\delta}}^n$  – час простою АРМ.

### МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ (продовження)

Структуру функції переходів визначено наступним чином:

$$P_n(t) = ("S_n", d_{kj}^n(t), q_{\div}^n(t-1), t_{kj\dot{I}}^n, t_{ik\varphi}^n, t_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}}^n). \quad (9)$$

Для різних станів функція переходів приймає такий вид:

– при надходженні нового документу ( $v_{kjn}^A=1$ ) АРМ має переходити до обробки документу (“ОД”) і стан екземпляру моделі с індексом  $n$  зміниться наступним чином:

$$P_n(t) = (" \hat{L} \ddot{A} ", d_{kj}^n(t), q_{\div}^n(t-1), t_{kj\dot{I}}^n, 0, 0) ; \quad (10)$$

– після того, як АРМ обробило заявку ( $v_{\varphi okjn}^A=1$ ) і простоє в чеканні надходження нового документа, стан АРМ змінюється наступним чином:

$$P_n(t) = (" \ddot{I} \mathcal{D} ", d_{kj}^n(t-1), q_{\div}^n(t), 0, (t-1)_{ik\varphi}^n, 0) ; \quad (11)$$

– після того, як було виявлено несправність АРМ  $n$  ( $v_{\dot{I}n}^A=1$ ), його стан змінюється на такий:

$$P_n(t) = (" \dot{I} ", d_{kj}^n(t-1), q_{\div}^n(t-1), 0, 0, t_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}}^n) . \quad (12)$$

Таким чином, сукупність виразів (9)...(12) визначає функцію переходів автоматної моделі для АРМ.

Аналогічно визначається функція переходів  $P^D$  моделі документу.

## МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРОДУКТИВНОГО ЧАСУ

Для визначення непродуктивного часу у всіх потрібних аспектах необхідна формальна модель, в яку входять наступні елементи:

$$LTM = \langle M_{AB}, M_{DA}, M_{DB}, MLT_{DA}, MLT_{AB}, MLT_B, M_{RTC}, LKPT \rangle, \quad (13)$$

де  $M_{AB}$  – матриця розподілу АРМ по БП (відображення  $R1$  в вираженні (1);  $M_{DA}$  – матриця розподілу документів по АРМ (відображення  $R2$  в вираженні (1);  $M_{DB}$  – матриця розподілу документів по БП (відображення  $R3$  в вираженні (1);  $MLT_{DA}$  – матриця фіксації часових затримок за кожним документом на кожному АРМ;  $MLT_{AB}$  – матриця фіксації часових затримок по кожному АРМ в кожному БП;  $MLT_B$  – матриця максимально допустимих на даний момент затримок в кожному БП;  $M_{RTC}$  – матриця реальних сумарних витрат часу на обробку документів по кожному БП.  $LKPT$  – процедури обчислення реальних витрат часу і затримок.

## МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРОДУКТИВНОГО ЧАСУ (продовження)

Для обчислення сумарних непродуктивних затримок по кожному  $k$ -му документу при проходженні через всі відповідні АРМ необхідно в матриці  $MLT_{DA}[k, n]$  обчислити у кожному рядку суми:

$$LT_{DA}^k = \sum_{n=1}^N MLT_{DA}(k, n). \quad (14)$$

Максимальна затримка документа протягом планового часу на окремому АРМ визначається пошуком максимального значення в матриці  $MLT_{DA}$ .

Сумарну затримку всіх оброблених документів на всіх АРМ отримаємо відповідно до виразу:

$$LT_{DA} = \sum_{k=1}^K LT_{DA}(k, n). \quad (15)$$

Для обчислення сумарних затримок АРМ в  $j$ -му БП (сумарних втрат робочого часу за зміну по кожному БП) необхідно обчислити суми по стовпцях в матриці  $MLT_{AB}[n, j]$ :

$$LT_{AB}^j = \sum_{n=1}^N MLT_{AB}(n, j). \quad (16)$$

Фактичні витрати часу по кожному БП обчислюються за даними матриці  $MRTC$  і зводяться в окрему таблицю бази даних.

Корисне використання робочого часу за кожним БП, визначається виразом:

$$X_{i\phi\alpha\beta\delta}^j = \frac{X_{i\phi}^j \cdot (\hat{O}^j - LT_{AB}^j)}{\hat{O}}, \quad (17)$$

де  $X_{i\phi}^j$  – плановий показник витрат за даним БП,  $\hat{O}$  – фактичні витрати за даним БП.

## СТРУКТУРА ДЕРЕВА ЛІНГВІСТИЧНИХ ОЦІНОК

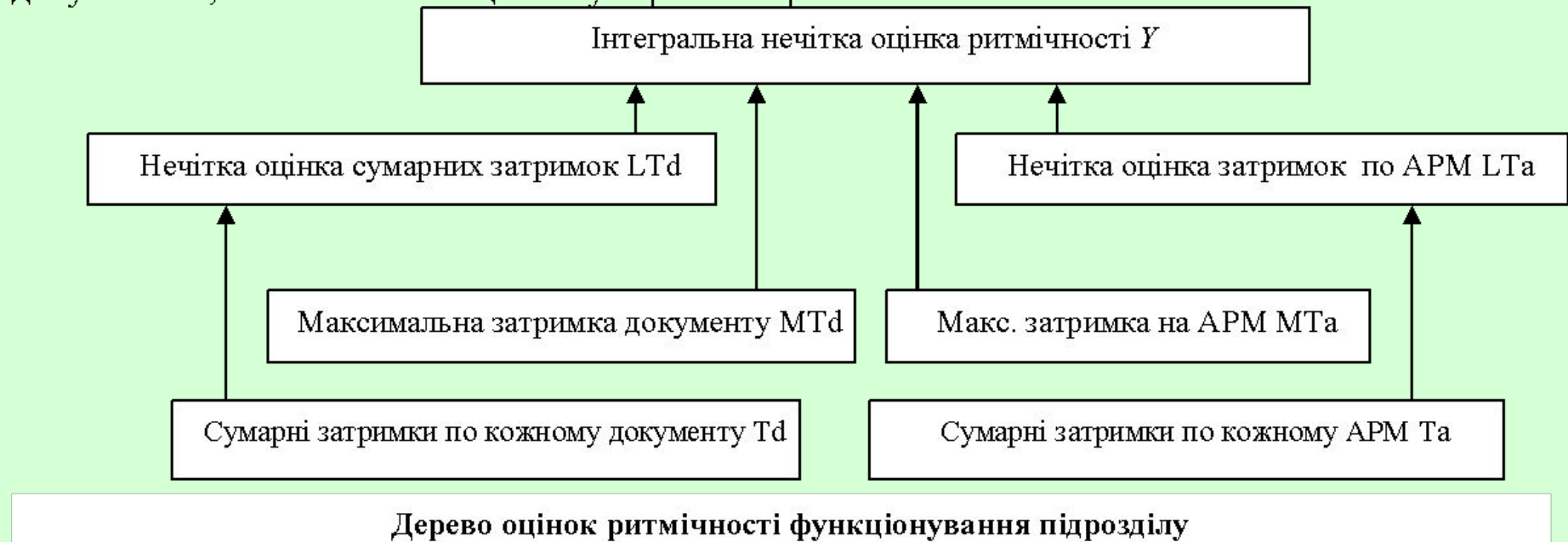
Визначимо структуру дерева лінгвістичних оцінок (див. рисунок):

$$LTd = f_1(Td),$$

$$LTa = f_2(Ta),$$

$$(F(MTa) \times F(MTd) \times LTd(Td) \times LTa(Ta)) \rightarrow Y \quad (18)$$

де  $Y$  – інтегральна лінгвістична оцінка ритмічності роботи підрозділу;  $Td$  – сумарні затримки по кожному документу протягом минулої частини робочого дня;  $Ta$  – сумарні затримки по кожному АРМ протягом минулої частини робочого дня;  $MTd$  – максимальна затримка документу;  $MTa$  – максимальна затримка на АРМ;  $LTd$  – нечітка оцінка сумарних затримок по документах;  $LTa$  – нечітка оцінка сумарних затримок по АРМ.



## АЛГОРИТМ НЕЧІТКОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ОЦІНОК

1. Для кожної вхідної змінної уточнюється діапазон допустимих значень  $X_i = [x_i, \bar{x}_i]$ .
2. Кожна змінна отримує лінгвістичну інтерпретацію і діапазон її зміни розбивається на нечіткі інтервали, позначені термами:

терм-множина змінної  $X_i$ :  $A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , терм-множина змінної  $Y$ :  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ ,

де  $a_i^p$  –  $p$ -й лінгвістичний терм змінної  $x_i$ ;  $p = \overline{1, l_i}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $d_j$  –  $j$ -й лінгвістичний терм змінної  $y$ ,  $m$  – число рішень в даній області.

3. Нечіткі множини  $a_i^p$  і  $d_j$  визначимо так:

$$a_i^p = \sum_{k=1}^{q_i} \mu^{a_i^p}(x_i^k) / x_i^k, \quad d_j = \sum_{r=1}^{q_m} \mu^{d_j}(y^r) / y^r,$$

де  $\mu^{a_i^p}(x_i^k)$  – міра приналежності елементу  $x_i^k \in X_i$  терму  $a_i^p \in A_i$ ,  $p = \overline{1, l_i}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $k = \overline{1, q_i}$ ;  $\mu^{d_j}(y^r)$  – міра приналежності елементу  $y^r \in Y$  терму-рішенню  $d_j \in D$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

4. Отримані чіткі числові значення параметрів швидкості та ритмічності групуються у вигляді набору:  $(X_l)$ ,  $l = \overline{1, M}$ , де  $X^l = (x^l_1, x^l_2, \dots, x^l_n)$ .

5. Для кожного окремого набору обчислюються значення функцій приналежності  $\mu^{a_i^p}(x_i^l)$  вектору  $X^l$  для всіх нечітких інтервалів, на які розбитий діапазон допустимих значень (фазифікація).

6. На основі бази знань інтерпретатора формується зміст робочої матриці логічного виведення, в яку заносяться результати фазифікації.

6. Для кожного правила з бази знань обчислюється ступінь істинності відомим за методом Л. Заде.

7. Відшукується правило, для якого ступінь істинності  $\mu^{d_j}(y^r)$  має максимальне значення. Кінець.

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

**Моніторинг бізнес-процесів**

Параметри підрозділу | Оцінки стану | Лінгвістичні оцінки

| Бізнес-процеси - АРМ         |   |
|------------------------------|---|
| 1. Приймання товару          | 1 |
| 2. Комплектація на відпустку | 2 |
| 3. Відвантаження товару      | 2 |
| 4. Інвентаризація            | 1 |

| Документи - БП               |      |
|------------------------------|------|
| Прибуткова накладна (ПН)     | 1    |
| Накладна на переміщення (НП) | 1, 2 |
| Акт прийому-передачі (АПП)   | 1, 2 |
| Рекламація (Р)               | 1    |
| Звіт про надходження (ЗН)    | 1    |
| Вимога (В)                   | 2    |
| Транспортна накладна (ТН)    | 3    |
| Звіт про інвентаризацію (ЗИ) | 4    |

Вікно “Параметри підрозділу”

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

**Моніторинг бізнес-процесів**

Параметри підрозділу **Оцінки стану** Лінгвістичні оцінки

|       | АРМ-1 | АРМ-2 | АРМ-3 |  |  |  |  |  |  |
|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|
| 8.00  | ПР    | ПР    | ПР    |  |  |  |  |  |  |
| 8.15  | ПР    | ПР    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 8.30  | ОЗ    | ПР    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 8.45  | ОЗ    | ПР    | ПР    |  |  |  |  |  |  |
| 9.00  | ПР    | ОЗ    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 9.15  | ПР    | ОЗ    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 9.30  | ОЗ    | ОЗ    | ПР    |  |  |  |  |  |  |
| 9.45  | ОЗ    | ОЗ    | ПР    |  |  |  |  |  |  |
| 10.00 | ОЗ    | ОЗ    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 10.15 | ПР    | ОЗ    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 10.30 | ОЗ    | ПР    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |
| 10.45 | ОЗ    | ОЗ    | ПР    |  |  |  |  |  |  |
| 11.00 | ПР    | ОЗ    | ПР    |  |  |  |  |  |  |
| 11.15 | ПР    | ПР    | ОЗ    |  |  |  |  |  |  |

Стан АРМ **Стан документів** Виконано БП Числові оцінки часових витрат

Вікно стану АРМ

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

**Моніторинг бізнес-процесів**

Параметри підрозділу   **Оцінки стану**   Лінгвістичні оцінки

|                         | Поточні витрати часу | Поточні втрати часу | Втрати часу % |
|-------------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| АРМ-1                   | 3,13                 | 0,47                | 20            |
| АРМ-2                   | 3,24                 | 0,36                | 15            |
| АРМ-3                   | 2,22                 | 0,38                | 16            |
| Прибуткова накладна     | 1,41                 | 0,21                | 8,7           |
| Накладна на переміщення |                      |                     |               |
| Рекламація              |                      |                     |               |
| Звіт про надходження    | 0,32                 | 0,15                | 6             |
| Вимога                  | 1,56                 | 0,21                | 8,7           |
| Транспортна накладна    |                      |                     |               |
| Звіт про інвентарізацію |                      |                     |               |
| Приймання товару        | 2,12                 | 1,1                 | 29            |
| Комплектація            | 1,31                 | 0,23                | 9,5           |
| Відвантаження           | 0,18                 | 0                   | 0             |
| Інвентарізація          |                      |                     |               |

Стан АРМ   Стан документів   Виконано БП   Числові оцінки часових витрат

Вікно показу поточних втрат часу

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Моніторинг бізнес-процесів

Параметри підрозділу | Оцінки стану | Лінгвістичні оцінки

Параметри

Кількість документів (2-1000)

Розрахувати оцінки

Розраховані оцінки

| Макс. затр. док. | Макс. затр. APM | Сумарна затр. док. | Сумарна затр. APM | Ритмічність |
|------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------|
| Мала             | Середня         | Мала               | Середня           | Добре       |
|                  |                 |                    |                   |             |
|                  |                 |                    |                   |             |

< >

В EXCEL

Вікно лінгвістичних оцінок роботи підрозділу

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено моделі динаміки функціонування та визначення непродуктивного часу підрозділу.
2. Розроблено структурну модель та методику нечіткої інтерпретації оцінок швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій.
3. Розроблено функціональну структуру програмного забезпечення, що реалізує функції сканування журналів трансакцій БД, формування файлу історії бізнес-процесів, діалог з адміністратором, обчислення часових витрат на обробку документів, обчислення числових та лінгвістичних оцінок ритмічності роботи підрозділу.
4. Розроблено інтерфейс користувача, на якому доступна оперативна інформація щодо використання робочого часу на кожному АРМ, результати моніторингу процесів на кожному АРМ, часові витрати на обробку документів, загальні оцінки часових витрат та лінгвістичні оцінки роботи підрозділу.
5. Працездатність програми підтверджено в умовах муніципального лікувального закладу для моніторингу бізнес-процесів підрозділу “Склад”. Робоча версія програми є складовою частиною інформаційної системи “МЕД ІУС”, яку впроваджено у зазначеному закладі.