

УДК 004.78:004.056 DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).184-194](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).184-194)

Т.В. Смірнова, канд. техн. наук, **Є.К. Солових**, проф., д-р техн. наук,
О.А. Смірнов, проф., д-р техн. наук, **О.М. Дреєв**, канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна
e-mail: sm.tetyana@gmail.com, dr.SmirnovOA@gmail.com, drey.sanya@gmail.com

Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей

У даній роботі розглядається проблематика оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей в умовах гнучкої зміни параметрів проведення технологічних операцій. Для цього треба розробити відповідну інформаційну технологію у вигляді рекомендаційної системи, яка дозволяє обрати оптимізований ланцюг технологічних процесів, які у свою чергу дозволяють за заданими критеріями реалізувати технологічний процес відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Виходячи з широкого розповсюдження Інтернету, та застосування його у сучасному виробництві, дана технологія пропонується у вигляді хмарного сервісу. Предметом вивчення у статті є хмарна інформаційна технологія оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Метою роботи відповідно є побудова хмарної інформаційної технології оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей із заданими характеристиками на основі комбінації декількох технологічних процесів. Для цього у даній роботі була розв'язана наступна низка задач: проведений огляд відомих експертних систем оптимізації технологічного процесу та їх приведення до абстрактного вигляду, для цього був представлений рух інформації в експертній системі оптимізації технологічних процесів, яка побудована на базі аналізу процесу електродугового напилення; формалізовано підмножини абстрактних експертних систем оптимізації технологічного процесу; формалізовано рекомендаційні системи для забезпечення оптимізації ланцюга технологічного процесу, як надбудови експертної системи над експертними системами окремих технологічних процесів. Результатами роботи є інформаційна технологія оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей як хмарний сервіс. Висновки: в роботі у сукупності запропонована інформаційна технологія вирішення задачі побудови оптимізованого ланцюга технологічних процесів відновлення та зміцнювання поверхонь валів, з вибором більш оптимального процесу серед альтернативних, у вигляді хмарного сервісу.

інформаційні технології, експертні системи, відновлення, зміцнення, деталь, технологічний процес

Т.В. Смирнова, канд. техн. наук, **Е.К. Соловых**, проф., д-р техн. наук, **А.А. Смирнов**, проф., д-р техн. наук, **А.Н. Дреев**, канд. техн. наук

Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина

Построение облачных информационных технологий оптимизации технологических процессов восстановления и упрочнения поверхностей деталей

В данной работе рассматривается проблематика оптимизации технологического процесса восстановления и упрочнения поверхностей деталей в условиях гибкого изменения параметров проведения технологических операций. Для этого необходимо разработать соответствующую информационную технологию в виде рекомендательной системы, которая позволяет выбрать оптимизированный цепь технологических процессов, которые в свою очередь позволяют по заданным критериям реализовать технологический процесс восстановления и упрочнения поверхностей деталей. Исходя из широкого распространения Интернета, и применение его в современном производстве, данная технология предлагается в виде облачного сервиса. Предметом изучения в статье является облачная информационная технология оптимизации технологического процесса восстановления и упрочнения поверхностей деталей. Целью работы соответственно являются построение облачной информационной технологии оптимизации технологического процесса восстановления и упрочнения поверхностей деталей с заданными характеристиками на основе комбинации нескольких технологических процессов.

© Т.В. Смірнова, Є.К. Солових, О.А. Смірнов, О.М. Дреєв, 2019

Для этого в данной работе был решен следующий ряд задач: проведен обзор известных экспертных систем оптимизации технологического процесса и их приведение к абстрактному виду, для этого было представлено движение информации в экспертной системе оптимизации технологических процессов, построенных на базе анализа процесса электродугового напыления; formalизовано подмножество абстрактных экспертных систем оптимизации технологического процесса; formalизованы рекомендательные системы для обеспечения оптимизации цепи технологического процесса, как надстройки экспертной системы над экспертными системами отдельных технологических процессов. Результатами работы является информационная технология оптимизации технологического процесса восстановления и упрочнения поверхностей деталей как облачный сервис. Выводы: в работе в совокупности предложена информационная технология решения задачи построения оптимизированной последовательности технологических процессов восстановления и упрочнения поверхностей валов, с выбором более оптимального процесса среди альтернативных, в виде облачного сервиса.

информационные технологии, экспертные системы, восстановления, укрепления, деталь, технологический процесс

Постановка проблеми. Сучасний розвиток науки вимагає застосування новітніх інформаційних технологій майже в усіх галузях виробництва. Це застосовується також й для підвищення якості виробництва тих, або інших деталей. У даній роботі розглядається проблематика оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Для цього треба розробити відповідну інформаційну технологію у вигляді рекомендаційної системи, яка дозволяє обрати оптимізований ланцюг технологічних процесів, які дозволяють за заданими критеріями реалізувати технологічний процес відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Досягнення поставленої мети вимагає розв'язання низки задач, однак для їх формулювання та визначеності в застосуваних хмарних інформаційних технологіях, потрібно визначити види та область застосування експертних та рекомендаційних систем для забезпечення оптимізації ланцюга технологічних процесів. Виходячи з широкого розповсюдження Інтернету, та застосування його у сучасному виробництві, дана технологія пропонується у вигляді хмарного сервісу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теперішній час активно розроблюються інформаційні системи (ІС) підтримки прийняття рішень для забезпечення оптимізації окремих технологічних процесів (ТП) [1]. Систем для вирішення задачі побудови оптимізованого ланцюга ТП та систем вибору більш оптимального ТП не вистачає [2]. Аналіз останніх досліджень та публікацій [3-16] показав, що питання застосування інформаційних технологій у вигляді відповідних інформаційних систем в технологічних процесах дуже актуальне. Крім того, з розвитком комп’ютерних технологій зростає актуальність використання хмарних технологій в реалізації ІС. Тому проблема оптимізації ланцюга ТП в інформаційному забезпеченні експертних систем (ЕС) у вигляді хмарного сервісу актуальна.

Постановка завдання. Таким чином, метою даної роботи є побудова хмарної інформаційної технології оптимізації ТП відновлення та зміцнення поверхонь деталей із заданими характеристиками на основі комбінації декількох ТП.

Виклад основного матеріалу.

Досягнення поставленої мети вимагає розв'язання низки задач. Для їх формулювання та визначеності в застосуваних хмарних інформаційних технологіях потрібно почати з визначення виду та області застосування експертних та рекомендаційних систем для забезпечення оптимізації ланцюга ТП.

Огляд відомих ЕС оптимізації ТП та приведення їх до абстрактного вигляду. В роботі [3], представлено розробку ІС підтримки рішень, до складу якої входить ЕС з оптимізації металорізальних ТП, інформаційна модель якої показана на рис. 1.

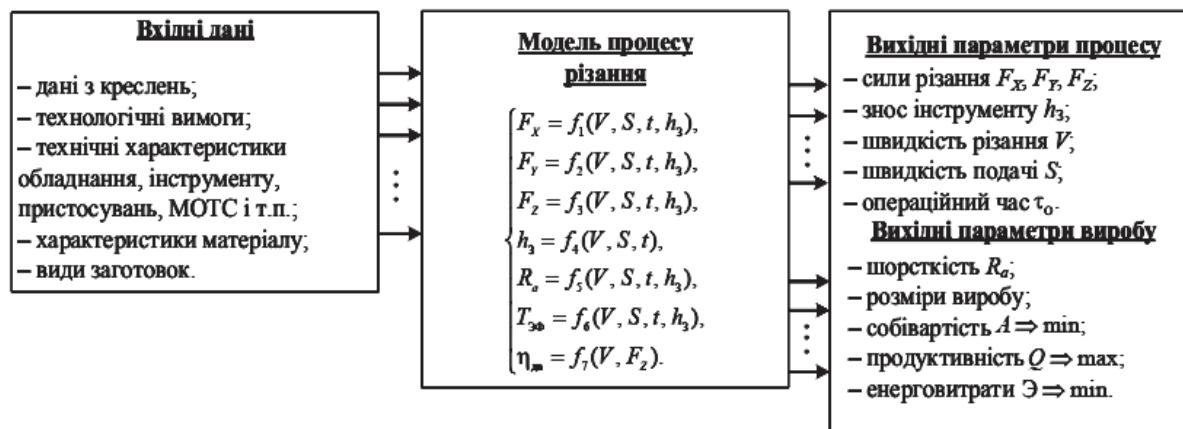


Рисунок 1 – Модель процесу різання

Джерело: [3]

З рис. 1 можливо побачити, що модель містить функції-моделі металорізального процесу, розрахунки параметрів, які можна включити до оптимізації, виділені вхідні та вихідні дані. При цьому до вхідних даних відносяться вимоги до результату обробки та обмеження на ресурси, а до вихідних даних віднесено параметри ТП та параметри отриманого виробу з витратами на його виробництво.

Аналогічний підхід можливо застосувати для технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Для цього представимо ЕС оптимізації ТП та приведемо її до абстрактного вигляду, у вигляді, який відображенний на рисунку 2.

Нехай маємо математичну модель технологічного процесу k відновлення поверхонь, яку позначимо наступним чином:

$$\vec{Y}_k = f(\vec{X}_k, \vec{V}_k, \vec{Z}_k, \vec{R}_k), \quad (1)$$

де $\vec{Y}_k \in Y$ – кількісні значення підмножини характеристик поверхонь, яка отримана за результатами технологічного процесу k ;

$\vec{X}_k \in X$ – кількісні значення підмножини відомих та контролюваних параметрів окремого технологічного процесу з усіх доступних;

\vec{V} – відомі але не контролювані величини процесу;

\vec{Z} – невідомі та не контролювані величини;

\vec{R} – випадкові величини, що впливають на процес;

\vec{Y} – параметри, які досягаються в процесі технологічної обробки.

Випадкова складова ϵ не контролюваною, тому в моделях часто ними нехтують, але в процесі оцінювання адекватності моделі обов'язково робиться пошук надійних інтервалів очікуваних величин з реальними результатами.. Відповідно до цього, з причини того, що в загальному випадку невідома кількість даних для побудови математичної моделі технологічного процесу, неможливо заздалегідь визначити методи її побудови. Для цього потрібно доповнити модель додатковими даними та засобами побудов математичних моделей M .

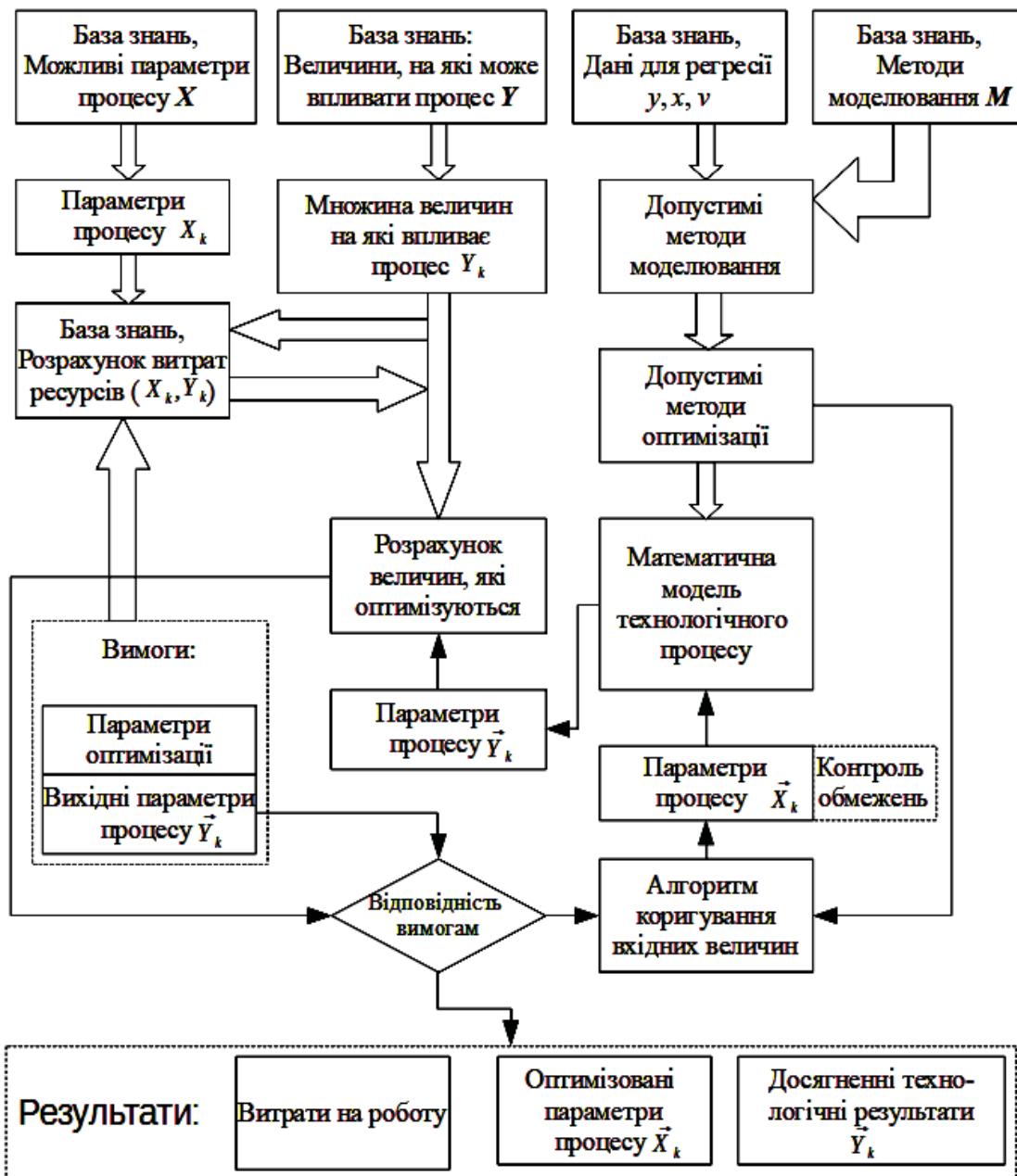


Рисунок 2 – Діаграма потоку інформації в реалізації узагальненої k -ї ЕС оптимізації ТП
Джерело: [3]

Множина застосовних методів побудови математичних моделей процесу \rightarrow позначатиметься $M_k \in M$ і буде залежною від наявного набору даних для побудови моделей (2):

$$\vec{M}_k = C[M, \underline{\underline{ydef}} Y_k, \underline{\underline{xdef}} X_k, \underline{\underline{vdef}} V_k], \quad (2)$$

де def визначає операцію відбору відомих значень які будуть використані для побудови математичної моделі. Таке визначення вибору множини методів побудови математичних моделей обґрунтовано тим, що при великій кількості даних можна для регресії використати методи на основі апроксимацій або нейронні мережі. При малому наборі даних вибір звужується до вибору між методом найменших квадратів, сплайнів або інтерполяційних операцій. Відповідно до цього, операція фільтрування допустимих

методів (2) є необхідною, і при доповненні бази знань, методи математичного моделювання можуть змінюватися. Вибір методу з допустимих F може бути покладено на людину або виконуватися автоматично за заздалегідь внесеними пріоритетами. Фактично, експертна система міститиме в собі вкладену експертну систему математичного моделювання та алгоритмів пошуку максимумів та мінімумів на ній. Результатом дії такої системи є готова математична модель (3):

$$f : \left[\vec{M}_k, y, x, v \right], \quad (3)$$

де f – функція яка використана в (1).

Нерідко технологічні процеси є складовими складних, багатоетапних, технологій відновлення або змінення поверхонь деталей. В такому випадку поверхня під час обробки не приймає на виході значення Y_k , а відбувається перетворення властивостей поверхні $\vec{Y}_k \rightarrow \vec{Y}_{k+1}$, при цьому на результат можуть впливати вхідні властивості, як при шліфуванні, або можуть й не впливати, як при електродуговому напиленні. Тому для узагальненої моделі технологічного процесу, модель (1) потрібно доповнити явно вхідними параметрами поверхні, що з врахуванням (2) та (3) надає наступний вираз:

$$\vec{Y}_k = F[C[M, y, x, v] \left[\vec{X}_k, \vec{V}_k, \vec{Z}_k, \vec{R}_k, \vec{Y}_{k-1} \right]]. \quad (4)$$

Таким чином, на рис. 2 представлено рух інформації в ЕС оптимізації ТП, яка побудована на базі аналізу процесу електродугового напилення (ЕДН), також присутній коловий рух інформації з перевіркою досягнення заданих умов.

Наявність такого циклу в ряді методів пошуку оптимуму присутній і процесах металорізання (рис. 3).



Рисунок 3 – Схема оптимізації ТП металообробки

Джерело: [3]

Це свідчить про те, що узагальнення ТП, принаймні, дозволить отримати ІС для операцій відновлення поверхонь деталей, так і для операцій, які використовують обробку різанням.

Формалізація підмножини абстрактних ЕС оптимізації ТП. На основі математичного співвідношення (4) та діаграми потоку інформації в узагальненій ЕС ТП (рис. 2), проведемо формалізацію.

Для цього використаємо наступні позначення множин, які формують базу знань для ряду ТП: $S = \langle X, Y, V, M, P, D, G \rangle$, яка включає в себе операцію виділення підмножин елементів, що стосуються окремої технологічної операції k :

- X_k – множина керованих параметрів ТП k ;
- Y_k – множина параметрів деталі, які контролює або змінюю ТП k ;
- V_k – множина параметрів які не керуються, але потрібно враховувати при виконанні ТП k ;
- M_k – множина методів отримання математичної моделі ТП k ;
- $P(m)$, $m \subset P(M_k)$ – обраний екземпляр з методів оптимізації, який застосовний для вказаних математичних моделей, R – операція вибору методу з множини методів. Операція вибору може проводитися автоматично або за вибором розробника ЕС;
- D_k – множина функцій розрахунку матеріальних, в тому числі й часових витрат на здійснення ТП k , за якими може проводитися процес оптимізації. Сюди ж входять лінійні або більш складні комбінації для отримання остаточної багатофакторної вагової оптимізаційної функції;
- G_k – множина матеріальних ресурсів, які використовує ТП.

Знаком вектору визначаємо конкретний кортеж реальних величин, які відповідають множині обраних величин та характеристик. Тоді за рис. 2 матимемо наступні співвідношення для окремого ТП k (5):

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{X}_k = m(\vec{Y}_k, \vec{V}_k, \vec{Y}_{k-1}, \vec{G}_k), \\ \vec{G}_k = D_k(\vec{X}_k, \vec{V}_k), \\ \left| \vec{G}_k \right| \rightarrow \min, \\ \left| \vec{G}_k \right| = \infty, \text{ якщо } \vec{Y}_{k-1} \notin Y_k \end{array} \right. \quad (5)$$

Тут значення нормування має більш широке значення, яке приймає зміст виділення скаляру з вектору матеріальних витрат. Метод виділення скаляру може сильно відрізнятися в залежності від обраного ТП, але в більшості випадків з цю операцію можна прийняти лінійну комбінацію матеріальних та часових витрат. В разі потреби досягнення максимальності одного з показників, пропонується в лінійній комбінації використовувати від'ємні коефіцієнти.

Складність в пошуку оптимального режиму обробки полягає в тому, що система (4) містить в якості аргументів та результатів одні й ті самі множини числових значень. При цьому операції m та D_k можуть мати нелінійний характер, можуть мати ділянки запізнення, або не виражатимуться аналітично, коли процеси розрахунку можуть виконуватися декларативно або бути результатом імітаційного моделювання.

Також, для застосовності деяких алгоритмів оптимізації проведено доповнення

$\left| \vec{G}_k \right| \rightarrow \infty, \vec{Y}_{k-1} \notin Y_k$, яке вступає в силу коли поступає неможлива вимога до ТП і

повертає значно перевищенну потребу в ресурсах. Тим самим будь-який процес стає придатним для використання, але його використання приймається за вкрай не ефективне. Таке введення дозволяє включити до алгоритмів оптимізації додатково велику базу пошукових евристик. Також аналітичне доповнення розрахунків використаних ресурсів швидким ростом ресурсних потреб при виході за вхідні вимоги ТП, розширяє методики оптимізації градієнтними спусками. Сукупність S та (5) формують формальне завдання множини ТП. Додавання до бази знань нового ТП супроводжується наступними операціями (6):

$$\{S = S \cup S_k, S_k = \langle X_k, Y_k, V_k, M_k, P_k, D_k, G_k \rangle\}, \quad (6)$$

де k – номер доданого до системи ТП. Графічне зображення (5) та (6) представлено на рис. 4.

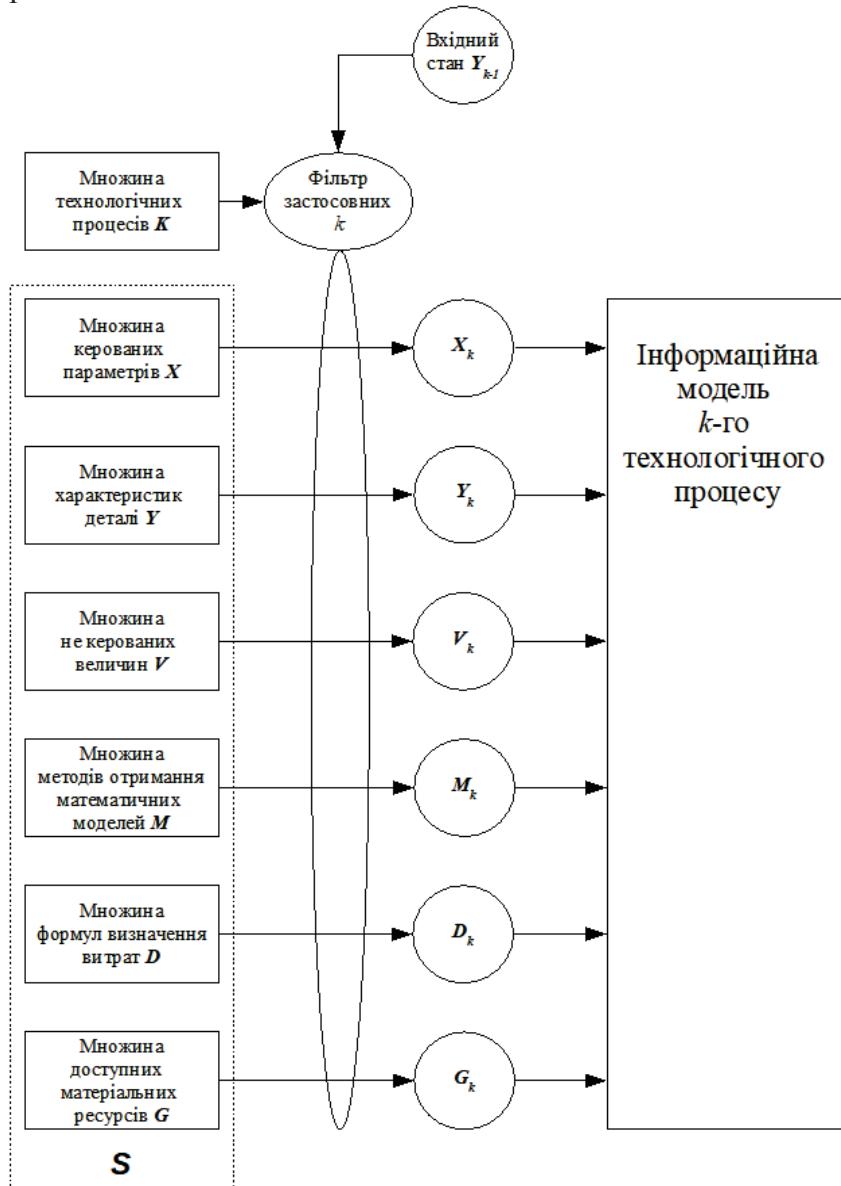


Рисунок 4 – Схема формування окремої інформаційної моделі ТП з загальної бази знань

Джерело: [3]

Формалізація рекомендаційних систем для забезпечення оптимізації ланцюга ТП, як надбудови ЕС над експертними системами окремих ТП. Виготовлення продукції вимагає використання послідовності ТП. Наприклад відновлення поверхонь валів включає напилення металу, доведення поверхні до заданих геометричних параметрів з врахуванням допусків та вимог до якості поверхні, а потім проводиться обробка поверхні з метою покращення її міцності зчеплення та стійкості до зношенння.

Кожен з ТП, згідно введеним позначенням приймає деталь з параметрами \vec{Y}_{k-1} та повертає її з параметрами \vec{Y}_k . Це формує ланцюг технологічних операцій (7):

$$Y = \sum_{(k)} \vec{Y}_k, \quad (7)$$

де $\langle k \rangle$ є екземпляром комбінаторної конфігурації з доступних ТП, а $k-1$ позначає попередній ТП.

На основі (7) можна проілюструвати цикл обробки як граф доступних процесів (рис. 5):

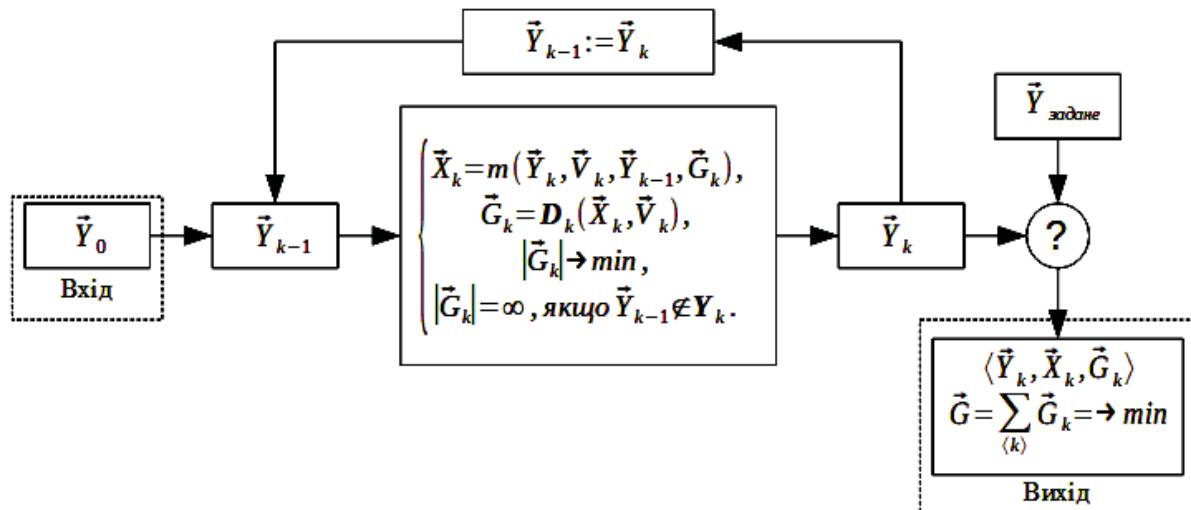


Рисунок 5 – Схема інформаційної моделі побудови ланцюга ТП

Джерело: розроблено автором

В розгорнутому вигляді циклічне представлення на рис. 5 переходить в визначення ланцюга ТП наступним чином (рис. 6), де позначені темним кольором застосовані для входного стану ТП.

Описаний граф (рис. 6) є узагальненням графу технології виробництва на основі металорізальних процесів [3]. В результаті, сукупність відношень (4), (5) та (6), дія яких представлена графами на рис. 4, 5, та 6, складають узагальнену модель ланцюга абстрактних ТП.

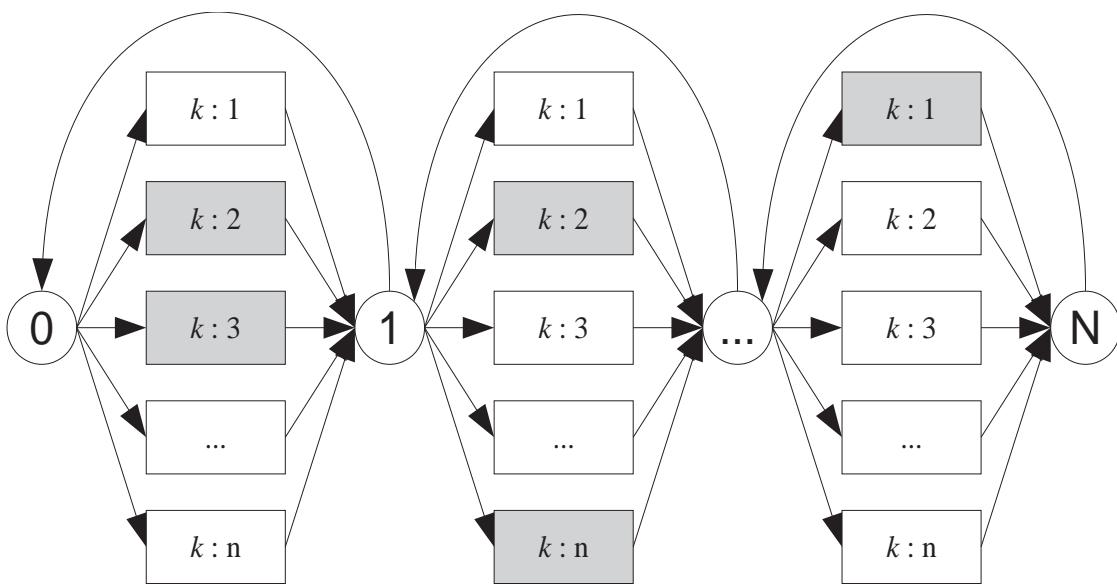


Рисунок 6 – Схема ланцюга ТП з врахуванням можливих повторень операцій зворотними зв'язками

Джерело: [3]

Висновки. Таким чином в даній роботі у сукупності запропонована інформаційна технологія вирішення задачі побудови оптимізованого ланцюга ТП відновлення та зміцнювання поверхонь валів, з вибором більш оптимального процесу серед альтернативних, у вигляді хмарного сервісу.

Список літератури

1. Хох В.Д., Мелешко Є.В., Якименко М.С., Дослідження методів побудови експертних систем. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2016. вип. 4(40). С.48-52.
2. Скрипка К.І., Зенкін М.А. Експертна система автоматизованого вибору способів відновлення спрацьованих деталей. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. 2004. № 1 (28). С. 66-68.
3. Лимаренко В. В. Інформаційна система підтримки рішень для автоматизації створення технологічних процесів механообробки деталей високоточного обладнання: дисертація канд. техн. наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». Харків. 2019.
4. Лимаренко В.В., Хавина И.П., Рисованный А.Н. Постановка и решение задачи параметрической оптимизации операций резания металлов. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. 2017. вип. 4 (44). С. 20–24,
5. Лимаренко В.В., Хавина И.П. Решение задачи оптимизации параметров обработки металлов при операции точения. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. Харків: НАУ ім. Н. Є. Жуковського «ХАІ». 2017. вип. 3 (83). С. 77–86.
6. Бабич К.К., Секирин А.И., Новиков Д.Д. Подсистема оптимизации работы гибких производственных систем с использованием многокритериальных генетических алгоритмов. *Інформатика і кібернетика*. Покровськ: ДонНТУ. 2017. № 3 (9). С. 24–28.
7. Gania I.P., Stachowiak A., Oleśkyw-Szlapka J. Flexible Manufacturing Systems: Industry 4.0 Solution. *24th International Conference on Production Research*. Poznan. 2017. P.57–62.
8. Slim Bechikh, Rituparna Datta, Abhishek Gupta. Recent Advances in Evolutionary Multi-objective Optimization. Switzerland: Springer International Publishing. 2017. P. 165.
9. Magruk A. The internet of things as the future technological trend of the innovative development of logistics. *Research in Logistics and Production*. Poznan: University of Technology. 2016, №7. P. 16–24.
10. Wit Grzesik. Advanced Machining Processes of Metallic Materials. *Theory, Modelling, and Applications*. Amsterdam. 2016. 2nd Edition. P. 608.
11. Rathod K.B., Lalwani D. Modeling of Cutting Forces for Finishing and Roughing Operations in Oblique Cutting. *Journal of Manufacturing Engineering*. Amsterdam: Elsevier. 2016. Vol. 11. P. 126–134.

12. Milan Milutinović, Ljubodrag Tanović. Cutting Forces in Hard Turning Comprising Tool Flank Wear and its implication for the Friction Between Tool and Workpiece. *Tehnički vjesnik*. 2016. № 23. P. 1373–1379.
13. Rao C.J., Sreeamulu D., Arun Tom Mathew. Analysis of Tool Life during Turning Operation by Determining Optimal Process Parameters. *Procedia Engineering*. Amsterdam: Elsevier. 2014. № 97. P. 241–250.
14. Nidhiry N.M., Saravanan R. FMS scheduling optimization using modified NSGA-II. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*. 2014. Vol. 2, № 2. P. 1–6.
15. Nidhiry N. M., Saravanan R. Scheduling optimization of a flexible manufacturing system using a modified NSGA-II algorithm. *Advances in Production Engineering & Management*. 2014. Vol. 9, № 3. P. 139–151.
16. Wan J. Yan H., Liu Q. Enabling cyber-physical systems with machine-to-machine technologies. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*. 2013. №13. P 187–196.

References

1. Hoh, V.D., Meleshko, E.V. & Yakimenko, M.S. (2016). Doslidzhennya metodiv pobudovi ekspertnih sistem. *Sistemi upravlennya, navigatsiyi ta zv'yazku*, 4(40), 48-52 [in Ukrainian].
2. Skripka, K.I. & Zenkin, M.A. (2004). Ekspertna sistema avtomatizovanogo viboru sposobiv vIdnovlennya spratsovanih detaley. *VIsnik ZhDTU. TehnIchnI nauki*, 1 (28), 66-68 [in Ukrainian].
3. Limarenko, V. V. (2019). Informatsiya sistema pidtrimki rishen dlya avtomatizatsiyi stvorennya tehnologichnih protsesiv mehanoobrobki detaley visokotchnogo obladannya: disertsatsiya kand. tehn. Nauk. Harkiv [in Ukrainian].
4. Limarenko, V.V., Havina, I.P., & Risovannyiy, A.N. (2017). Postanovka i reshenie zadachi parametricheskoy optimizatsii operatsiy rezaniya metallov. *Sistemi upravlennya, navigatsiyi ta zv'yazku*, 4 (44), 20–24 [in Russian].
5. Limarenko, V.V & Havina, I.P. (2017). Reshenie zadachi optimizatsii parametrov obrabotki metallov pri operatsii tocheniya. *RadioelektronniI komp'yuternI sistemy*, 3 (83), 77–86 [in Russian].
6. Babich, K.K., Sekirin, A.I. & Novikov, D.D. (2017). Podistema optimizatsii raboti gibkikh proizvodstvennyih sistem s ispolzovaniem mnogokriterialnyih geneticheskikh algoritmov. *Informatika I kibernetika*. Pokrovsk: DonNTU, 3 (9), 24–28 [in Russian].
7. Gania, I.P., Stachowiak, A. & Oleśkyw-Szlapka, J. (2017). Flexible Manufacturing Systems: Industry 4.0 Solution. *24th International Conference on Production Research*, 57–62 [in English].
8. Slim Bechikh, Rituparna Datta & Abhishek Gupta. (2017). Recent Advances in Evolutionary Multi-objective Optimization, Switzerland: Springer International Publishing, 165 [in English].
9. Magruk A. (2016). The internet of things as the future technological trend of the innovative development of logistics. *Research in Logistics and Production*. Poznan: University of Technology, №7, 16–24 [in English].
10. Wit, Grzesik. (2016). Advanced Machining Processes of Metallic Materials. *Theory, Modelling, and Applications*. Amsterdam, 2nd Edition, 608 [in English].
11. Rathod, K.B. & Lalwani D. (2016). Modeling of Cutting Forces for Finishing and Roughing Operations in Oblique Cutting. *Journal of Manufacturing Engineering*, 11, 126–134 [in English].
12. Milan, Milutinović & Ljubodrag, Tanović. (2016).Cutting Forces in Hard Turning Comprising Tool Flank Wear and its implication for the Friction Between Tool and Workpiece. *Tehnički vjesnik*, № 23, 1373–1379 [in English].
13. Rao, C.J., Sreeamulu, D. & Arun Tom Mathew. (2014). Analysis of Tool Life during Turning Operation by Determining Optimal Process Parameters. *Procedia Engineering*. Amsterdam: Elsevier, № 97, 241–250 [in English].
14. Nidhiry, N.M. & Saravanan, R. (2014). FMS scheduling optimization using modified NSGA-II. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 2, № 2, 1–6 [in English].
15. Nidhiry, N. M. & Saravanan, R. (2014). Scheduling optimization of a flexible manufacturing system using a modified NSGA-II algorithm. *Advances in Production Engineering & Management*, 9, № 3, 139–151 [in English].
16. Wan, J. Yan, H. & Liu, Q. (2013). Enabling cyber-physical systems with machine-to-machine technologies. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, №13, 187–196 [in English].

Tetiana Smirnova, PhD tech. sci., **Yevhenii Solovykh**, Prof., Doct. of Eng.,
Oleksii Smirnov, Prof., Doct. of Eng., **Oleksandr Drieiev**, PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Construction of Cloud information Technologies for Optimization of Technological Process of Restoration and Strengthening of Surfaces of Parts

In the given work the problem of optimization of the technological process of restoration and strengthening of surfaces of parts is considered in the conditions of flexible change of parameters of carrying out of technological operations. To do this, we need to develop an appropriate information technology in the form of a recommendation system that allows you to choose an optimized chain of technological processes, which in turn allows you to implement the technological process of recovery and strengthening of parts surfaces in accordance with the given criteria. Proceeding from the widespread distribution of the Internet, and its application in modern production, this technology is offered in the form of cloud service. The subject of the study in the article is the cloud information technology optimizing the technological process of recovery and strengthening of parts surfaces. The purpose of the work, respectively, is to build a cloud information technology optimizing the technological process of recovery and strengthening the surfaces of parts with specified characteristics based on a combination of several technological processes. For this purpose, the following set of tasks was solved in this work: an overview of known expert systems of optimization of the technological process and their reduction to an abstract view was carried out; for this purpose, information movement was introduced in the expert system of optimization of technological processes, which was based on the analysis of the process of electric arc spraying; formalized subsets of abstract expert systems for optimizing the technological process; formalized recommendation systems for optimization of the technological process chain, as an add-on of the expert system over the expert systems of individual technological processes. The results of work are the information technology of optimization of the technological process of restoration and strengthening of parts surfaces as a cloud service. Conclusions: in the whole, the information technology of solving the problem of constructing an optimized chain of technological processes of restoration and strengthening of surfaces of shafts, with the choice of a more optimal process among alternatives, in the form of cloud service is proposed.

information technologies, expert systems, restoration, strengthening, detail, technological process

Одержано (Received) 08.02.2019

Прорецензовано (Reviewed) 10.04.2019

Прийнято до друку (Approved) 04.06.2019

УДК 004.7:658.5.011

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).194-201](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).194-201)

Dmitro Trushakov, Assos. Prof., PhD tech. sci., **Taras Glushenko**, Junior Specialist,
Nuzhny Vitaliy, Junior Specialist
Central Ukrainian National University,

To substantiate the principle of building local computer networks

The article considers the basic principles of the construction of local computer networks. Described is a peer-to-peer local computer network based on Fast Ethernet technology, its purpose, basic parameters and operating principles, as well as the necessary hardware and software.

local computer network, topology, switch, workstation, network traffic

Д.В. Трушаков, доц., канд. техн. наук, **Т.О. Глущенко**, мл. спец., **В.В. Нужный**, мл. спец.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м Кропивницький, Україна

К обоснованию принципа построения современных локальных компьютерных сетей

В статье рассмотрены основные принципы построения локальных компьютерных сетей. Описана одноранговая локальная компьютерная сеть на основе технологий Fast Ethernet, ее назначение, основные параметры и принципы работы, а также необходимое аппаратное и программное обеспечение.

локальная компьютерная сеть, топология, коммутатор, рабочая станция, сетевой трафик

© Dmitro Trushakov, Taras Glushenko, Nuzhny Vitaliy, 2019