

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ
НАВИВНИХ ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ
Automation of the process design manufacturing twisted pieces on a lathe**

Важливим питанням у проектуванні технологічних процесів (ТП) формоутворення навивних заготовок (НЗ) деталей машин є ефективність оперування значними масивами інформаційних та розрахункових даних у розв'язку ряду технічних протиріч. Це пов'язано із застосуванням різних засобів та схем навивання, різного устаткування й спорядження, за допомогою яких можливо виготовлення близьких за розмірами, формою й точністю спіралей, але з різною працемісткістю та собівартістю. Тому виникає складна багатоваріантна задача інтегрованого проектування й вибору раціонального варіанта формоутворення НЗ, яка б відповідала умовам конкретної виробничої системи. Це питання може бути ефективно вирішено за допомогою використання концепції CONCURRENT ENGINEERING (СЕ-проекування), виклад загальної теорії якої подано у праці [1]. Основним її твердженням є інтеграція конструкторських і технологічних рішень з вирішенням економічних питань на кожному етапі проектування, а проектні дії характеризуються такими твердженнями [1]:

- одночасністю (simultaneity), тобто виконанням зв'язаних між собою задач одночасно, використовуючи переваги зв'язаних один з одним дій;
- інтеграцією (integration), тобто об'єднанням процесів через управління загальними або реляційними даними, або через керування незалежними процедурами;
- прогнозуванням (providence), тобто передбаченням наслідків претних рішень для повного життєвого циклу виробу (що прийняті у фазі проектування і інтегрованих в загальний процес прийняття рішень).

Таким чином, проведені нами розробки орієнтовані на реалізацію вказаної концепції СЕ-проекування, щодо процесів формоутворення НЗ.

Для спрощення вказаної задачі на початковому етапі проектування ефективним є використання у його складі експертних систем (ЕС).

Найбільше застосування отримали ЕС на основі продукційної моделі знань [3], тобто моделі, побудованої на правилах. Вона дозволяє подати інформаційні дані у вигляді продукцій – імплікативних логічних рівнянь типу “ЯКЩО <умова>, ТО <дія>”. Такий підхід реалізується за допомогою широкого використання відповідних алгоритмічних, довідкових таблиць, таблиць відповідностей.

Вихідним елементом до систематизації проектних процедур є виявлення вагових елементів виробничої системи. В результаті проведених досліджень, виявлено, що одним із домінаційних складових частин такої системи є структура та особливості взаємозв’язків між елементами технологічного спорядження (ТС) та токарним верстатом, що подано на рисунку 1.

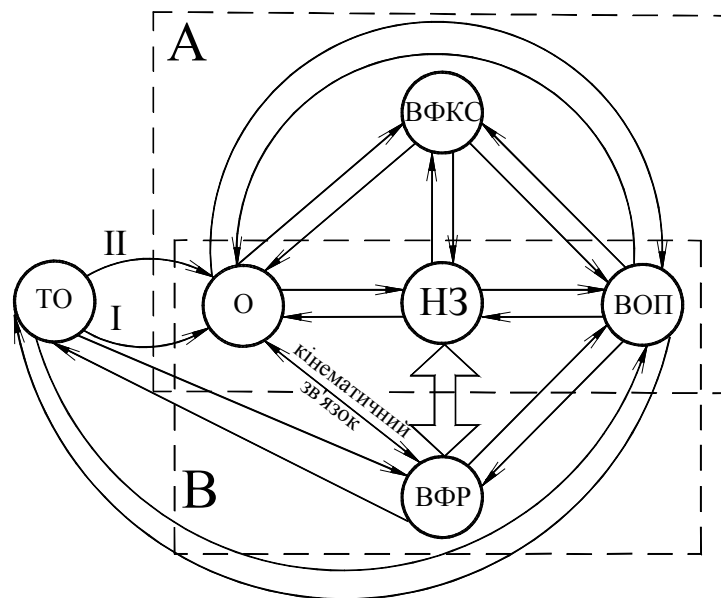


Рисунок 1 - Схема зв’язків елементів ТС для виготовлення НЗ у структурі технологічної системи. А – блок необхідних зв’язків для реалізації умови автоматизованого виробництва (паллета тощо); В – блок необхідних зв’язків для реалізації умови формоутворення НЗ; ТО – технологічне устаткування ; О – оправа, що кріпиться в шпинделі токарного верстата; НЗ – навивна заготовка; ВОП – вузол осевого підтискання задньої бабки; ВФР – вузол формотвірного ролика, що кріпиться в різцетримачі верстата; ВФКС – вузол фіксації кінця спіралі НЗ; І , ІІ – наявність подвійного зв’язку (зв’язок ІІ реалізується, наприклад, за допомогою пінолі задньої бабки верстату).

Проведений аналіз показав, що закономірності морфології вказаних технологій залежать від особливостей конструкцій ТС і визначаються сукупністю параметрів, які характеризують форму, розміри і взаємне розміщення елементів складових технологічної системи. Тому розроблення раціональних ТП передбачає розв’язок ряду задач певної послідовності, причому на кожному етапі можуть виникати кілька варіантів розв’язку, кожен з яких необхідно детально аналізувати та окремо вирішувати. Реалізацію вказаного завдання на першому етапі доцільно здійснювати у відповідності із структурною схемою алгоритму автоматизованого проектування процесів формоутворення НЗ, що подана на рисунку 2.

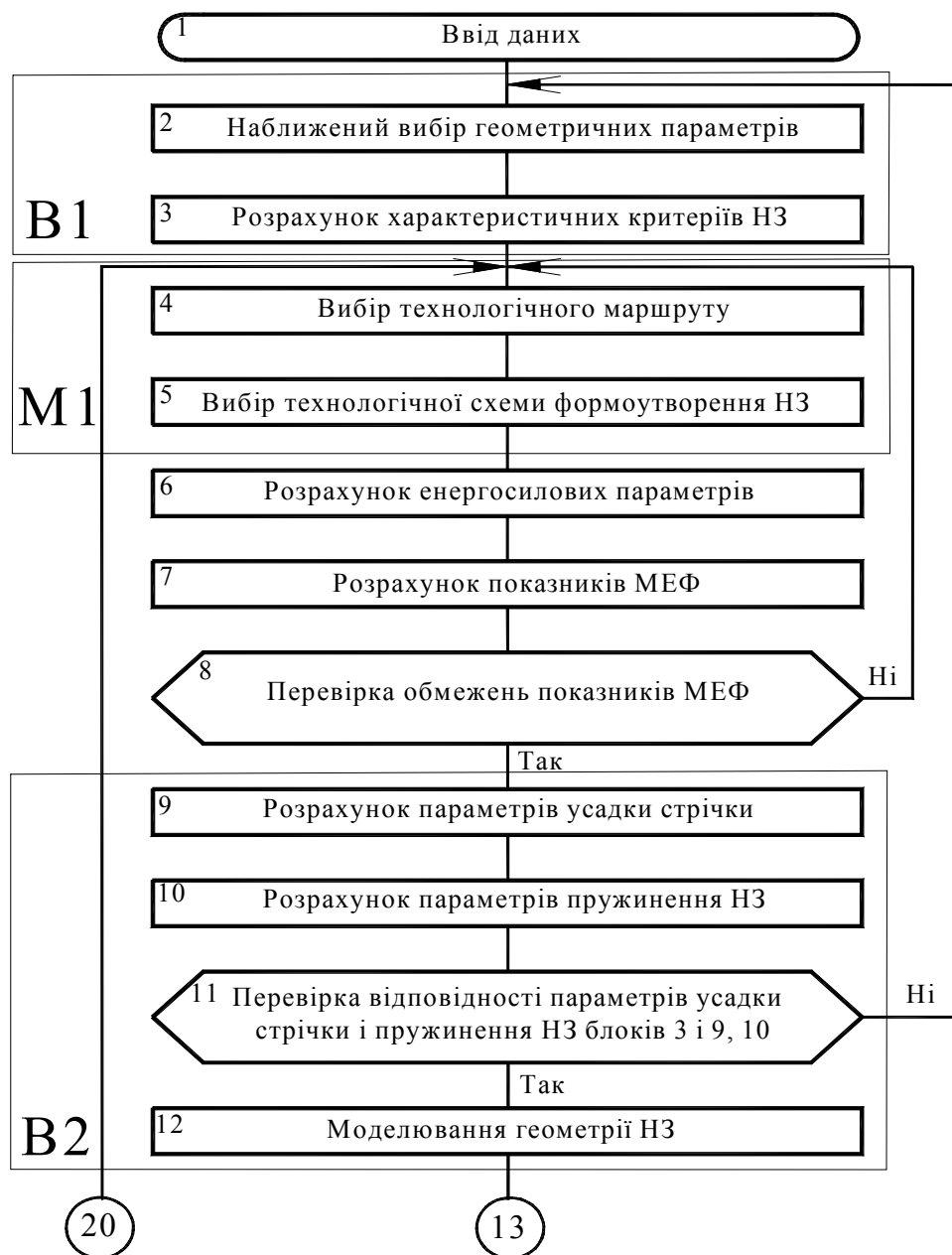
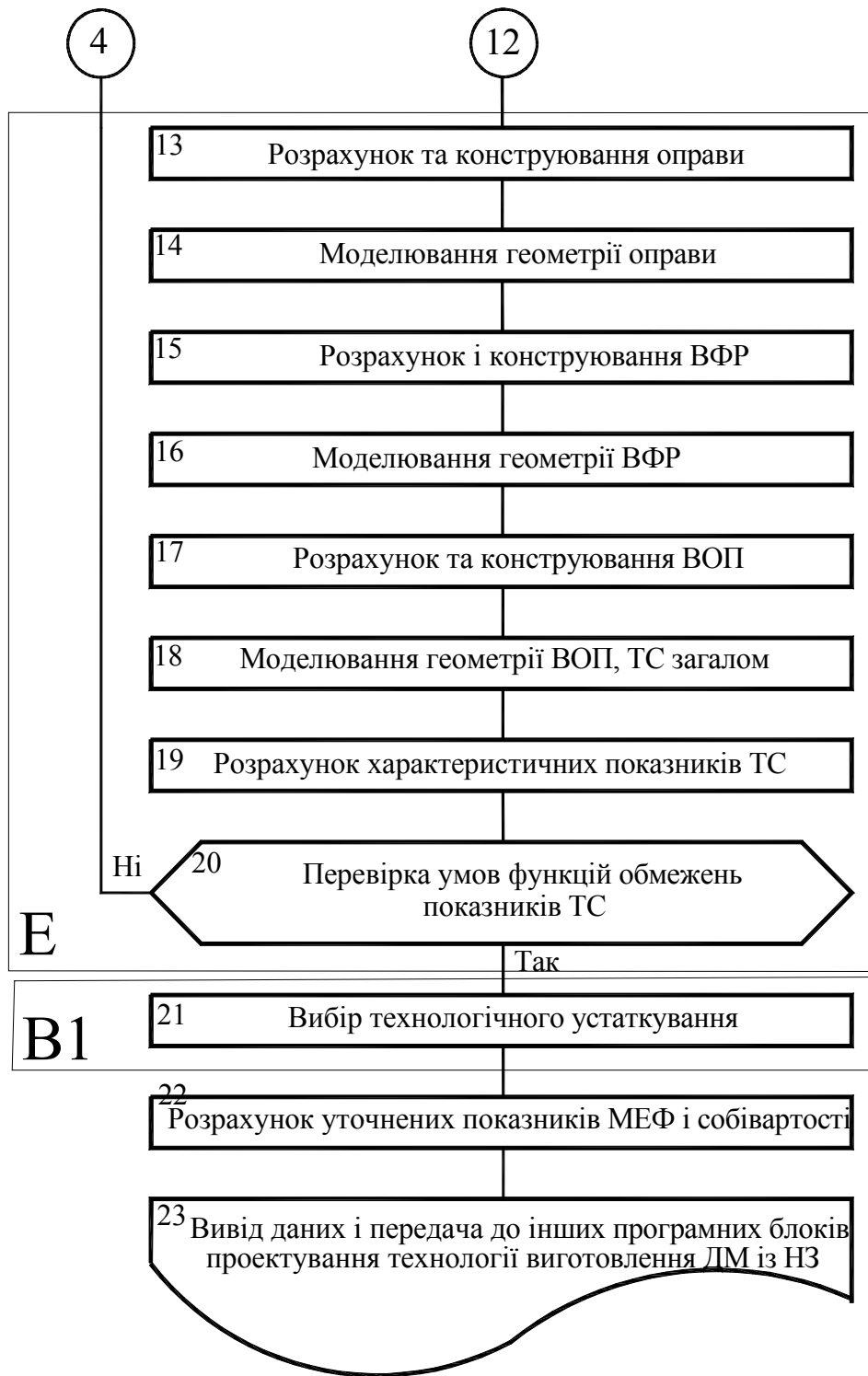


Рисунок 2 – Структурна схема САПР процесів формоутворення НЗ



Продовження рисунку 2

Кожен із складових частин вказаного алгоритму являє собою автоматизований програмний модуль, вхідними параметрами якого є вихідні параметри попередніх блоків.

Автоматизоване проектування розпочинається введенням вихідних даних, до яких належать параметри поперечного перерізу НЗ, креслення деталі, собівартість виготовлення НЗ, граничні вартісні поетапні затрати, квалітет точності, шорсткість, програма випуску, норми часу, матеріал деталі, та ін.

У другому блоці на основі спрощених аналітичних залежностей та емпіричних рекомендацій здійснюється попередній наближений вибір геометричних параметрів стрічки, конструктивних параметрів оснащення (діаметри оправ, формоутворюючого ролика (ФР) тощо). У третьому блоці проводиться розрахунок критеріїв оцінювання рівня раціональності розглядуваних технологій, які визначають особливості виконання та ступінь складності геометрії НЗ. Серед них слід відзначити такі як коефіцієнт нерівномірності витягування стрічки за зовнішнім і внутрішнім ребрами спіралі, коефіцієнт кроку витка НЗ, питома висота, коефіцієнт технологічної складності, зведена висота НЗ, відносний радіус згину і радіус нейтрального шару деформації, відносна товщина заготовки спіралі, відносне видовження та інші показники.

У 4 і 5 блоках на основі визначених критеріїв особливостей виконання та ступені складності геометрії НЗ здійснюється вибір технологічного маршруту (ТМ) та технологічної схеми основної операції формоутворення вказаних заготовок на основі пошуку і співставлення відповідних характеристик з бази даних.

У наступному блоці передбачено розрахунок силових параметрів основної операції формоутворення НЗ: зусиль згину стрічки та осьового і радіального підтисків, моменту навивання.

В 7 і 8 блоках здійснюється розрахунок та порівняння з допустимими значеннями показників механіко-економічної ефективності (МЕФ) вибраного ТС і ТМ. Наприклад, параметрами оцінювання є коефіцієнти стійкості стрічки у процесі згину та розгину спіралі на крок, величина критичного зусилля згину, показники зміцненості спіралі, коефіцієнт енергоміскісті, продуктивність формоутворення НЗ, орієнтовна собівартість та ін.

Наступним етапом є розрахунок параметрів усадки і пружинення стрічки, на основі яких здійснюється вибір уточнених значень геометричних параметрів стрічки та діаметра оправ, показників калібрування стрічки на крок. Процедура розрахунків здійснюється переважно за допомогою 2-4 циклів [2] (див. рисунок 2) з поступовим

уточненням розрахункових даних, так як пружинення і усадка визначаються більш як 20 параметрами, що визначають особливості процесу формоутворення таких заготовок. Результатом розрахунків є віртуальна візуалізація вигляду НЗ у блоці 12, яка є базою для подальшого проектування.

Особливістю автоматизованого проектування ТС (блоки 13 і 17) є послідовна візуалізація на екрані дисплею розраховуваних елементів конструкції як окремо, так і в комплексі вузла із раніше розрахованими елементами. Це спрощує сприйняття конструйованого ТС та ефективному виявленню невідповідностей.

Уточнені параметри ТС дають можливість визначити реальні характеристичні показники та перевірити умови функцій їх обмежень (блоки 18-20).

Блок 21 стосується вибору технологічного устаткування, так як виготовлення НЗ орієнтоване на використання існуючого верстатного парку. У випадку невідповідності наявного в цеху устаткування вибраному, здійснюється повернення в блок 4.

Наступним блоком передбачено проведення вартісного оцінювання вибраного технічного рішення та порівняння з відведеними граничними нормами.

Із структурної схеми видно, що основними групами проектних рішень є вибір та проектування заготовки (групи блоків В1 і В2), проектування ТМ (група блоків М1), конструювання ТС (група блоків Е). Раціональність їх вибору детально досліджується на кожному етапі проектування. При цьому, домінаційна увага надається обґрунтуванню економічної ефективності.

У підсумку, слід відзначити, що розроблена схема алгоритму САПР процесів формоутворення НЗ є складовою частиною проектування ТМ виготовлення вказаних заготовок і направлена на втілення сучасних підходів до інтегрованого проектування, що базується на реалізації основних тверджень теорії СЕ-проектування.

Література

1. Popow A. Modelowanie kosztów procesach projektowania wspólnieźnego maszyn. Praca doktorska. Politechnika Poznan'ska, 1999.
2. Васильків В.В., Пилипець М.І. Підвищення точності формоутворення навивних заготовок // Науковий вісник НАУ, № 49, Київ: 2002, С. 55-64.
3. Попов Э. В. Экспертные системы. – М.: Наука, 1987. – 288 с.