

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ДОПОМІЖНИХ МАШИННОРУЧНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

У статті розглянута математична модель формування послідовності допоміжних машинно-ручних технологічних операцій при обробці виробів на металорізальних верстатах з використанням ручної праці, яка побудована на семантичних мережах і призначена для вбудовування в імітаційні моделі виробничої системи. Розглянуті основні передумови створення моделі формування допоміжних машинно-ручних технологічних операцій (МФ ДМРТО). Сформульовані наукові основи моделі МФ ДМРТО. Приведені схема розрахунку показників ВМРТО і алгоритм формування послідовності виконання допоміжних переходів. У системі MathCad 15 представлені модель формування МРТО і тестовий приклад розрахунків. Пропонована модель може бути використана при формуванні і розрахунку елементів технологічних процес з великою часткою використання ручної праці. Наприклад, в турбінобудуванні, авіабудуванні, при виготовленні важких металорізальних верстатів та ін.

Ключові слова: машинно-ручна операція, послідовність допоміжних переходів, імітаційне моделювання.

SHELKOV O.M., GASANOV M.I., ZAKOVOROTNIY O.YU., HLAVCHEVA YU.M., LETYUK V.I., FEDENYUK D.V.

MODEL OF FORMING AUXILIARY MACHINE-HAND TECHNOLOGICAL OPERATIONS

In the article the mathematical model of forming of sequence of auxiliary machine-hand technological operations is considered at treatment of wares on metal-cutting machine tools with the use of hand labour, built on semantic networks and intended for building in the simulation models of the productive system. Basic pre-conditions of creation of model of forming of auxiliary machine-hand technological operations (MF FAMTO) are considered in the article. Scientific bases of model of MF FAMTO are set forth. Resulted chart of calculation of indexes of FAMTO and algorithm of forming of sequence of implementation of auxiliary transitions. In the system MathCad 15 presented model of forming of FAMTO and test example. The offered model can be used for forming and calculation of elements technological process with the large stake of the use of hand labour. On an example, in building of turbines, aircraft building, at making of heavy metal-cutting machine tools and other

Ключові слова: машинно-ручна операція, послідовність допоміжних переходів, імітаційне моделювання.

Вступ. В умовах дрібносерійного виробництва, до якого відноситься виготовлення лопаток турбін, у виробничому процесі велику частку займають операції механічної обробки різанням із застосування ручної праці. (допоміжні машинно-ручні технологічні операції (МФ ДМРТО)). Значну частину робочого часу механічної операції обробки різанням (близько 40%) займають допоміжні операції з використанням ручної роботи. Для визначення продуктивності машинно-ручних технологічних операцій (МРТО), як правило, використовують укрупнені нормативи часу, які припускаються значної помилки обчислень дійсної норми часу. Це пояснюється використанням шаблонів типових робочих ситуацій, які не враховують усіх особливостей техніко-організаційних умов проведення реальної технологічної операції.

Поліпшення процесу мікроелементного нормування можливо на шляху розробки автоматизованої системи проектування МРТО. Базовим елементом її функціональної структури повинна бути модель формування допоміжних машинно-ручних технологічних операцій.

Постановка завдання дослідження. Пошук маршруту обробки в МРТО є неоднозначним завданням навіть для простого робочого оточення, оскільки його виконавцем є людина, на яку впливають антропометричні і психофізіологічні чинники.

Наприклад, для робочого місця верстатника (рис. 1) граф-дерево можливих варіантів реалізації токарної МРТО має шість різних варіантів: f, e, d, c, b, a (рис 2).

Система мікроелементів робочих рухів допоміжного технологічного процесу дозволяє найдетальніше відобразити особливості проведення операції і здійснити її імітацію.

Метою роботи є підвищення ефективності операцій механічної обробки різанням, які реалізуються в умовах автоматизованих верстатних комплексів дрібносерійного виробництва за рахунок скорочення собівартості виробів шляхом формування раціональних організаційно-технологічних структур машинно-ручних технологічних операцій.

У зв'язку з цим, система технологічного проектування повинна забезпечувати багатомоделювальне дрібносерійне виробництво адаптивною технологією, яка враховує його організаційно-технічні умови. Це дає можливість не лише своєчасно оцінити втрати часу але і спрогнозувати наступні виходячи з певних організаційно-технічних умов, що сприятиме розвитку потокового виробництва на дрібносерійних і серійних підприємствах при використанні найбільш ефективного оснащення і організації робочого місця.

Аналіз проблеми. У світі найбільше поширення отримали мікроелементні базові системи: MTM-1 [23] і Womac Factor [22]. Створені автоматизовані системи мікроелементного нормування : Most, Univation [30], Wocom4M - Data [28], Modapts [12, 24], Plus, TaskMaster 2000 [25] і інші.

Наприклад, в системі мікроелементного нормування БСМ-1 [212] формула залежності часу виконання мікроелемента визначається таким чином (1) :

$$T_i = K_i \cdot S^{\alpha_1} \cdot P^{\alpha_2} \cdot I^{\alpha_3} \cdot \phi^{\alpha_4} \cdot L^{\alpha_5} \cdot D^{\alpha_6} \cdot F^{\alpha_7} \cdot K_{oc} \cdot K_k \cdot K_{op} \cdot K_y \cdot K_{ct} \cdot K_n \cdot K_t, \quad (1)$$

де: T_i – нормативная залежність для i -го мікроелемента;

K_i – значення вектору кутових коефіцієнтів;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7$ – значення показників міри, кількісних чинників;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7$ – значення показників міри, кількісних чинників;

K_{oc} – поправочний коефіцієнт, який враховує міру небезпеки;

K_k – поправочний коефіцієнт, який враховує міру контролю ;
 K_{op} – поправочний коефіцієнт, який враховує міру орієнтації;
 K_y – поправочний коефіцієнт, який враховує міру зручності роботи;
 K_n – поправочний коефіцієнт, який враховує міру щільності з'єднання;
 $K_{ст}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міру обмеженості переміщення;
 K_t – поправочний коефіцієнт на тип виробництва.

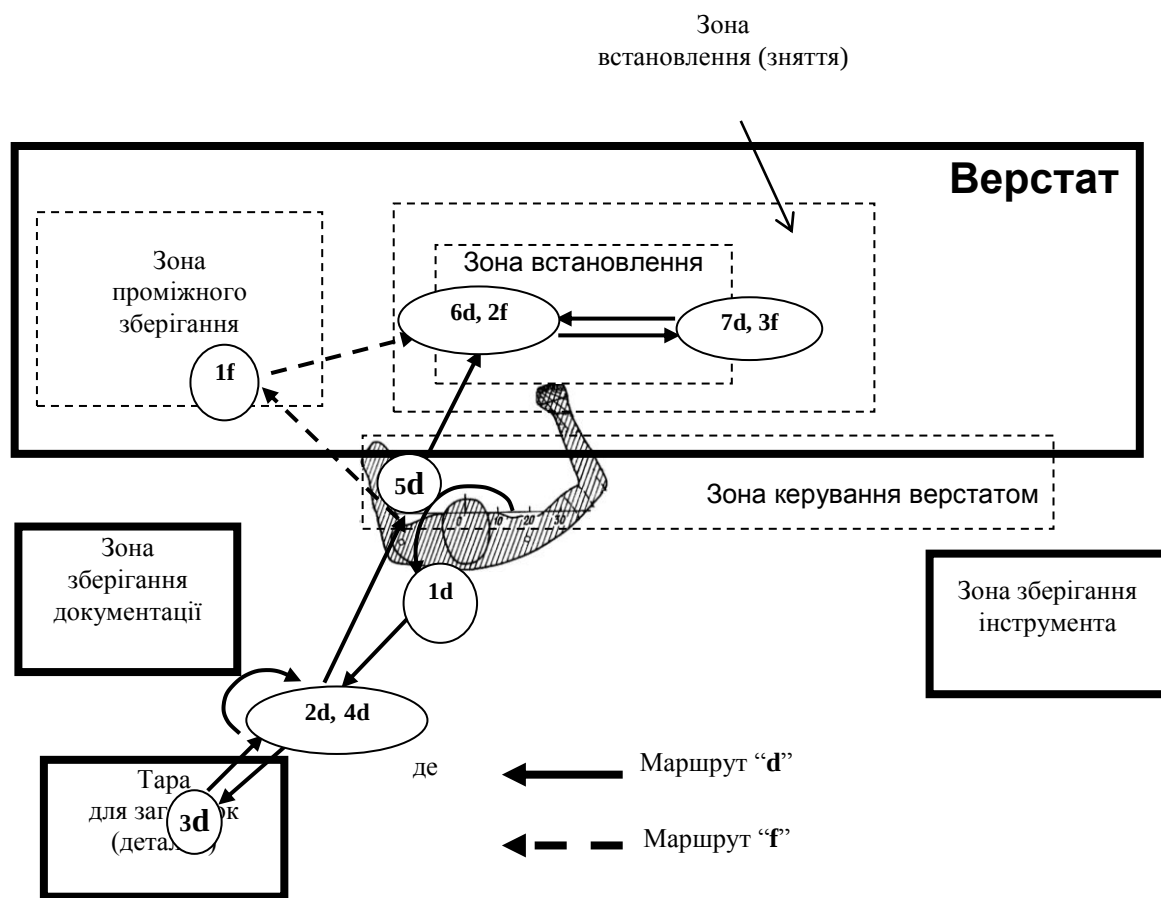


Рис. 1 – Фрагмент токарної операції «Встановлення в патроні з затиском заднім центром»

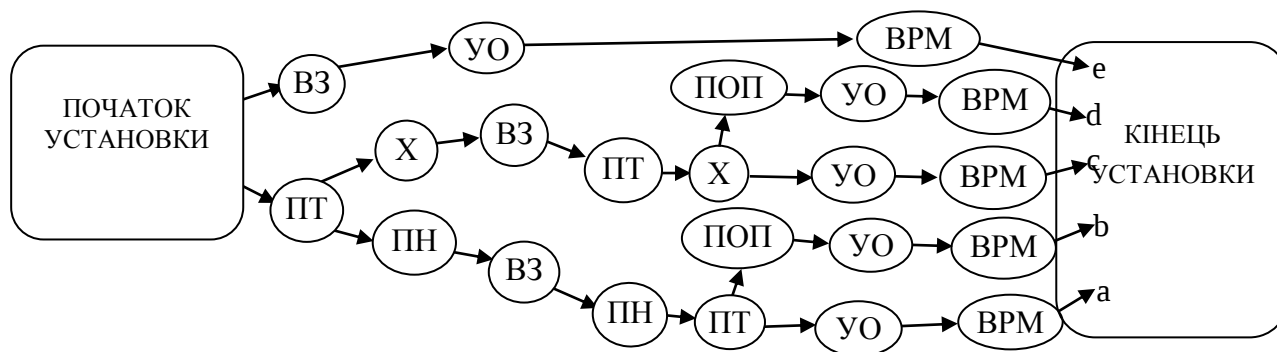


Рис. 2 – Граф-дерево можливих варіантів реалізації токарної операції "Установка в патроні з підтисканням заднім центром"

У систему мікроелементних нормативів часу БСМ-1 був закладений психофізіологічно допустимий рівень інтенсивності роботи, темпу роботи, при якому стомлення не перевищує допустимого порогу [2, 19, 20, 27, 32, 34].

Тут слід зазначити, що, що лежать в основі витрат часу на мікроелемент, залежності носять емпіричний характер, а значить їх застосування обмежене у рамках, вказаних в джерелі [2], діапазонів чинників, що враховуються. Відповідно і міра погрішності обчислення зростає у міру наближення значення, якого або з даних чинників, до межі врахованого для нього діапазону.

У БСМ-1 з обліком видів розрізняють 41 мікроелемент. З одного боку, кожному мікроелементу відповідає певна цільова спрямованість, а з іншого боку - тимчасова характеристика, яка відбиває залежність тривалості його виконання від набору чинників, що впливають (умов протікання трудового процесу).

Як запропоновано в джерелах [2, 18, 19, 26], усі мікроелементи можна розділити на основні і допоміжні (табл. 1).

Таблиця 1 – Перелік основних і допоміжних рухів

Основні рухи:	Допоміжні:
узяти (В);	протягнути руку (ПР);
встановити (У);	перемістити (П);
роз'єднати (Р);	перемістити (Х);
повернути (ПО);	повернути тулуб (ПТ);
обертати (ВР);	відпустити (ОТ);
натиснути рукою (НР);	нагнутися до підлоги (НП) ;
натиснути ногою (НН);	випрямитися (ВНП) та таке інше
встановити на розмір (УР).	

Основними мікроелементами є ті, які виражають основну мету в трудовому процесі, що проектується. Вони є визначальними елементами в трудовому процесі, навколо яких концентруються допоміжні, такі, що забезпечують їх виконання і зв'язок між ними.

Використання сучасних систем мікроелементного нормування допускає побудову схем робочого оточення і вимагає від нормувальника визначення усіх кількісних чинників для кожного мікроелемента на їх основі [5, 9, 13, 14, 15, 29, 35, 36].

Використання сучасних систем мікроелементного нормування допускає побудову схем робочого оточення і вимагає від нормувальника визначення усіх кількісних чинників для кожного мікроелемента на їх основі [1, 2, 19, 20, 27, 32, 34].

У сучасних системах автоматизованого проектування виробничих процесів спостерігається тенденція до створення моделей ситуацій реального виробництва з динамічним відображенням в реальному масштабі часу [16, 17, 21, 30, 31, 33, 37]. Аналіз і зміни роблять також безпосередньо над такими моделями, а не над абстрактними аналітичними або алгоритмічними описами, що дозволяє розробникові отримувати максимально повне уявлення про процеси, які відбуваються, і при цьому не заперечується необхідність, як в аналітичних, так і в алгоритмічних описах.

Для побудови подібних інформаційних систем треба мати в розпорядженні достатню кількість даних для обробки. У разі процесів допоміжної роботи, такою інформацією є інформація про властивості об'єктів робочого оточення у будь-який заданий момент часу, і про те, над якими об'єктами і залежно від яких умов необхідно виконувати ті або інші дії, а також сам характер цих дій, тому що значна їх частина може виконуватися людиною.

Белевським К.Е. [3 - 11] розроблені принципи співвідношення організації робочого місця з алгоритмічним описом робочих процесів. Також обґрунтована можливість, на основі цього опису, виконання інтерактивного імітаційного моделювання процесів роботи. Він дійшов висновку про те, що імітація усіх операцій, які впливають на модифікацію робочого оточення в алгоритмі імітаційного моделювання, недоцільна, оскільки надмірно його ускладнить і унеможливить подальше розширення складу операцій відповідно до вимог конкретного виробництва. Тому автором також розроблена уніфікована структура опису об'єктів-операцій, так у роботі С. А. Юровського, В. Х. Педро [19], трудовий процес пропонується будувати з моделей різного рівня укрупнення. Моделі між рівнями співвідносяться за допомогою зв'язків між ознаками, властивостями, чинниками.

Математична модель. Нижчий (перший) рівень укрупнення утворюють мікроелементні нормативи БСМ-1.

Другий рівень укрупнення (позначається буквою "А") представляють моделі, що відповідають простим трудовим діям з одним предметом. У основі їх побудови лежить віднесення до різних видів основних мікроелементів.

Третій рівень укрупнення (позначається буквою "Б") представлений типовими трудовими процесами, які відповідають трудовим прийомам, що виконуються з використанням одного предмета або засобу праці. Це об'єднання декількох моделей другого рівня укрупнення з використанням як зв'язки між ними мікроелементів. Виключення складають процеси типу "відкласти інструмент і узяти інший". Складається з 20 груп мікроелементів.

Четвертий рівень укрупнення (позначається буквою "К") — це моделі у більшості випадків, еквівалентні комплексам прийомів, роботи такого об'єму, що використовуються для опису елементів, як технологічні переходи (для певних верстатів, деталей і вживаних інструментів).

Виділяється 4 групи подібних моделей:

- першу групу складають моделі, в основі яких лежать трудові дії: ПР - протягнути руку і В - узяти. Вони формуються з найменувань базових моделей з додаванням найменувань мікроелементів, що входять до мікроелементної конструкції, яка доповнює її, наприклад (1)

$$\begin{aligned} \text{MA.B1} &= \{\ddot{I} \text{ D1} - \text{B1}\} \\ \text{HA.P1} &= \{\ddot{I} \text{ D1} - \text{B1} - \text{P1}\} \\ \text{A.}\ddot{O}.\text{D1} &= \{\ddot{O} - \ddot{I} \text{ D1} - \text{B1} - \text{D1}\} \end{aligned} \quad , \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \dot{M}_1 \dot{\theta}_1 &= \{\dot{I}_1 - \dot{\theta}_1 - \hat{I} \dot{\theta}\} \\ \dot{M}_1 \dot{\theta}_1 &= \{\dot{I}_1 - \dot{\theta}_1 - \hat{I} \dot{\theta}\} \\ \dot{M}_1 \dot{\theta}_1 &= \{\dot{I}_1 - \dot{\theta}_1 - \hat{I} \dot{\theta}\} \end{aligned} \quad , \quad (3)$$
$$\begin{aligned} \text{M} \begin{pmatrix} \text{I} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{O} \end{pmatrix} \ddot{\mathbf{A}} \hat{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{A}}_1 &= \{ \ddot{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{D}}_1 - \mathbf{B}_1 - \ddot{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{I}} - \hat{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{O}} \} \\ \text{M} \begin{pmatrix} \text{I} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{O} \end{pmatrix} \ddot{\mathbf{A}} \hat{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{A}}_2 &= \{ \ddot{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{D}}_2 - \hat{\mathbf{A}}_2 - \ddot{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{A}}_2 - \hat{\mathbf{I}} \hat{\mathbf{O}}_1 \}, \end{aligned} \quad (4)$$
$$\begin{aligned} \ddot{M} \ddot{A} \dot{I} \dot{D}1 &= \{\ddot{I} \dot{D}1 - \dot{I} \dot{D}1 - \hat{I} \dot{O}\} \\ \ddot{M} \ddot{A} \dot{I} \dot{D}2 &= \{\ddot{I} \dot{D}2 - \dot{I} \dot{D}2 - \hat{I} \dot{O}\}. \end{aligned} \quad (5)$$

2079–004X. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. №2 (6)

А) Постійні чинники

МП = 1

$$\text{Трасса} := \begin{pmatrix} \text{"Nt"} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \text{"Xi"} & 0 & 4 & 7 & 10 & 10 & 12 \\ \text{"Yi"} & 0 & 0 & 2 & 2 & -1 & -2 \\ \text{"Zi"} & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ \text{"Nct"} & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Пп} = \begin{pmatrix} \text{"ТЗП"} & 3 \\ \text{"ППЗУ"} & \text{ППЗУ} \\ \text{"Fi,град"} & 15 \\ \text{"СУ"} & \text{СУ} \\ \text{"МУ"} & \text{МУ} \\ \text{"МП,кх"} & \text{МП} \\ \text{"ТУП"} & 6 \\ \text{"Fi,град"} & 10 \\ \text{"ПМУП"} & \text{ПМУП} \end{pmatrix}$$

$$\text{Пп} = \begin{pmatrix} \text{"ТЗП"} & 3 \\ \text{"ППЗУ"} & 1 \\ \text{"Fi,град"} & 15 \\ \text{"СУ"} & 1 \\ \text{"МУ"} & 1 \\ \text{"МП,кх"} & 1 \\ \text{"ТУП"} & 6 \\ \text{"Fi,град"} & 10 \\ \text{"ПМУП"} & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Пч} := \begin{pmatrix} \text{"Nt- номер точки"} & 1 \\ \text{"Fi,град"} & 30 \\ \text{"Р"} & \text{Р} \\ \text{"Ч"} & \text{Ч} \\ \text{"УЗП"} & \text{УЗП} \\ \text{"УУП"} & \text{УУП} \\ \text{"Кпр"} & 2 \\ \text{"Пр"} & \text{Пр} \end{pmatrix}$$

$$\text{Пч} = \begin{pmatrix} \text{"Nt- номер точки"} & 1 \\ \text{"Fi,град"} & 30 \\ \text{"Р"} & 1 \\ \text{"Ч"} & 1 \\ \text{"УЗП"} & 1 \\ \text{"УУП"} & 1 \\ \text{"Кпр"} & 2 \\ \text{"Пр"} & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Переход} := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 16 \\ 17 \\ 18 \\ 19 \\ 20 \\ 21 \\ 22 \\ 23 \\ 24 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \text{"Повернуть корпус"} \\ \text{"Подойти к предмету (предметам)"} \\ \text{"Подойти к предмету (предметам) по ступенькам"} \\ \text{"Наклониться к предмету (предметам)"} \\ \text{"Сесть у предмета (предметов)"} \\ \text{"Протянуть правую руку к предмету"} \\ \text{"Протянуть руки к предмету (предметам)"} \\ \text{"Взять предмет (предметы)"} \\ \text{"Встать с предметом (предметами)"} \\ \text{"Выпрямиться с предметом (предметами)"} \\ \text{"Повернуть корпус с предметом (предметами)"} \\ \text{"Идти с предметом (предметами) в руках"} \\ \text{"Идти с предметом (предметами) в руках по ступенькам"} \\ \text{"Сесть с предметом (предметами)"} \\ \text{"Наклониться с предметом (предметами) в руках"} \\ \text{"Перехватить предмет левой рукой"} \\ \text{"Протянуть правую руку к левой"} \\ \text{"Взять предмет правой рукой из левой"} \\ \text{"Переместить предмет в зону укладки"} \\ \text{"Установить (базировать) предмет"} \\ \text{"Опустить предмет (предметы)"} \\ \text{"Опустить предмет (предметы) с пересчетом"} \\ \text{"Выпрямиться без предмета"} \\ \text{"Встать без предмета"} \end{pmatrix}$$

Б) Умовно постійні чинники

$$\text{МС} := \begin{pmatrix} \text{"0.ТП"} & 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 & 7 & 7 & 7 & 8 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 15 & 15 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 17 & 17 & 17 & 18 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 \\ \text{"1.СУ"} & 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{"2.ППЗУ"} & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 4 & 3 & 4 & 0 \\ \text{"3.Ч"} & 4 & 3 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 5 & 6 & 2 & 2 & 5 & 6 & 0 & 0 & 6 & 5 & 9 & 8 & 8 & 2 & 2 & 2 & 10 & 10 & 2 & 2 & 2 & 10 & 10 & 11 & 11 & 11 & 12 & 12 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13 & 14 \\ \text{"4.Р"} & 0 \\ \text{"5.ТР"} & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 0 \\ \text{"6.УЗП"} & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 2 & 0 \\ \text{"7.Крук"} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ \text{"8.Пр"} & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ \text{"9.УУП"} & 0 \\ \text{"10.ПМУП"} & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 4 – Інформаційний зміст технології механічної обробки різанням, залежно від міри його дії на процес формування технологічної операції: постійні (а) і умовно постійні (б) чинники

З цих позицій, конкретна МРТО - інформація, що управляє, для елементарною виробничою системою, яка є часовою стратегією виконання операції. При цьому домагаються, щоб реалізувалась цільова функція (7)

$$T_{\text{МРТО}} \rightarrow \min. \quad (7)$$

У міру накопичення досвіду роботи, за кожною групою дій закріплюється локальна база даних і знань про деяку підмножину елементів оснащення, стосунків робочого середовища і сценарію її розгортання в технологічному комплексі. МРТО складається з деякої комбінації таких груп (рис.3).

Для здійснення управління машинно-ручним виробничим процесом всякий раз динамічно формується підмножина елементарних систем, які управляють усією множиною цих систем - робочих груп дій. Ці системи є елементарними алгоритмами управління технологічними комплексами (рис. 6).

Висновки. На основі аналізу взаємозв'язку властивостей технологічного оснащення з виконуваними машинно-ручними технологічними операціями здійснена формалізація організаційно-технічних характеристик робочого місця верстатника за технологічними ознаками у вигляді нечітких семантичних мереж.

Описана спрощена модель розрахунку часу виконання мікроелементів з урахуванням ергономічних властивостей робочого місця.

Приведено математичне визначення поняття і опис структури моделі МРТО.

Запропонована модель може бути використана при імітаційному моделюванні автоматизованих виробничих систем обробки металів різанням з використанням ручної праці на рівнях: верстат ділянка, лінія.

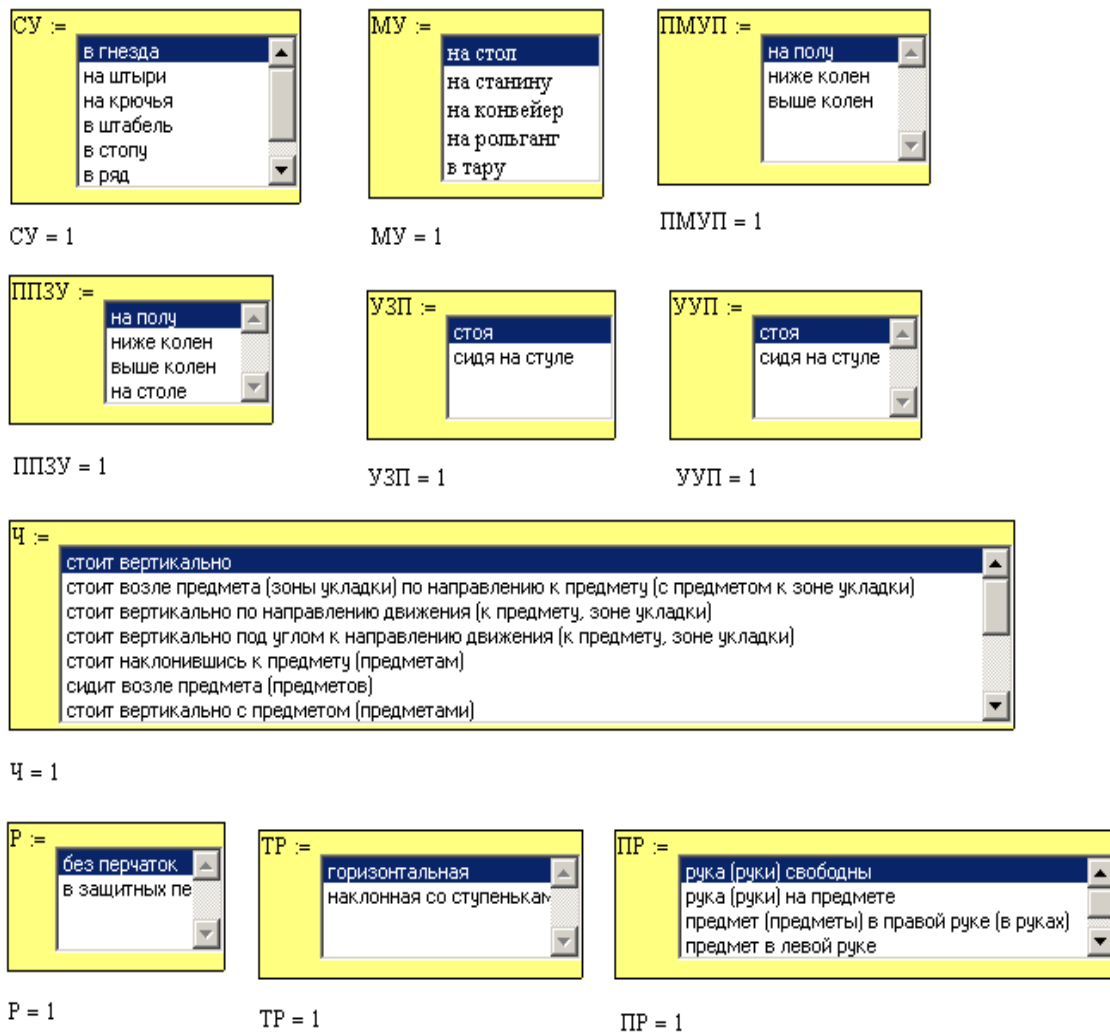


Рис. 5 – Інформаційний зміст технології механічної обробки різанням, залежно від міри його дії на процес формування технологічної операції: змінні чинники

```

tr :=
  r ← 0
  t ← 0
  ПМУП ← Пп8,1
  Пр ← Пч7,1
  Кпр ← Пч6,1
  Круж ← 1
  Круж ← 2 if Пп5,1 > 2.5 ∨ Кпр > 1
  Круж ← 0 if Пп5,1 · Кпр > 20 ∨ Пп5,1 · Кпр < 0.1
  Ч ← Пч3,1
  СУ ← Пп3,1
  ППЗУ ← Пп1,1
  Fi ← Пч1,1
  Р ← Пч2,1
  МУ ← Пп4,1
  L ← 0
  ТУП ← Пп6,1
  ТЗП ← Пп0,1
  УЗП ← Пч4,1
  УУП ← Пч5,1
  for j ∈ 1, 2, ..., ТЗП - 1
    L ← L + √((Трасса1,j+1 - Трасса1,j)2 + (Трасса2,j+1 - Трасса2,j)2 + (Трасса3,j+1 - Трасса3,j)2)

1
  j ← 1
  while j < ТУП + 1
    for k ∈ 1, 2, ..., cols(MC) - 1
      if (Ч = 13 ∨ Ч = 14) ∧ MC3,k = Ч ∧ Пр = 1 ∧ j < ТЗП
        r ← r + 1
        tr,0 ← MC0,k
        tr,1 ← ПереходMC0,k,1
        tr,2 ← j
        Ч ← 1
        j ← j - 1
        break
      if Ч = 1
        Ч ← 4 if |Fi| > 0
        Ч ← 3 otherwise
        j ← j - 1
        break
      if Ч = 4 ∧ MC3,k = Ч ∧ Пр = 1
        r ← r + 1
        tr,0 ← MC0,k
        tr,1 ← ПереходMC0,k,1
        tr,2 ← j
        Ч ← 1
        j ← j - 1
        break
1 2 3
  if Ч = 1
    Ч ← 4 if |Fi| > 0
    Ч ← 3 otherwise
    j ← j - 1
    break
  if Ч = 4 ∧ MC3,k = Ч ∧ Пр = 1
    r ← r + 1
    tr,0 ← MC0,k
    tr,1 ← ПереходMC0,k,1
    tr,2 ← j
    Fi ← 0
    Ч ← 2
    if j < ТЗП
      Ч ← 3
      ТР ← 2 if Трасса3,j ≠ Трасса3,j+1
      ТР ← 1 otherwise
    j ← j - 1
    break
  if Ч = 3 ∧ MC3,k = Ч ∧ MC5,k > 0 ∧ Пр = 1
    r ← r + 1
    tr,0 ← MC0,k
    tr,1 ← ПереходMC0,k,1
    tr,2 ← j
    break
1 2 3 4

```

А. Підготовка вхідних і базових даних

1	2	3	4		1	2	3	5
			if $j < T3П - 1$					$t_{i,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$
			$L1 \leftarrow \sqrt{\frac{(Трасса_{1,j+1} - Трасса_{1,j})^2 + (Трасса_{2,j+1} - Трасса_{2,j})^2}{(Трасса_{3,j+1} - Трасса_{3,j})^2}} \dots$					$t_{i,2} \leftarrow j$
			$Fi \leftarrow atan2(Трасса_{1,j+2} - Трасса_{1,j+1} - Трасса_{1,j}, Трасса_{2,j+2} - Трасса_{2,j+1} - Трасса_{2,j}) \cdot \frac{180}{\pi}$					$Ч \leftarrow 6$
			$L \leftarrow L - L1$					$j \leftarrow j - 1$
			otherwise					break
			$L \leftarrow L - 0.75$ if $L > 0.75$					if $MC_{3,k} = Ч \wedge [Ч = 2 \wedge MC_{2,k} = ППЗУ \wedge ППЗУ > 2) \vee Ч = 5 \vee Ч = 6] \wedge MC_{7,k} = \text{Круж} \wedge Пр = 1 \wedge MC_{8,k} = \text{Пр}$
			$Ч \leftarrow 2$ otherwise					$r \leftarrow r + 1$
			$Fi \leftarrow \Pi_{2,1}$					$t_{i,0} \leftarrow MC_{0,k}$
			$Ч \leftarrow 4$ if $ Fi > 0$					$t_{i,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$
			break					$t_{i,2} \leftarrow j$
			if $Ч = 2 \wedge MC_{3,k} = Ч \wedge MC_{6,k} = УЗП \wedge MC_{2,k} = ППЗУ \wedge УЗП = 1 \wedge Пр = 1$					Пр $\leftarrow 2$
			$r \leftarrow r + 1$					$j \leftarrow j - 1$
			$t_{i,0} \leftarrow MC_{0,k}$					break
			$t_{i,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$					if $Пр = 2 \wedge MC_{8,k} = Пр \wedge MC_{7,k} = \text{Круж} \wedge \text{Круж} > 0$
			$t_{i,2} \leftarrow j$					$r \leftarrow r + 1$
			$Ч \leftarrow 5$					$t_{i,0} \leftarrow MC_{0,k}$
			$j \leftarrow j - 1$					$t_{i,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$
			break					$t_{i,2} \leftarrow j$
			if $Ч = 2 \wedge MC_{3,k} = Ч \wedge MC_{6,k} = УЗП \wedge (ППЗУ = 1 \vee ППЗУ = 2) \wedge MC_{2,k} = ППЗУ \wedge УЗП = 2 \wedge Пр = 1 \wedge MC_{8,k} = \Gamma$					Пр $\leftarrow 3$
			$r \leftarrow r + 1$					$j \leftarrow j - 1$
			$t_{i,0} \leftarrow MC_{0,k}$					break
1	2	3	5		1	2	3	

Б. Розрахунок логістичних параметрів операції

Рис. 6 – Модель формування допоміжних машинно-ручних технологічних операцій

1	2	3		1	2	3	6	
			if $\Pi p = 3 \wedge MC_{8,k} = \Pi p \wedge MC_{3,k} = \psi \wedge (\psi = 6 \vee \psi = 5)$				$\psi \leftarrow 8$	
			$r \leftarrow r + 1$				if $j = \text{ТУП} - 1$	
			$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$				$L1 \leftarrow \sqrt{\frac{(Tpacca_{1,j+1} - Tpacca_{1,j})^2 + (Tpacca_{2,j+1} - Tpacca_{2,j})^2}{(Tpacca_{3,j+1} - Tpacca_{3,j})^2}} \dots$	
			$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$				$\psi \leftarrow 2$ if $L1 \leq 0.75$	
			$t_{r,2} \leftarrow j$				TP $\leftarrow 1$	
			$\psi \leftarrow 2$				TP $\leftarrow 2$ if $Tpacca_{3,j} \neq Tpacca_{3,j+1}$	
			$L1 \leftarrow \sqrt{\frac{(Tpacca_{1,j+1} - Tpacca_{1,j})^2 + (Tpacca_{2,j+1} - Tpacca_{2,j})^2}{(Tpacca_{3,j+1} - Tpacca_{3,j})^2}} \dots$				$\psi \leftarrow 2$ otherwise	
			$Fi \leftarrow atan2(Tpacca_{1,j+1} - Tpacca_{1,j} - Tpacca_{1,j-1}, Tpacca_{2,j+1} - Tpacca_{2,j} - Tpacca_{2,j-1}) \cdot \frac{180}{\pi} + T3\Pi$				$j \leftarrow j - 1$	
			$\psi \leftarrow 9$ if $ Fi > 0$				break	
			$\psi \leftarrow 8$ if $L1 > 0.75$ otherwise				if $\psi = 8 \wedge MC_{3,k} = \psi \wedge MC_{5,k} > 0 \wedge \Pi p = 3 \wedge MC_{8,k} = \Pi p$	
			$j \leftarrow j - 1$				$r \leftarrow r + 1$	
			break				$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$	
			if $\psi = 9 \wedge MC_{3,k} = \psi \wedge \Pi p = 3 \wedge MC_{8,k} = \Pi p$				$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$	
			$r \leftarrow r + 1$				$t_{r,2} \leftarrow j$	
			$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$				$Fi \leftarrow atan2(Tpacca_{1,j+2} - Tpacca_{1,j+1} - Tpacca_{1,j}, Tpacca_{2,j+2} - Tpacca_{2,j+1} - Tpacca_{2,j}) \cdot \frac{180}{\pi}$ if $j < \text{ТУП} - 1$	
			$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$				$Fi \leftarrow \Pi_{7,1}$ otherwise	
			$t_{r,2} \leftarrow j$				$\psi \leftarrow 9$ if $ Fi > 0$	
			$Fi \leftarrow 0$				$\psi \leftarrow 2$ otherwise	
			$\psi \leftarrow 8$				break	
			if $j < \text{ТУП}$				if $\psi = 2 \wedge MC_{3,k} = \psi \wedge MC_{9,k} = \text{УУП} \wedge \text{УУП} = 2 \wedge MC_{8,k} = \Pi p \wedge \Pi p = 3$	
							$r \leftarrow r + 1$	
							$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$	
1	2	3	6		1	2	3	7

В. Нормування МРТО

1	2	3	7	1	2	3	8
			$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$				$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$
			$t_{r,2} \leftarrow j$				$t_{r,2} \leftarrow j$
			$\varphi \leftarrow 10$				$\text{Пр} \leftarrow 4$
			$j \leftarrow j - 1$				$j \leftarrow j - 1$
			break				break
			if $\varphi = 2 \wedge MC_{3,k} = \varphi \wedge MC_{10,k} = \text{ПМУП} \wedge (\text{ПМУП} = 1 \vee \text{ПМУП} = 2) \wedge MC_{8,k} = \text{Пр} \wedge \text{Пр} = 3$				if $MC_{8,k} = \text{Пр} \wedge \text{Пр} = 4 \wedge [\text{Кпр} > 1 \wedge (\text{СУ} \geq 1 \wedge \text{СУ} \leq 3) \wedge MC_{1,k} = \text{СУ}]$
			$r \leftarrow r + 1$				$r \leftarrow r + 1$
			$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$				$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$
			$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$				$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$
			$t_{r,2} \leftarrow j$				$t_{r,2} \leftarrow j$
			$\varphi \leftarrow 12$				$\text{Пр} \leftarrow 5$
			$j \leftarrow j - 1$				$j \leftarrow j - 1$
			break				break
			if $\varphi = 10 \wedge MC_{3,k} = \varphi \wedge MC_{10,k} = \text{ПМУП} \wedge (\text{ПМУП} = 1 \vee \text{ПМУП} = 2) \wedge MC_{8,k} = \text{Пр} \wedge \text{Пр} = 3$				if $MC_{8,k} = \text{Пр} \wedge \text{Пр} = 5 \wedge [\text{Кпр} > 1 \wedge (\text{СУ} \geq 1 \wedge \text{СУ} \leq 3) \wedge MC_{1,k} = \text{СУ}]$
			$r \leftarrow r + 1$				$r \leftarrow r + 1$
			$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$				$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$
			$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$				$t_{r,1} \leftarrow \text{Переход}_{MC_{0,k},1}$
			$t_{r,2} \leftarrow j$				$t_{r,2} \leftarrow j$
			$\varphi \leftarrow 11$				$\text{Пр} \leftarrow 6$
			$j \leftarrow j - 1$				$j \leftarrow j - 1$
			break				break
			if $\text{Кпр} > 1 \wedge (\text{СУ} \geq 1 \wedge \text{СУ} \leq 3) \wedge MC_{1,k} = \text{СУ} \wedge MC_{8,k} = \text{Пр} \wedge \text{Пр} = 3 \wedge (\varphi = 2 \vee \varphi = 10 \vee \varphi = 11 \vee \varphi = 12) \wedge MC_{3,k} = \varphi$				$j \leftarrow j + 1$
			$r \leftarrow r + 1$				
			$t_{r,0} \leftarrow MC_{0,k}$				
1	2	3	8				

Г. Розрахунок маршруту переміщенні елементів МРТО та вивід результатів розрахунків Закінчення рис. 6.

		0	1	2
0		0	0	0
1		1	"Повернуть корпус"	1
2		2	"Подойти к предмету (предметам)"	1
3		1	"Повернуть корпус"	2
4		2	"Подойти к предмету (предметам)"	2
5		1	"Повернуть корпус"	3
6		4	"Наклониться к предмету (предметам)"	3
7		7	"Протянуть руки к предмету (предметам)"	3
8		8	"Взять предмет (предметы)"	3
9		10	"Выпрямиться с предметом (предметами)"	3
10	p=	11	"Повернуть корпус с предметом (предметами)"	3
11		12	"Идти с предметом (предметами) в руках"	3
12		11	"Повернуть корпус с предметом (предметами)"	4
13		12	"Идти с предметом (предметами) в руках"	4
14		11	"Повернуть корпус с предметом (предметами)"	5
15		12	"Идти с предметом (предметами) в руках"	5
16		11	"Повернуть корпус с предметом (предметами)"	6
17		15	"Наклониться с предметом (предметами) в руках"	6
18		16	"Перехватить предмет левой рукой"	6
19		17	"Протянуть правую руку к левой"	6
20		18	"Взят предмет правой рукой из левой"	6
21				
22				

Рис. 7 – Результати формування допоміжних машинно-ручних технологічних операцій за моделлю(рис. 6)

Список литературы

1. Арон Е.И. Микроэлементное нормирование и проектирование труда / Арон Е. И., Калитич Г. И. — К.: Техніка, 1983. — 89 с. — (Б-ка передового опыта. Передовые предприятия).
2. Базовая система микроэлементных нормативов времени (БСМ-1). Нормативно производственное издание / голов. ред. С.А. Юровский — М.: Экономика — 1989 г. — (Методические и нормативные материалы)
3. Більовський К.Е. Аналіз відхилень при спрощенні структур рухів в автоматизованій системі нормування та оплати праці. / Більовський К.Е. // Вісник технологічного університету — Поділля, м. Хмельницький — 2001 №2 ч.3 — С. 128 — 131.
4. Більовський К.Е. Аналіз систем нормування і вимоги до моделювання процесів праці / Більовський К.Е. // Економіка праці: [Зб., наук., праць.] — МО України. Технологічний ун-т Поділля. — Хмельницький: НВП "Евріка" — Вип. 3 — 1999. — С.5 — 9.
5. Більовський К.Е. Визначення відхилень тривалості процесів праці в залежності від розмірів та розташування зон розміщення предметів. / Більовський К. Е. // Вісник технологічного університету — Поділля, м. Хмельницький — 2003 №2 Т.2 — С. 161 — 164.
6. Більовський К.Е. Дослідження структур трудових комплексів для побудови автоматизованих систем розробки нормативів та нормування. / Більовський К. Е. // Вісник технологічного університету — Поділля, м. Хмельницький — 2000 №2 — С. 69 — 72.
7. Більовський К.Е. Застосування інтерактивного імітаційного моделювання для аналізу трудових процесів / Більовський К.Е. Застосування нових інформаційних технологій для аналізу, проектування та нормування трудових процесів / Більовський К.Е. // Вісник технологічного університету — Поділля, м. Хмельницький — 2002 №2 ч.1 — С. 74 — 81.
8. Більовський К.Е. // Економіка проблеми теорії та практики. — Вип. 124. — 2002р — С. 165 — 173.
9. Більовський К. Е. Общая структура автоматизированной системы определения норм времени / Більовський К. Е. // Вісник технологічного університету — Поділля, м. Хмельницький — 2000 — №3 ч.1 — С. 40 — 43.
10. Більовський К.Е. Структура системи інтерактивного моделювання методів ручної і машинно-ручної праці: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. економічних наук: спец. 08.03.02. „Економіко-математичне моделювання” / Більовський К.Е. Хмельницький-2003 — 18 с.
11. Більовський К.Е., Завгородня Т.П. Структура автоматизованої системи проектування та нормування трудових процесів / Більовський К.Е. // Вісник технологічного університету — Поділля, м. Хмельницький — 2001 №4 — С. 112 — 116.
12. Ведерников М.Д. Досвід розробки укрупнених нормативів часу на основі модульної системи мікроелементного нормування та проектування праці (МОДАПТС) (На прикладі поточно-конвеєрного виробництва) / Ведерников М.Д. // Економіка проблеми теорії та практики. Вип. 128 — 2002 — 53 — 59 с.
13. Завгородня Т.П. Моделювання процесів праці на рівні робочих місць. / Завгородня Т.П., Мазарчук А.Ю. // Вісник технологічного університету Поділля, м. Хмельницький №2 — 1998 — 76 — 80 с.
14. Завгородня Т.П. Проектирование технологии труда / Завгородня Т.П. // Проблемы экономики труда: Украинская научно-практическая конференция. — Хмельницкий, 1993 — 23 — 27 с.
15. Мазарчук А.Ю. Моделювання процесів праці. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економічних наук: спец. 08.03.02. „Економіко-математичне моделювання” / Мазарчук А.Ю. — Хмельницький, 1998 — 15 с.
16. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. / Максимей И.В. — М.: Радио и связь, 1988 — 232 с.
17. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. / Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990 — 272 с.
18. Методические основы нормирования труда рабочих в народном хозяйстве. / Изд. 3-е переработанное — М.: Экономика 1987.
19. Методические рекомендации по расчету на ЭВМ норм времени на базе микроэлементных нормативов / под ред., С.А. Юровского, В.Х. Педро // Нормативно-производственное издание. — М.: Экономика, 1989 — 54 с.
20. Мошенский М.Г. Микроэлементные нормативы и методы их укрупнения для исследования и нормирования трудовых процессов. / Мошенский М.Г. // Соц. Труд. 1975 — №3 — 78 — 94 с.
21. Назаретов В.М. Техническая имитация интеллекта Кн. 6. / В.М. Назаретов, Д.П. Ким; Под ред. И.М. Макарова. // Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн.: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1986. — 144 с.
22. Основы инженерной психологии: [Под ред. Б.Ф. Ломова.] — М.: Высш. шк., 1986 — 448 с.
23. Офіційна сторінка “Асоціації MTM для стандартизації і досліджень” (The MTM Association for Standards and Research). [Електронний ресурс]: <http://www.MTM.org/>
24. Офіційна сторінка “Міжнародної асоціації МОДАПТС” (International MODAPTS Association). [Електронний ресурс]: <http://www.modapts.org/>
25. Офіційна сторінка системи TaskMaster 2000. [Електронний ресурс]: <http://www.Drshinnick.com/taskmaster.htm>
26. Перовишников Ю.С. Трудовой процесс. (Инженерно-экономический поиск меры труда). / Перовишников Ю.С. — Ижевск “Удмуртия”, 1974 — 186 с.
27. Применение базовой системы микроэлементных нормативов времени (БСМ) в организации и нормировании труда рабочих: Методические рекомендации. — М.: НИИ труда, 1985.
28. Применение ЭВМ для расчета норм труда: Методические рекомендации. Вып. 4. / под ред. А.С.Довбы, В.М. Рысса и Р.П. Миусковой // Методы расчета норм времени на поточных линиях сборки. — М.: НИИ труда, 1979.
29. Ресурсосбережение в тяжелом машиностроении. Реинжиниринг крупногабаритных изделий: монография /В.Т. Лебедь, А.А. Пермяков, А.Н. Шелковой. — Краматорск: ДГМА, 2015. — 301 с.
30. Ротштейн А.П. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий. / Ротштейн А.П., Кузнецов П.Д. — К.: Техніка, 1992 — 180 с.
31. Саломатин Н.А. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством. / Н.А. Саломатин, Г.В. Беляев, В.Ф. Петренко, Е.В. Прошлякова. — М.: Машиностроение, 1984. — 208 с.
32. Скрыпник Н. Автоматизированные системы микроэлементного проектирования и нормирования труда в развитых капиталистических странах. / Скрыпник Н., Горюнов В. // Соц. Труд, 1986 — №4 — 112 — 117 с.
33. Соломенцев Ю.М. Ситуативное проектирование технологических процессов в гибкой автоматизированной производственной системе. / Соломенцев Ю.М., Васин А.М., Климов С.В. — Вестник машиностроения, 1984 — № 3 — 47 — 50 с.
34. Турко Ф.М. Методика разработки внедрения микроэлементных нормативов трудовых процессов. (Методические рекомендации). / Турко Ф.М., Балушак Р.Г., Михайлов З.В. — К.: 1992 р.
35. Шелковой А., Ключко А., Набока Е. Имитационное моделирование в задачах механосборочного производства /Авторы: Шелковой А., Ключко А., Набока Е. —Saarbrücken, Germany: LAPLAMBERTAcademicPublishing, 2015. — 528 с.
36. Шелковой А.Н., Шрон Л.Б., Ищенко Г.И., Рузметов А.Р., Семченко М.С. К вопросу о имитационном моделировании машинно-ручных технологических операций в системах обработки металлов резанием //Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. — Вип. 10, — Харків : НТУ «ХПІ», 2015. — С. 177 — 191
37. Эргономика. Проблемы приспособления условий труда к человеку: Сборник статей. / Перев. с польск. — М.: Мир, 1971 р. — 421 с.

References (transliterated)

1. Aron E.I. Mikroelementnoe normirovanie i proektirovanie truda / Aron E. I., Kalitich G. I. — K.: Tekhnika, 1983. — 89 s. — (B-ka peredovogo opyta. Peredovy'e predpriyati).
2. Bazovaya sistema mikroelementnykh normativov vremeni (BSM-1). Normativno proizvodstvennoe izdanie / golov. red. S.A. Yurovskiy — M.: Ekonomika p 1989 r. — (Metodicheskie i normativny'e materialy).
3. Bil'ovs'kij K.E. Analiz vi'dkhihen' pri sproshhenni' struktur rukhi'v v avtomatizovani'j sistemi' normuvannya ta oplati praczi'. / Bil'ovs'kij K.E. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu — Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij — 2001 #2 ch.3 — S. 128 — 13.
4. Bil'ovs'kij K.E. Analiz sistem normirovaniya i trebovaniya k modelirovaniyu processov truda / Bil'ovs'kij K.E. // Ekonomika praczi': [Zb., nauk., pracz.] — MO Ukrayini. Tekhnologichnij uni-t Podi'lyya. — Khmel'nicz'kij: NVP "Evri'ka" — Vip. 3 — 1999. — S.5 — 9.
5. Bil'ovs'kij K.E. Voznachennya vi'dkhihen' trivalosti' procesi'v praczi' v zalezhnosti' vi'd rozmi'ri'v ta roztashuvannya zon rozmi'shennya pre-dmeti'v. / Bil'ovs'kij K. E. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu — Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij — 2003 #2 T.2 — S. 161 — 164.
6. Bil'ovs'kij K.E. Dosli'dzhennya struktur trudovikh kompleksiv dlya pobudovi avtomatizovanih sistem rozrobki normativiv ta normuvannya. / Bil'ovs'kij K. E. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu — Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij — 2000 #2 — S. 69 — 72.
7. Bil'ovs'kij K.E. Zastosuvannya i'nteraktivnogo i'mitacijnogo modelyuvannya dlya analizu trudovikh procesi'v / Bil'ovs'kij K.E. Za-stosuvannya novikh i'nfomacijnikh tekhnologij dlya analizu, proektuvannya ta normuvannya trudovikh procesi'v / Bil'ovs'kij K.E. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu — Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij — 2002 — #2 ch.1 — S. 74 — 81.
8. Bil'ovs'kij K.E. // Ekonomika problemi teori'yi ta praktiki. — Vip 124. — 2002r — S. 165 — 173.
9. Bil'ovs'kij K. E. Obshhaya struktura avtomatizovannoy sistemy' opredeleniya norm vremeni / Bil'ovs'kij K. E. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu — Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij — 2000 — #3 ch.1 — S. 40 — 43.
10. Bil'ovs'kij K.E. Struktura sistemi i'nteraktivnogo modelyuvannya metodi'v ruchnoyi i' mashinno-ruchnoyi praczi': avtoref. dis. na zdo-buttya nauk, stupenya kand. ekonomichnikh nauk: specz. 08.03.02. „Ekonomiko matematichne modelyuvannya" / Bil'ovs'kij K.E. Khmel'nicz'kij-2003 — 18 s..
11. Bil'ovs'kij K.E., Zavgorodnya T.P. Struktura avtomatizovanoi sistemi proektuvannya ta normuvannya trudovikh procesi'v / Bil'ovs'kij K.E. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu — Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij — 2001 #4 — S. 112 — 116.
12. Vedernikov M.D. Dosvi'd rozrobki ukрупnenikh normativiv chasu na osnovi' modul'noyi sistemi mikroelementnogo normuvannya ta proektuvannya praczi' (MODAPTS) (Na prikladi' potочно-konveyernogo virobnicztva) / Vedernikov M.D. // Ekonomika problemi teori'yi ta praktiki. Vip. 128 — 2002 — 53 — 59 s.
13. Zavgorodnya T.P. Modelyuvannya procesi'v praczi' na ri'vni' robochikh mi'scz'. / Zavgorodnya T.P., Mazarchuk A.Yu. // Vi'snik tekhnologichnogo uni'versitetu Podi'lyya, m. Khmel'nicz'kij #2 — 1998 — 76 — 80 s.
14. Zavgorodnyaya T.P. Proektirovanie tekhnologii truda. / Zavgorodnyaya T.P. // Problemy' ekonomiki truda: Ukrainskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. — Khmel'nicz'kij, 1993 — 23 — 27 s.
15. Mazarchuk A.Yu. Modelyuvannya procesi'v praczi'. avtoref. dis. na zdo-buttya nauk. stupenya kand. ekonomichnikh nauk: specz. 08.03.02. "Ekonomiko-matematichne modelyuvannya" / Mazarchuk A.Yu. — Khmel'nicz'kij, 1998 — 15 s.
16. Maksimej I.V. Imitacziynoe modelirovanie na E'VM. / Maksimej I.V. — M.: Radio i svyaz', 1988 — 232 s.
17. Melikhov A.N. Situacziynoe sovetyushhie sistemy' s nechetoj logikoj. / Melikhov A.N., Bershtejn L.S., Korovin S.Ya. — M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat.lit., 1990 — 272 s.
18. Metodicheskie osnovy' normirovaniya truda rabochikh v narodnom khozaystve. / Izd. 3-e pererabotannoe — M.: Ekonomika 1987.
19. Metodicheskie rekomendaczi po raschetu na E'VM norm vremeni na baze mikroelementnykh normativov / pod red., S.A. Yurovskogo, V.Kh. Pedro // Normativno-proizvodstvennoe izdanie. — M.: Ekonomika, 1989 — 54 s.
20. Moshenskij M.G. Mikroelementny'e normativy' i metody' ikh ukрупneniya dlya issledovaniya i normirovaniya trudovykh processov. / Moshenskij M.G. // Socz. Trud. 1975 — #3 — 78 — 94 s.
21. Nazaretov V.M. Tekhnicheskaya imitacziya intelekta Kn. 6. / V.M. Nazaretov, D.P. Kim; Pod red. I.M. Makarova. // Robototekhnika i gibkie avtomatizirovanny'e proizvodstva. V 9-ti kn.: Ucheb. posobie dlya vtuzov. — M.: Vy'ssh. shk., 1986. — 144 s.
22. Osnovy' inzhenernoj psikhologii: [Pod red. B.F. Lomova.] — M.: Vy'ssh. shk., 1986 — 448 s.
23. Ofi'czi'jna stori'vka "Asoczi'aczi'yi MTM dlya standartizaczi'yi i' dosli'dzheni'" (The MTM Association for Standarts and Research). [Elektron-nij resurs]: <http://www.MTM.org/>
24. Ofi'czi'jna stori'nka "Mi'zhnarodnoyi asoczi'aczi'yi MODAPTS" (International MODAPTS Association). [Elektronnij resurs]: <http://www.modapts.org/>
25. Ofi'czi'jna stori'nka sistemi TaskMaster 2000. [Elektronnij resurs]: <http://www.Drshinnick.com/taskmaster.htm>
26. Perevoshnikov Yu.S. Trudovoj process. (Inzhenerno-e'konomicheskij poisk mery' truda). / Perevoshnikov Yu.S. — Izhevsk "Udmurtiya", 1974 — 186 s.
27. Primenenie bazovoj sistemy' mikroelementnykh normativov vremeni (BSM) v organizaczi i normirovanii truda rabochikh: Metodicheskie rekomendaczi. — M.: NII truda, 1985.
28. Primenenie E'VM dlya rascheta norm truda: Metodicheskie rekomendaczi. Vy'p. 4. / pod red. A.S.Dovby', V.M. Ry'ssa i R.P. Mi-uskovoj // Metody' rascheta norm vremeni na potочноykh liniyakh sborki. — M.: NII truda, 1979.
29. Resursoberezhenie v tyazhelom mashinostroenii. Reinzhiniring krupnogabaritnykh izdelij: monografiya /V.T. Lebed', A.A. Permyakov, A.N. Shelkova. — Kramatorsk: DGMA, 2015. — 301 s.
30. Rotshtejn A.P. Proektirovanie bezdefektnykh cheloveko-mashinnykh tekhnologij. / Rotshtejn A.P., Kuznecov P.D. — K.: Tekhnika, 1992 — 180 s.
31. Salomatin N.A. Imitacziynoe modelirovanie v operativnom upravlenii proizvodstvom. / N.A. Salomatin, G.V. Belyaev, V.F. Petrochenko, E.V. Proshlyakova. — M.: Mashinostroenie, 1984. — 208 s.
32. Skry'pnik N. Avtomatizirovanny'e sistemy' mikroelementnogo proektirovaniya i normirovaniya truda v razvity'kh kapitali-sticheskikh stranakh. / Skry'pnik N., Goryunov V. // Socz. Trud, 1986 — #4 — 112 — 117 s.
33. Solomenczev Yu.M. Situativnoe proektirovanie tekhnologicheskikh processov v gibkoj avtomatizirovannoj proizvodstvennoj sisteme. / Solomenczev Yu.M., Vasin A.M., Klimov S.V. — Vestnik mashinostroeniya, 1984 — # 3 — 47 — 50 s.
34. Turko F.M. Metodika razrabotki vnedreniya mikroelementnykh normativov trudovykh processov. (Metodicheskie rekomendaczi). / Turko F.M., Balushhak R.G., Mikhajlov Z.V. — K. 1992 r.
35. Shelkovej A., Klochko A., Naboka E. Imitacziynoe modelirovanie v zadachakh mekhanosborochnoho proizvodstva /Avtory: Shelkovej A., Klochko A., Naboka E. □ Saarbrücken, Germany: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2015. 528 s.
36. Shelkovej A.N., Shron L.B., Ishhenko G.I., Ruzmetov A.R., Semchenko M.S. K voprosu o imitacziynom modelirovanii mashinno-ruchnykh tekhnologicheskikh operaczi v sistemakh obrabotki metallov rezaniem //Suchasni' tekhnologii'yi v mashinobuduvanni': zb. nauk. pracz'. — Vip. 10, — Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. — C. 177 — 191.
37. Ergonomika. Problemy' prispособleniya uslovij truda k cheloveku: Sbornik statej. / Perv. s pol'sk. — M.: Mir, 1971 r. — 421 s.

Поступила (received) 15.02.2022

Шелковой Олександр Миколайович (Shelkovoy Alexander) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтегровані технології машинобудування ім. М.Ф.Семка Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (050) 945-28-93; e-mail: alnikshelk@gmail.com, ORCID:0000-0002-7414-4854.

Гасанов Магомедмін Ісамагомедовіч (Hasanov Magomedemin) – проректор по науково-педагогічній роботі, доктор технічних наук, професор кафедри технологія машинобудування і металорізальні верстати, Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (096)-590-8850; e-mail: kh.kajvika@gmail.com;

Заковоротний Олександр Юрійович (Zakovorotniy Alexander Yuryevich) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри обчислювальна техніка та програмування, Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (097) 967-3271;; e-mail: arcade@i.ua;

Главчева Юлія Миколаївна (Hlavcheva Yuliia) – PhD, директор науково-технічної бібліотеки; Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; вул. Кирпичова, 2, Україна, e-mail: yuliia.hlavcheva@khpi.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7991-5411>

Летюк Валерій Іванович (Letiuk Valerii) – аспірант кафедри інтегровані технології машинобудування ім. М.Ф.Семка Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (099) 9512396, e-mail: Valerii.Letiuk@mit.khpi.edu.ua

Феденюк Дмитро Віталійович (Fedeniuk Dmytro) – аспірант кафедри інтегровані технології машинобудування ім. М.Ф.Семка Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; e-mail: fedeniuk@gmail.com, tel: [+38\(066\)720-39-28](tel:+38(066)720-39-28),