УДК 621.941-229.6 DOI 10.36910/775.24153966.2025.84.7

Д.В. Янюк
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

СТРУКТУРА ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН АВТОМАТИЧНОЇ ПОДАЧІ ПРУТКОВИХ ЗАГОТОВОК В ТОКАРНІ ВЕРСТАТИ

Запропоновано компактну структуру огляду основних характеристик машин автоматичної подачі довгомірних пруткових заготовок, що сприяє підвищенню ефективності прийняття рішень для їх вибору під задані обмеження виробництва. Отримана структура містить чотири основні інформаційні блоки, де систематизується інформація, що описує: переваги й фактори вибору, типи систем, конфігурації за довжиною прутка, технології подачі та інтеграція з верстатом. Розроблено послідовність кроків і оцінювальну функцію придатності S для зважування економічної ефективності, сумісності матеріалів, геометричних вимог і інтеграційних ризиків. Отримані результати є основою створення практичного шаблону для формалізації та стандартизації вибору машин подачі прутка в умовах серійного виробництва.

Ключові слова: *продуктивність, надійність, точність обробки різанням, моделювання, системні закономірності, інформаційна система, оптимізація, PLM концепція, розміри заготовки, динамічна система, адаптивна система, технологічний збій, прогнозування.*

D.V. Yaniuk

STRUCTURE FOR EVALUATING THE CHARACTERISTICS OF MACHINES FOR AUTOMATIC FEEDING OF BAR BLANKS IN A LATHE

A compact structure for reviewing the main characteristics of machines for automatic feeding of long bar stock is proposed, which contributes to improving the efficiency of decision-making for their selection under given production constraints. The resulting structure contains four main information blocks, which systematise information describing: advantages and selection factors, types of systems, configurations by bar length, feeding technologies and integration with the machine. A sequence of steps and an evaluation function S for weighing economic efficiency, material compatibility, geometric requirements, and integration risks have been developed. The results obtained form the basis for creating a practical template for formalising and standardising the selection of bar feeding machines in serial production.

Keywords: *productivity, reliability, maching accuracy, modeling, system regularities, information system, optimization, PLM concept, workpiece dimensions, dynamic system, adaptive system, technological failure, forecasting.*

Постановка проблеми.

При постійно наростаючих темпах автоматизації виробництв та виписку нового обладнання стає дедалі важче приймати рішення стосовно покращень промислової зони. Значний відсоток ринку займають автоматизовані токарно-обробні центри, тому підвищення їхньої продуктивності є актуальною тематикою. Машини для автоматичної подачі пруткових заготовок значно підвищують продуктивність верстатного комплексу, натомість, зменшують вільну площу в приміщенні та потребують обслуговування. На ринку представлено багато видів завантажувачів прутків з різними особливостями та вимогами щодо встановлення та експлуатації. Через неможливість повноцінного аналізу всіх факторів доводиться приймати рішення в умовах часткової невизначеності, що може призвести до неефективної витрати коштів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автори дослідження [1] розглянули методи автоматизації виробництва за рахунок інтеграції виробничих ліній та роботів-маніпуляторів, однак вони не розраховували економічну доцільність модернізації. У [2] розглянули економічну доцільність автоматичної подачі за допомогою пневматичного завантажування, однак не розглядали інші методи подачі заготовок. Проблеми інтеграції пруткових завантажувачів із токарними верстатами можуть бути пов’язаними з приводами їх затискних механізмів, що розглянуто у [3]. Для уникнення таких проблем Придальний Б. І. описав новий затискний пристрій [4], що допоможе збільшити прохідний діаметр у шпинделі та покращить економічні показники за рахунок підвищенню автоматизації. Економічні показники для розрахунку інвестицій у модернізацію металообробних виробництв досліджували у статті [5]. Для ефективного збору, обробки та обміну даними автори статті [6] пропонували інтеграцію системи автоматизоване планування технологічних процесів CAPP у металообробне виробництво, що дозволить покращити продуктивність та якість продукції, але серед факторів покращення не було розглянуто можливість автоматизації вибору обладнання.

Існуючі праці не містять інформації щодо підходів до систематизованого формалізованого вибору машин автоматичної подачі довгомірних прутків для формування заготовок в токарних верстатах які працюють в автоматичному режимі. Тобто вирішення проблеми, що пов’язана з систематизацією підходу до вибору машин подачі прутка типу барфідер з урахуванням вартості, такту, геометрії прутка, рівня автоматизації й інтеграції з верстатом є актуальним завданням. Для

© Д.В. Янюк

цього потрібно стандартизувати процес відбору у вигляді чіткої послідовності кроків і єдиної метрики придатності.

Мета і задачі

Мета: сформувати структурований підхід і мінімальну метрику для вибору барфідера під конкретні умови виробництва.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні задачі:

- описати варіанти систем і конфігурацій на основі яких побудовані машини подачі пруткового матеріалу.
- сформувати та задати логіку послідовності прийняття рішення
- нормалізувати критерії, що описують машини подачі прутка та ввести принципи формування відповідних метрик для відображення узагальненої характеристики.

Основна методика

Вхідні дані.

Для початку проведення оцінки пропонується формалізувати всі вхідні параметри вибору барфідера. Це дасть можливість формувати точні дефініції, одиниці, типові діапазони, вплив на метрику придатності *S*, перевірки здійсненності. Одними з головних є профіль партій, діаметр заготовок, їх форма, довжина, доступний простір, параметри шпинделя як частини кану подачі, бажаний рівень автоматизації, витрати на інтеграцію (CAPEX), бюджет (табл. 1). Аналіз цих даних дозволить здійснити адекватну параметризацію задачі, фільтрації за визначеними обмеженнями, нормалізація у субоцінки, агрегування в загальний показник *S* з прозорими вагами для прийняття рішення про доцільність придбання того чи іншого обладнання.

Табл. 1

Базовий набір розглядуваних параметрів та їх позначення

Параметр	***Позначення***	***Одиниці***	***Типовий діапазон***	***Вплив на вибір***
Діапазон діаметрів прутка	D_{min}, D_{max}	мм	2–65	Сумісність з типом системи та з напрямними. Визначає потребу у зміні трубок
Форма прутка	кругла, квадратна, гексагональна,	–	3 класи	Впливає на допустиму швидкість та тип напрямних
Довжина прутка	L_{bar}	м	1.2–3.7	Вибір: 12-ft, проміжні, довжина шпинделя
Модуль Юнга, густина прямолінійність	E, ρ, δ_{str}	ГПа, кг/м³, мм/м	–	Ризик вібрацій, вимоги до підтримки АКШ і до в'язкості масла
Обмеження шпинделя	D_{bore}, n_{max}	мм, об/хв	–	Умова: $D_{max}<D_{bore}-\varepsilon$; межа швидкості
Доступний простір	$L_{avail} \times W_{avail}$	м	–	Сумісність із повнорозмірними чи компактними моделями
Рівень автоматизації	A ∈ low, mid, high×	–	–	Потреба в bundle-loader, авто-eject, швидкі переналагодження
Профіль партій	N_b, f_{sw}, n_p	шт, 1/тиж, од.	–	Окупність CAPEX, доцільність серво-подачі
Похибка подачі, час циклу	Δx_{req}, $t_{cyc,req}$	мм, с	0,02–0,10; 10–90	Вибір серво чи пневмо. Потреба в упорі/ dead-length патроні
Бюджет окупність	B_{capex},T_{pb}	$, міс	$10–40k; 6–24	Фільтр за CAPEX та payback
Інтеграція верстатом	t_{chg} , I/O	хв, –	10–30	Вимоги до осі Z, до інтерфейсу та часу зміни розміру

Тоді перевірка здійсненності за основними обмеженнями буде мати наступний вигляд: $D_{max} \le D_{bore}-\varepsilon$; довжина барфідера $L_{feed} \le L_{avail}$, підтримка заданої форми поперечного січення прутка виробником (shape), категорія L_{bar} сумісна з конфігурацією (12-ft, проміжна, довжина шпинделя). Якщо одна з умов порушена то варіант потрібно відкинути незалежно від бальної оцінки.

© Д.В. Янюк

Нормалізація критеріїв.

Для кожного критерію c_i необхідно задати вагу w_i (сума 1), що дасть змогу обчислити субоцінки $v_i \in [0,1]$. Нормалізація показників в субоцінки $v_i \in [0,1]$ виконується за відповідними залежностями.

Точність подачі: $v_{acc} = max\left(0, 1 - \frac{\Delta x_{ach} - \Delta x_{req}}{\Delta x_{req}}\right)$

Цикл подачі: $v_{ct} = max\left(0, 1 - \frac{\Delta t_{feed}}{t_{cyc,req}}\right)$

Гнучкість по діаметру: $v_{flex} = min\left(0, 1 - \frac{D_{max,feed} - D_{min,feed}}{D_{max} - D_{min}}\right)$

Місце (слід) на підлозі: $v_{food} = max\left(0, 1 - \frac{L_{feed}}{L_{avail}}\right)$

CAPEX: $v_{capex} = max\left(0, 1 - \frac{max(0, Price - B_{capex})}{B_{capex}}\right)$

Оцінка підсумкової придатності здійснюється за залежністю: $S = \sum w_i \cdot v_i, \sum_i w_i = 1$.

Вплив ключових параметрів.

D_{min}, D_{max}, форма. Для вузького діапазону і високих обертів доцільна гідродинамічна система. Для широкого діапазону і частих переналагоджень – гідростатична. Для великих діаметрів або ж заготовок з великою кривизною – механічна.

L_{bar} 12-фт мінімізує простої викликані зміною прутка; еквівалентний довжині шпинделя – мінімізує коливання спричинені довгим не жорстким кінцем матеріалу, економить місце, збільшує відходи та потребує попередньої нарізки прутка. Проміжні довжини дають компроміс. У окремих випадках використовують довші барфідери для більшого часу автономної роботи.

E, δ_{str}, n_{max}. Формують ризик вібрацій і потребу в АКШ (Автоматичний Контроль Швидкості)

Δx_{req}, $t_{cyc,req}$. Серво-подача при високих вимогах по точності. Пневматика та гідравліка для середніх вимог і нижчого CAPEX.

L_{avail} Обмежує повнорозмірні системи. Виводить компактні моделі в пріоритет.

B_{capex}, T_{pb}. Дає фінальний фільтр завдяки економічній оцінці.

Окупність прийнятих технічних рішень

На основі сформованих показників означається величина окупності прийнятих рішень,

$$Payback = \frac{\text{ціна}}{\Delta H \cdot r_h + \Delta Q \cdot m + \Delta Scrap \cdot c_m},$$

де ΔH – зекономлені людино-години на місяць (через безоператорну роботу), r_h – ставка, ΔQ – додатковий випуск, m – прибуток/шт $\Delta Scrap$ – зменшення відходів матеріалів (браку), c_m – ціна матеріалу. Рішення можна вважати прийнятним якщо $Payback \leq T_{pb}$.

Попередня обробка даних

Для обробки даних необхідно здійснити мінімальні заходи з їх трансформації та уніфікації їх одиниць у систему СІ, за можливості. Оцінка похибки подачі Δx та Δt_{feed} проводиться за паспортними даними. Категоризація рівня автоматизації A переводиться у субоцінки як середнє арифметичне суми логічних складових, що позначають можливість взаємодії з додатковими пристроями та часом переналаштування на інший діаметр:

$$v_A = \frac{1}{3}\left[1_{loader} + 1_{truck} + 1_{t_{chg} \leq 15\text{хв}}\right],$$

де 1_{loader} – логічна одиниця можливості інтеграції з додатковим завантажувачем матеріалу, 1_{truck} – логічна одиниця можливості роботи із автоматизованим транспортним візком, $1_{t_{chg} \leq 15\text{хв}}$ – логічна змінна яка набуває значення 1 у випадку, коли на зміну діаметра потрібно витратити менше 15хв.

Для фінального визначення застосовують фільтр здійсненності за обраними етапами оцінки. Це дозволяє виключити несумісні варіанти. Наприклад, при вихідних даних: D=8…32мм, L_{bar}=3,7м, L_{avail}=4,6м, D_{bore}=40мм, Δx_{req}=0,05мм, $t_{cyc,req}$=25с, B_{capex}=$25000 можна зробити висновок про допустимий розгляд усіх типів повнорозмірних барфідерів. Якщо загострити увагу на конфігурації оснащеній сервоприводом, тоді $t_{feed} \leq 2$ с і $\Delta x \leq 0{,}04$мм звідки отримує $v_{acc} \approx 0{,}8$ і $v_{ct} \approx 0{,}92$, що є досить високими показниками та свідчить про правильність вибору.

Структурований огляд для вибору

Стурктура оцінка переваг та основних факторів

Економічну ефективність автоматичних завантажувачів прутків забезпечує багато факторів, але основні з них це високий ступінь автономності, що допоможе зекономити людино-години, та динамічна ціна, яка залежить від комплектації пристрою. Одним із основних критеріїв

комплектації від чого буде найбільше залежати вартість барфідера, являється його довжина. Під різні довжини заготовок на ринку представлено різні варіції довжин завантажувачів. Зазвичай виробники намагаються зробити універсальний пристрій, тому більшість барфідерів можуть подавати прутки різного профілю: круглі, квадратні та шестигранні. Параметричні величини які надає виробник можуть допомогти при оцінці придатності до використання продукту у межах кокнркетного виробництва. Частина з них описана у табл.2

Табл. 2

Загальні особливості барфідерів

Параметричні особливості	Бажаний такт подач
	Рівень автоматизації
	Необхідний діаметра та довжина матеріалу
	Тип токарного верстату
Економічна ефективність	Гнучка вартість (від 10 до 40 тис. дол)
	Можливість працювати без контролю персоналу
Сумісність матеріалів	Працюють прутками різної довжини
	Підтримують подачу різних форм: круглі, квадратні, шестигранні.

Структура оцінка основних типів систем машин подачі прутка

Загалом існує три основних напрямки для стабілізації вільного кінця заготовки, що залишається у барфідері: гідродинамічні, гідростатичні та механічні опори (табл. 3).

Табл. 3

Основні типи систем підтримки прутка

Тип	Принцип Роботи	Ключові Особливості	Приклади Моделей
Гідро-динамічні	Пруток стабілізується гідродинамічним підшипником (ефект, що виникає завдяки геометрії втулок та обертанню).	* Підтримує високі швидкості (6-8 тис. об/хв). * Слабка стабілізація на низьких швидкостях (<1000 об/хв). * Потребує заміни опорних втулок при зміні діаметра.	*Mini-Rhinobar (Lexair) *Super Hydrabar (LNS America)
Гідро-статичні	Пруток стабілізується гідростатичним підшипником (олива під тиском подається насосом між прутком та втулкою).	* Підтримує дуже високі швидкості (до 12 тис. об/хв). * Сумісний із будь-якою формою профілю прутка.	* Alpha 538 * Quick Load Servo 80S2 * IEMCA Boss 542 * IEMCA Elite 220
Механічні	Пруток підтримується та центрується механічними елементами (наприклад, роликами або жорсткими втулками).	* Низька допустима швидкість (до 4 тис. об/хв). * Присутні помірні вібрації під час роботи. * Прості в обслуговуванні та дешеві.	* Alpha 538 * Quick Load Servo 80S2 * IEMCA Boss 542 * IEMCA Elite 220

Гідростатичні є найдорожчими, адже потребують масло-станції з насосом який буде подавати мастило високої якості в опорні втулки. Через тиск у розмірі 1-2 бари пруток зависає у масляній ванні. Такий метод забезпечує майже повну відсутність вібрацій попри дисбаланс заготовок що дозволяє обертати їх з великим діапазоном частот. Гідродинамічні опори є простіші та дешевші, адже працюють без підведеного ззовні тиску що дозволяє їм значно здешевити масло-станцію. Величина підтримуючі сил, що виникають через ефект масляного клину, залежить від швидкості поверхні заготовки: Чим більша швидкість – тим більші сили. При дуже великих швидкостях та динамічних навантаженнях від дисбалансу масляна плівка може порватись що є небажаним ефектом якого краще уникати. Це накладає суттєві обмеження у діапазоні робочих швидкостей таких систем. Також для використання із заготовками іншої форми необхідні перехідні втулки, що може викликати незручності при експлуатації. Обидва описаних методи використовують опорні втулки з певною геометрією які придатні до використання з обмеженим діапазоном розмірів. При зміні діаметра матеріалу необхідно проводити заміну цих елементів, щоправда через велику товщину масляного шару у гідростатичних системах допускається використання однією втулки під ширший діапазон діаметрів заготовок.

© Д.В. Янюк

Системи з механічним методом підтримки та центрування прутка відзначаються своє простотою в обслуговуванні. Вони підтримують менші частоти обертання та продукують часткові вібрації. Так як ці завантажувачі користуються популярність під них розробляють системи для автоматичної зміни напрямних втулок, та автоматичного налагодження на необхідний розмір.

Структура оцінка конфігурації та проблеми обробки прутка певної довжини

Якщо розділити барфідери по довжинам матеріалу з яким вони працюють то отримаємо 3 групи: повнорозмірні завантажувачі, завантажувачі шпиндельної довжини та завантажувачі розраховані під інші довжини (табл. 4). Повнорозмірні варіанти часто порівнюють з барфідерами шпиндельної довжини адже це два найуживаніших розміри. Перший дає кращу автономність та коефіцієнт використання матеріалу. Другий у свою чергу займає значено менше місця, не має проблем із вібраціями через малу довжину що дозволяє працювати з більшими швидкостями. Завантажувачі проміжних довжин використовуються як компроміс, між цими двома варіантами.

Прикладами коротких барфідерів можуть слугувати LNS Quick Load Servo 105+; Edge Rebel V-65; Samsys Multi-3000.

Табл. 4

Конфігурації та Проблеми Довжини

Повнорозмірні завантажувачі (12 футів)	Максимізують вихід матеріалу (краще використання)
	Мінімізують час на зміну прутка
	Недоліки: збільшення довжини верстата на 16+ футів
	Проблема: вібрація при кривизні прутка
Завантажувачі довжиною шпинделя (короткі прутки)	Перевага: весь пруток у шпинделі
	Перевага: менша важливість прямоти прутка
	Перевага: вищі швидкості обертання (вібрація мінімізована)
	Перевага: менші вимоги до площі (короткий слід)
	Недолік: збільшення залишків (якщо матеріал дорогий)
Проміжні довжини	Наприклад, 2.1-м прутки (IEMCA Prodigy 547)
	Баланс між короткими та повними довжинами

Структура оцінки технології подачі та інтеграція в систему верстата

Для подачі прутка через шпиндель та патрон зазвичай здійснюється силовий вплив на його торець. Джерелом сили може виступати *стиснуте повітря*, *гідравлічна рідина*, або *електричний двигун* (табл. 5). Пневматичний привід є швидким та легким в обслуговуванні але потребує пневматичної магістралі біля верстата. Через фізичні властивості газів без зворотнього зв'язку неможливо здійснити точне позиціонування що вимагає використання механічного упору. Натомість гідравлічні приводи мають дуже високу жорсткість яка є доцільною при подачі великих заготовок значної маси. Недоліком такої системи є необхідність маслостанції що підвищує час обслуговування та загальну вартість. Електричні приводи завдяки сучасним системам керування мають високу точність, а завдяки механічним елементам – високу жорсткість. Можливість повністю контролювати параметри процесу подачі дозволяє оптимізувати закон руху для ефективного використання ресурсів.

Установку обладнання необхідно довірити висококваліфікованому персоналу, адже найменші відхилення осі опор завантажувача від осі верстата будуть викликати згинальні зусилля у прутка що обертається, це, в свою чергу, може призвести до вібрацій та навантажень на систему опор як барфідера так і шпинделя верстата. Тривала робота у такому режимі може призвести до руйнування елементів з найменшою жорсткістю у механічному контурі. Після виставлення обладнання, для забезпечення довготривалого збереження результату рекомендується жорстка фіксація завантажувача та верстата до підлоги приміщення, після чого здійснити перевірку сталості відкаліброваної геометрії.

Для електричного підключення необхідний сумісний цифровий інтерфейс, щоб один пристрій подачі прутків розумів сигнали зі стійки ЧПК і навпаки. Зазвичай управління відбувається завдяки М-кодам. Окрему увагу необхідно звернути на об'єднання системи аварійної зупинки. Критично необхідно щоб спарене обладнання вимикалось синхронно.

Зазвичай живильники мають не дуже великі магазини матеріалу (6-10), щоб займати менше площі, але для підвищення автономності з'являються потреби збільшувати запас прутків. Тому існують магазини-завантажувачі які встановлюються біля барфідера, мають просту конструкцію та

вміщають велику кількість прутків (Bundle Master 610, J.F. Burns Co). Цехи з високим рівнем автоматизації мають автоматичні візки із матеріалом який автоматично завантажується маніпулятором. Такі візки можуть обслуговувати декілька машин, що робить їх надзвичайно ефективними.

Табл. 5

Технології подачі та інтеграція

Привід подачі	Пневматичний	Простий, дешевий, швидкий ($\pm$0,4мм)
	Гідравлічний	Низька швидкість, точність ($\pm$0,5мм)
	Електричний (серво)	Висока точність без упору ($\pm$0,2мм)
Інтеграція з ЧПК верстатами	Механічне підключення	Сумісність затискного пристрою з автоматичними завантажувачами
		Вісь живильника повинна точно співпадати з віссю Z верстата
		Необхідна жорстка фіксація до підлоги
	Електричний інтерфейс	Використовує М-коди
		Потребує інтеграції аварійної зупинки
Додаткова опціональна автоматизація	Завантажувач в'язок прутків у барфідер	
	Автоматична подача прутків до живильника у виробничому приміщенні (до 1 т)	

Отримані результати, алгоритм вибору

Отримані залежності дають можливість підвищення рівня формалізації та стандартизації здійснення методики оцінювання підбору характеристик машин подачі пруткових заготовок відповідно до умов виробництва. Алгоритм даного підходу виражається у втіленні ряду наступних кроків (рис. 1).

Крок 1. Вхід. D і довжина прутка, L, максимальна частота обертання шпинделя, розмір партій, ціна матеріалу, площа, бюджет, бажана точність, такт.

Крок 2. Вибір типу системи. Високі оберти, вузький діапазон D – гідродинамічна. Широкий діапазон D, часті переналагодження – гідростатична. Великі D або ж широкий діапазон, дешеві варіанти – механічна

Крок 3. Вибір довжини. Максимум продуктивності і мінімум простоїв заміни – 12 ft. Обмежене місце, високі оберти, низькі вимоги до залишків – барфідер шпиндельної довжини. Компроміс – проміжні.

Крок 4. Механізм подачі. Висока точність і короткий такт – серво привід. Бюджетй варіант середня точність – пневматика. Важкі заготовки – гідропривід.

Крок 5. Розглянути процес інтеграції. Перевірити сумісність патрону, інтерфейс ЧПК, час переналагодження.

Крок 6. Оцінка S. Присвоїти ваги v_i оцінкам за підкритеріями 4.1–4.4, підсумувати S.

Крок 7. Економіка. Оцінити Payback; якщо Payback нижче цільового порогу – рішення рекомендоване.

Запропонований алгоритм дозволяє швидко звузити простір рішень. Ключові компроміси: місце проти такту; точність проти вартості; довжина прутка проти залишків. Серво-подача виграє на дрібних деталях з коротким тактом. Система гідростатичних упор виграє при частих змінах діаметра. Завантажувачі повної довжини дають кращу матеріальну віддачу станка за ціною збільшення зайнятої площі.

Відповідно до економічних умов підприємства, пропонується практичний поріг, що загалом варто визначати умовою, якщо $Payback \leq 6–18$ міс і є стабільні партії, інвестиція раціональна. Якщо, партія стабільна, нічний безоператорний режим +5 год/день $100\Delta H=100$ год/міс $r_h=10$\$/год⇒\$1000/міс економії праці $\Delta Q \cdot m=$\$1500/міс, ціна барфідера \$24k. Тоді, Payback=24000/(1000+1500)≈9,6 міс → доцільно, якщо обмеження по D_{bore}, L_{avail} та формі виконано.

Запропонований алгоритм містить наступні обмеження та припущення. Паспортні значення Δx_{ach} та Δt_{feed} наближені і потребують короткої валідації в умовах запуску обладнання. Ваги w_i є проектними і повинні бути погодженими з реальним ключовим показником ефективності, що формується з врахуванням продуктивності, гнучкості, ефетивності використаної площі, окупності. Величина Payback не враховує ризики простоїв і вартість інтеграції; за великих проектів доцільно переходити до оцінки інвестицій за моделлю NPV/IRR[5].

© Д.В. Янюк

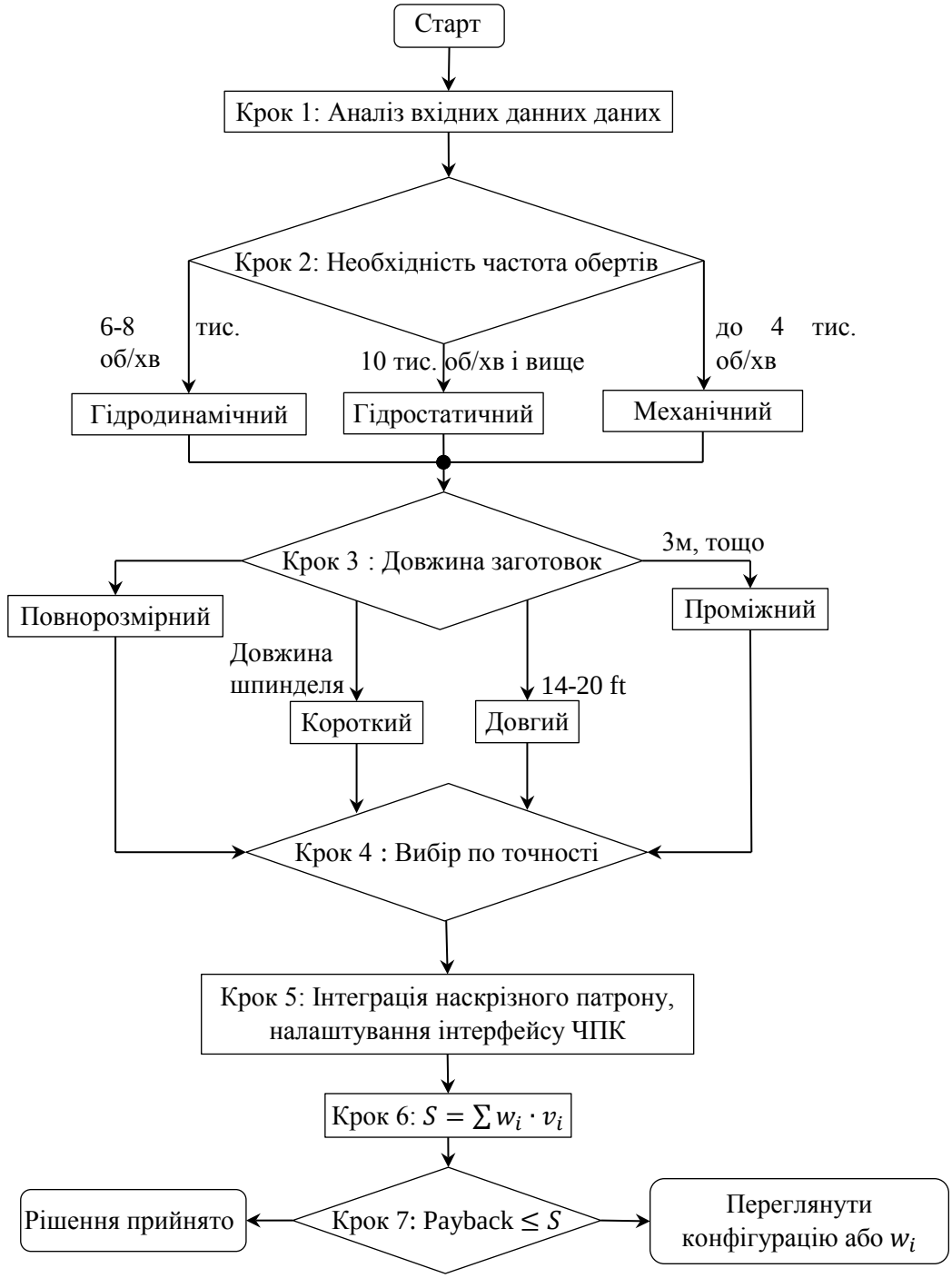

Рис. 1. **Покроковий алгоритм оцінки та прийняття рішення щодо оцінки барфідера**

Загальні висновки

За результатами досліджень отримано нові висновки, що сприяють покращенню ефективності вибору машин автоматичної подачі довгомірного пруткового матеріалу для формування заготовок у верстатах токарної групи, які працюють в автоматичному режимі.

Розроблено структурований підхід, що містить чотири блоки і дає можливість переходу від прийняття рішень за принципом «бренд/ціна», до формалізованої оцінки за чотирма обов'язковими класами даних, кожен з яких має обмеження що напряму впливає на кінцеву оцінка. При цьому, реалізована логіка критичних обмежень сумісності, щоб відсікти неможливі варіанти, і лише після цього етапу відбувається кількісна оцінка придатності.

Необхідно зазначити, що розроблений алгоритм придатний для включення в автоматизоване планування технологічних процесів [6] як стандарт процедури здійснення вибору, що дозволяє зробити його відтворюваним артефактом процесного планування. Це збільшить швидкість виконання розробленого алгоритму, відкриє можливості для пошуку оптимальних варіантів із більшої кількості вибірки та введення корекцій відповідно до мінливих умов сьогодення.

© Д.В. Янюк

Література

1. Soori, M., Jough, F.K.G., Dastres, R. & Arezoo, B. (2024). Robotical Automation in CNC Machine Tools: A Review. Acta Mechanica et Automatica, 18(3), 2024. 434-450. https://doi.org/10.2478/ama-2024-0048

2. Kumar U Ragul, R. (2023). A Review on Pneumatic Based Automatic Loading of Components in Lathe Chuck for Machining Process. International Journal of Science and Research (IJSR). https://doi.org/10.21275/sr23507125133

3. Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів: монографія / Ю.М. Кузнєцов, Б.І. Придальний; за заг. ред. Ю.М. Кузнєцова. – Луцьк: Вежа Друк, 2016. – 352 с.

4. Prydalnyi B. Mechatronic device for two-stage clamping of cylindrical objects in machine tool spindles. Journal of Mechanical Engineering and Transport. Vinnytsia National Technical University, Ukraine, vol.13, no.1, pp.118-123, 2021

5. Pranoto, A., Hermawan, H., & Albart, N. (2025). A Systematic Literature Review: Business Feasibility Analysis Using Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) Methods in the Automotive Industry. Jurnal Indonesia Sosial Sains. https://doi.org/10.59141/jiss.v6i1.1577

6. Ashok K. M., Kunal K., Bipul K., A Survey and Feasibility Research Study on Computer Aided Process Planning (CAPP), Iternational Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.538 V https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.38581

© Д.В. Янюк