

**В.А. Кирилович, к.т.н., доц.**  
**О.В. Підтиченко, студ.**  
**В.В. Томашевський, студ.**  
**В.А. Яновський, доц.**

*Житомирський інженерно-технологічний інститут*

## **МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНИХ ПРИСТОСУВАНЬ**

*Розглянуто проблему автоматизації проектування універсально-складальних пристосувань (УСП) як один із шляхів підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва та підвищення технічної озброєності праці. Наведено класифікацію існуючих методів проектування компонентів УСП, розглянуто сутність кожного методу із відповідними ілюстраціями.*

Використання різних видів універсально-складального переналаджуваного оснащення (УСПО) багатократного використання є характерним для сучасного приладо- та машинобудівного виробництва. З усіх видів УСПО найбільше розповсюдження отримала система універсально-складальних пристосувань (УСП), яка використовується для встановлення та закріплення деталей на сучасних металорізальних верстатах [5, 9, 15, 16, 17]. Використання УСП для оснащення технологічних процесів (ТП) механообробки дозволяє значно скоротити терміни освоєння нових видів продукції, розширити технологічні можливості верстатів, зменшити витрати часу на виготовлення деталей та підвищити якість обробки. Процес проектування спеціальних компонентів УСП є важливим етапом технологічної підготовки виробництва (ТПВ), від якого значною мірою залежить її ефективність. У зв'язку з цим розробка та впровадження нових сучасних методів проектування компонентів УСП для автоматизованих виробництв, включаючи гнучкі типи, є особливо актуальною задачею [2, 19, 20, 21].

Метою даної роботи є аналіз сутності існуючих підходів до вирішення задачі автоматизованого проектування конструкцій універсально-складальних пристосувань на базі діючих комплектів УСП. Під проектуванням конструкцій УСП розуміється визначення із базового комплексу необхідної номенклатури стандартизованих деталей, їх типорозмірів, розробка загальної схеми їх взаємного розташування з метою забезпечення необхідної орієнтації заготовки, що обробляється, відносно різального інструмента, її надійного затискання для досягнення заданої якості обробки.

За результатами аналізу існуючих підходів до проектування конструкцій верстатних пристосувань проведено класифікацію методів проектування, що проілюстрована на рис. 1. Всі методи проектування конструкцій пристосувань можна поділити на неавтоматизовані (або ті, що виконуються вручну), автоматизовані та автоматичні [13]. Неавтоматизоване проектування – це проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними методами здійснює людина. При автоматизованому проектуванні окремі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними методами здійснюються взаємодією конструктора та ЕОМ. Автоматичне проектування – проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними методами здійснюються без участі конструктора.

З іншого боку, в залежності від принципів формування конструкції розрізняють два методичні підходи [13]:

– підхід, що базується на виборі конструкції пристосування із множини типових конструкцій шляхом врахування визначальних факторів (тобто множини вимог, що ставляться до конструкції з боку різних складових процесу вибору) та критеріїв, за якими обирається найкращий варіант по відношенню до певної сукупності вихідних даних;

– підхід на основі поелементного проектування, що являє собою поетапний синтез конструкції із врахуванням функціонального призначення та застосування кожної деталі в компоненті пристосування. При цьому враховуються визначальні фактори на кожному етапі

проектування конструкції. Як правило, цей підхід використовується при відсутності типового рішення або недоцільності чи неможливості його реалізації.

При автоматизованому вирішенні технологічних завдань взаємодія проектувальника з ЕОМ є процесом обміну інформацією в певному режимі. Розрізняють два основних режими: пакетний (автоматичний) та діалоговий (оперативний) [13]. Пакетний режим передбачає автоматичне вирішення завдань за раніше складеними програмами без втручання конструктора в процес проектування. Діалоговий режим забезпечує можливість проектувальнику на будь-якому етапі активно втручатись у хід проектування, змінювати або доповнювати вихідні дані, змінювати послідовність етапів проектування, виключати окремі етапи, приймати рішення без ЕОМ.

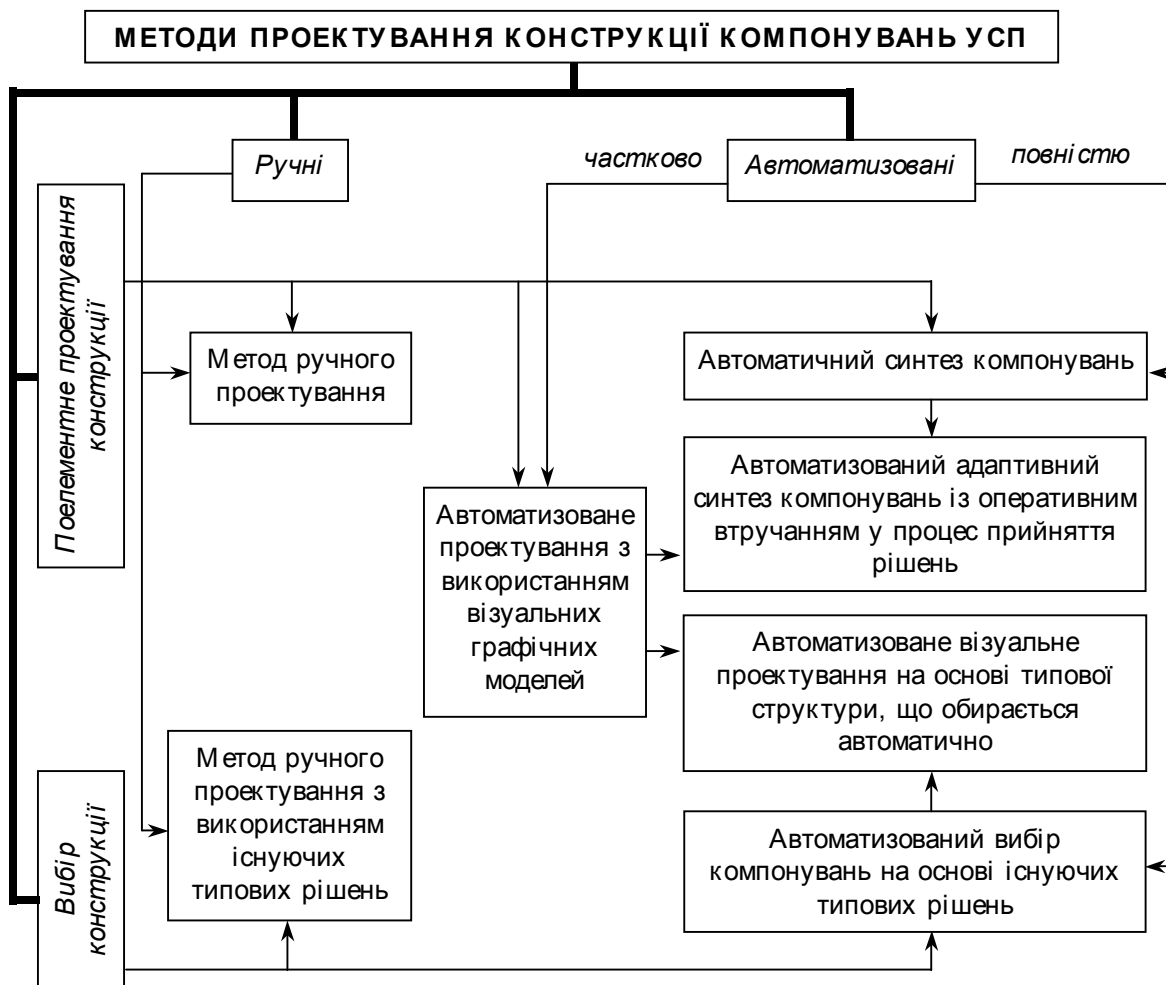


Рис. 1. Укрупнена схема існуючих методів проектування конструкцій компонувань УСП

Поєднання різних підходів при вирішенні тих чи інших задач проектування утворює сукупність методів проектування конструкцій УСП (рис. 1), сутність яких розглянуто нижче.

**1. Метод ручного проектування** [9, 11, 13, 15, 16, 17]. Метод базується на виробничому досвіді, уяві та інтуїції конструктора або слюсаря-складальника та певною мірою залежить від традицій, що склалися на підприємстві. При цьому агрегування (складання) нескладних компонувань УСП здійснюється безпосередньо слюсарем на складальній дільниці без попередньої конструкторської розробки, що значно скорочує час технологічної підготовки виробництва. Компонування УСП підвищеної складності (багатомісні, багатопозиційні, механізовані тощо) попередньо розробляються конструктором та передаються на складальну дільницю у вигляді монтажної схеми. Монтажна схема являє собою спрощене креслення конструкції пристосування, яке складається із стандартизованих деталей та складальних одиниць, що входять до складу заводського комплекту УСП. До монтажної схеми додається

специфікація елементів, що входять до складу конструювання. Тривалість проектування конструювання УСП в залежності від складності становить від 3 до 16 годин [9].

**Недоліки:** суб'єктивний підхід до процесу проектування (отримана конструкція не є оптимальною, часто є громіздкою) характеризується нераціональністю використання тих чи інших елементів; від слюсаря-складальника вимагається висока кваліфікація та практичний досвід; витрачається значний час на проектування; при конструюванні пристосування часто не враховуються існуючі аналогічні рішення, наприклад, на інших підприємствах.

**2. Метод ручного проектування з використанням існуючих типових рішень** [9, 11, 15, 16, 17]. При цьому використовуються приклади типових конструювань, зібрані в каталоги виробника комплектів УСП, технологічні регламенти, спеціальна література, в якій представлено вже існуючі конструювання, фотоальбоми. За основу береться існуюча типова конструкція; уточненню підлягають лише розміри конструктивних елементів, при цьому можлива незначна зміна конструкції (в основному розміри взаємного розташування елементів).

Процес проектування полягає у правильному виборі типової конструкції пристосування з множини доступних та доопрацювання її відповідно до заданих умов обробки. В даному методі визначальним є досвід слюсаря-складальника.

**Переваги:** враховується попередній досвід у складанні подібних конструкцій, знижуються вимоги до кваліфікації слюсаря-складальника; у відносно малі терміни отримується готова схема конструювання з переліком складових елементів.

**Недоліки:** вірний вибір конструкції часто є утрудненим; не враховується вся множина визначальних факторів, що впливають на конструкцію; відсутня оптимізація.

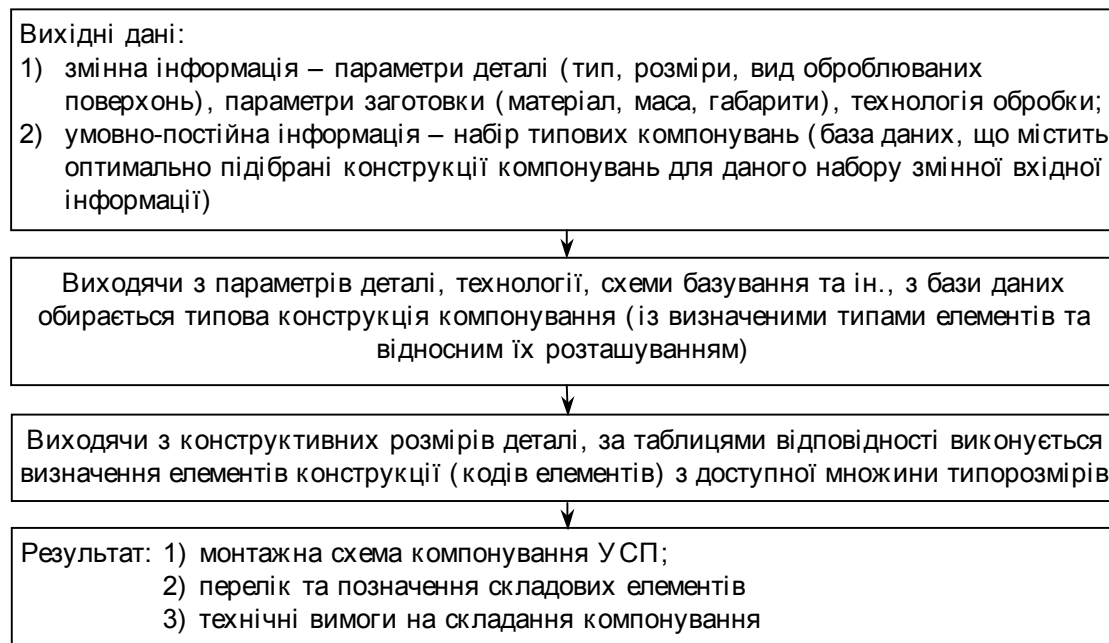


Рис. 2. Схема розв'язку задачі автоматизованого вибору конструювань на основі існуючих типових рішень

**3. Автоматизований вибір конструювань на основі існуючих типових рішень** [1, 12] (рис. 2). Організація даного методу передбачає два етапи. Результатом першого етапу є створення бази даних, що містить конструкції типових конструювань і відповідні їм класи та типорозміри деталей. Реалізація етапу передбачає проведення класифікації та систематизації існуючої номенклатури деталей, що оброблюються, створення класифікаторів деталей та конструювань, встановлення зв'язків між певними видами деталей та відповідними типовими конструюваннями. На стадії створення бази даних типових конструювань враховуються всі можливі фактори, тобто формується набір вже оптимізованих типових конструкцій пристроїв для оснащення різних технологічних операцій. Другий етап передбачає створення алгоритму вибору конструкції конструювання з доступної множини типових конструкцій в залежності від класу та параметрів деталі, що оброблюється, та складання специфікації елементів (визначення кодів деталей з комплекту) в залежності від виду та конструктивних розмірів деталі.

Процес автоматизованого вибору полягає у виборі типової конструкції пристосування та уточнення типорозмірів та розташування елементів, що входять до неї, за таблицями відповідності.

**Переваги:** суттєве скорочення часу на вибір підходящої типової схеми конструкції; можливість створення єдиної бази даних із врахуванням досвіду роботи багатьох машинобудівних підприємств.

**Недоліки:** складність у створенні бази даних з таким набором типових конструкцій, які б враховували всі визначальні фактори вибору; неможливість оперативного втручання в процес проектування з метою зміни конструкції компонування, при цьому ефективність вибору головним чином визначається якістю, об'ємністю та універсальністю складеної бази даних.

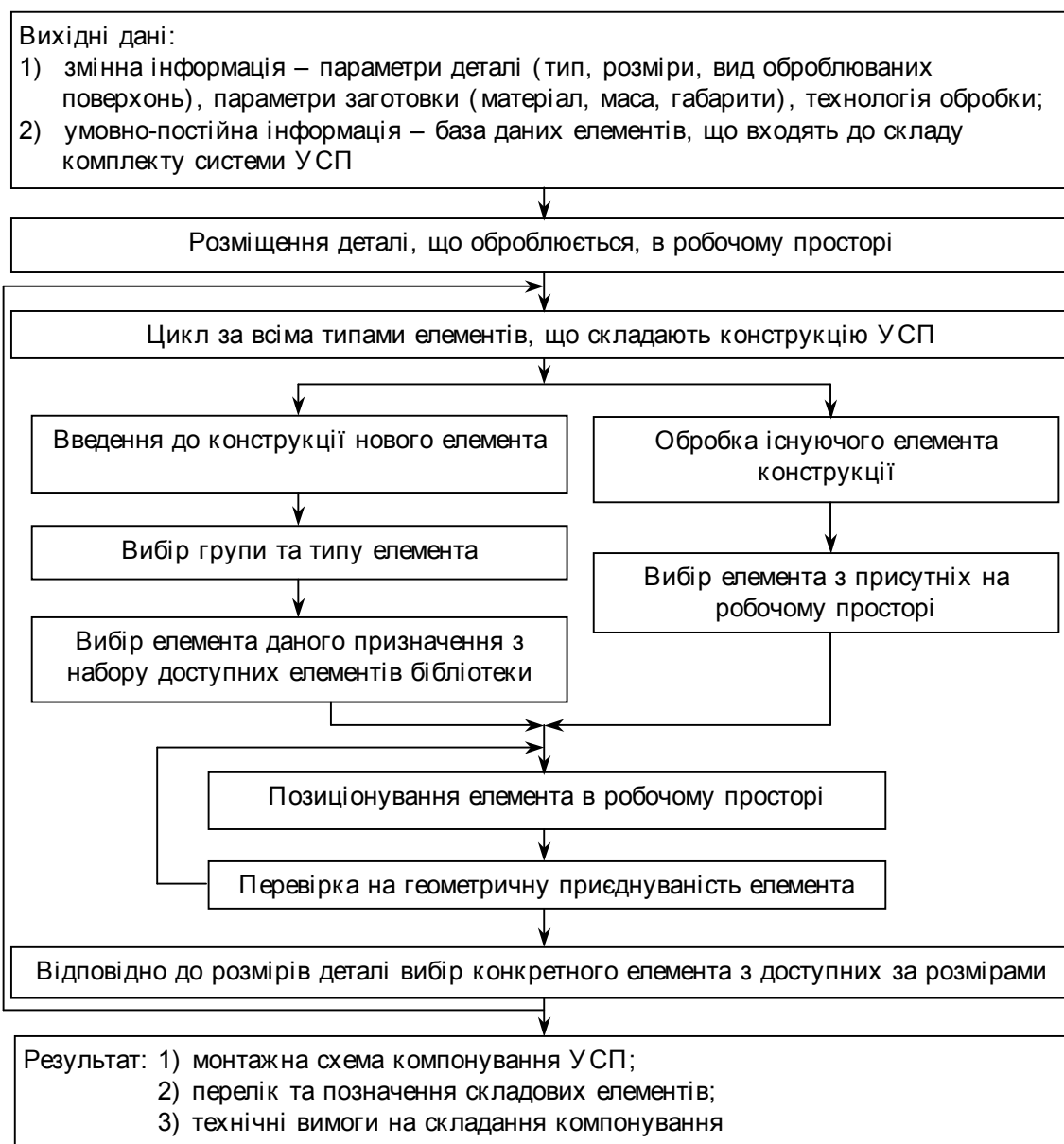


Рис. 3. Схема розв'язку задачі автоматизованого конструювання з використанням візуальних графічних моделей

**4. Автоматизоване проектування з використанням візуальних графічних моделей [4, 10]** (рис. 3). Даний метод є машинною реалізацією методу ручного проектування і передбачає використання інтерактивного програмного забезпечення, що дозволяє конструктору візуально складати компонування з доступних деталей – стандартизованих елементів системи УСП, що занесені в базу даних конструктивних елементів заводського комплекту. В даному програмному

забезпеченні передбачається аналіз конструкції компонування відповідно до геометричної сумісності приєднуваних один до одного елементів. Відповідальність за перевірку готової конструкції на відповідність різноманітним критеріям оптимізації та визначальним факторам покладається на конструктора.

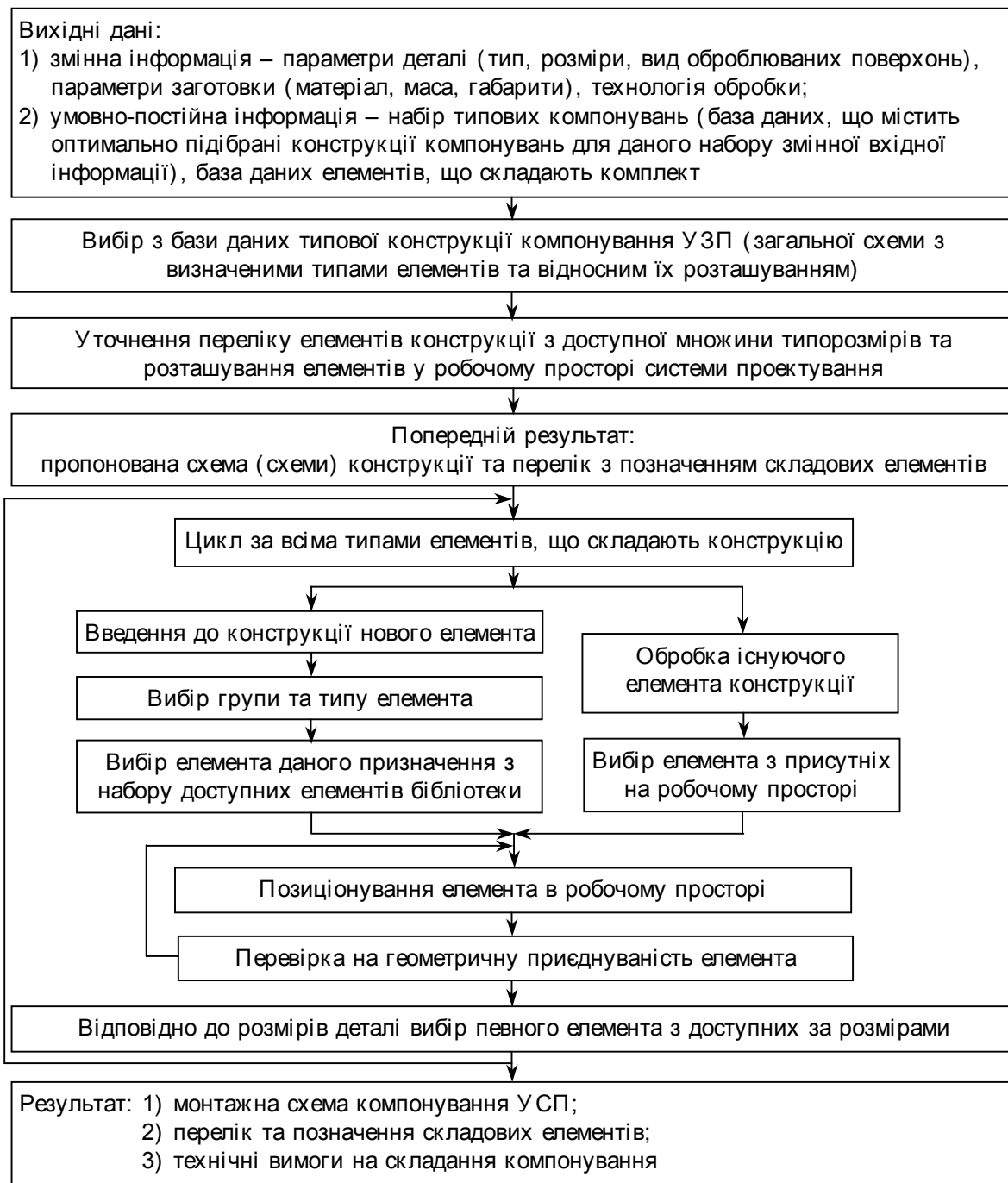


Рис. 4. Схема автоматизованого візуального проектування на основі типової структури, що обирається автоматично

**Переваги:** конструювання виконується не шляхом пересування реальних металевих конструкцій і їх взаємного з'єднання, а шляхом моделювання даного процесу на екрані ЕОМ.

**Недоліки:** у великій мірі повторюють недоліки методу ручного проектування щодо суб'єктивності та оптимальності отриманого рішення.

**5. Автоматизоване візуальне проектування на основі типової структури, що обирається автоматично** (рис. 4). Даний підхід є поєднанням методу автоматизованого вибору на основі типових рішень та методу автоматизованого конструювання з використанням візуальних

графічних моделей. На першій стадії на основі даних про деталь-заготовку та інших факторів виконується вибір з бази даних існуючих типових схем компоновань однієї або декількох конструкцій, які пропонуються для подальшого розгляду та доопрацювання конструктором. На другій стадії виконується візуальне доопрацювання обраної конструкції, внесення до неї змін та доповнень і отримання кінцевого рішення.

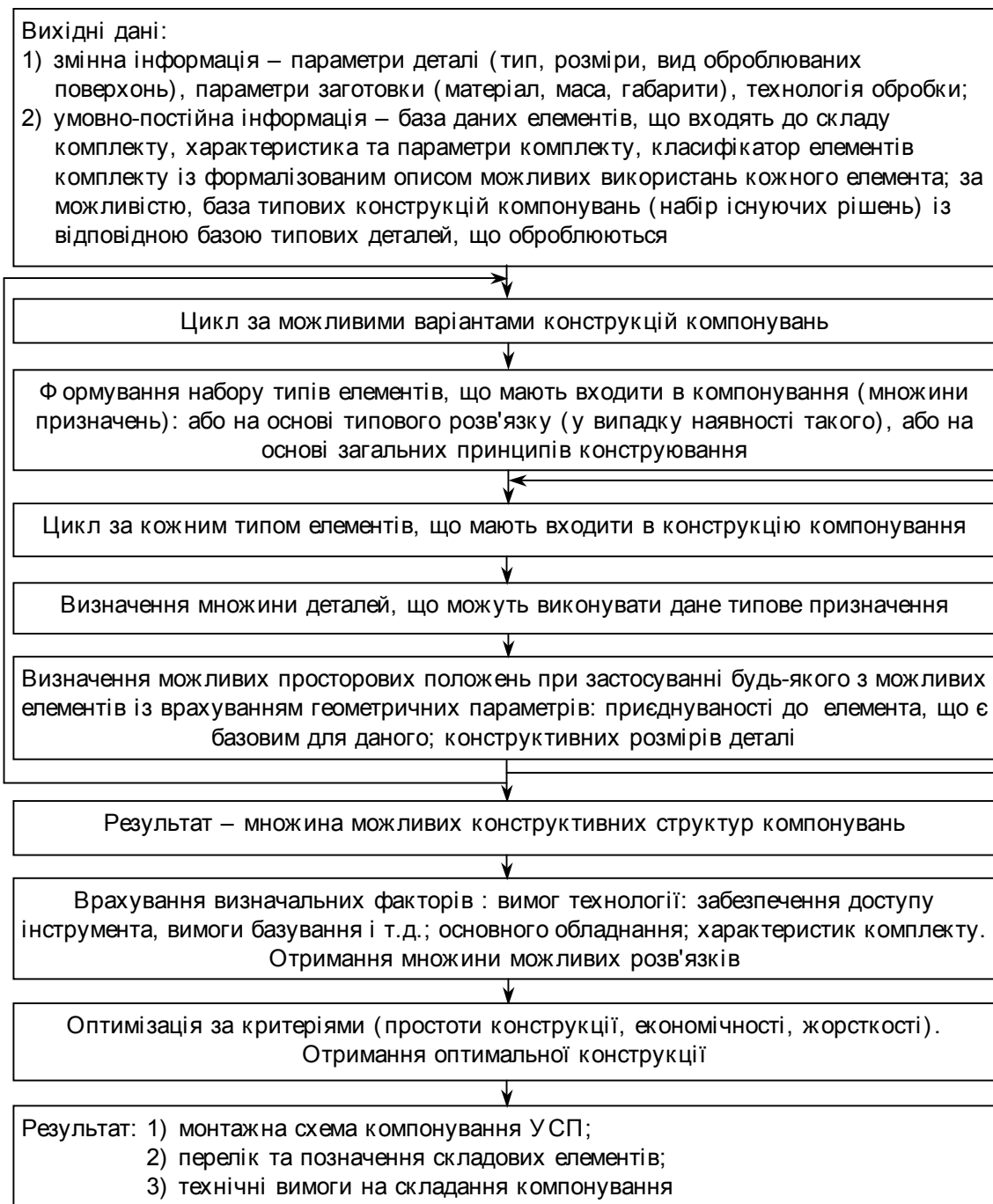


Рис. 5. Схема розв'язку задачі автоматичного синтезу компоновань

Даний підхід об'єднує в собі позитивні риси обох вихідних методів, хоча не усуває й певні недоліки – наявність високих кваліфікаційних вимог до конструктора, якому необхідно врахувати багато визначальних факторів і створювати найкращу, з власної точки зору, конструкцію.

**6. Автоматичний синтез компоновань** [1, 3, 4, 6, 12, 14] (рис. 5). Розробка проводиться послідовно, подетально, на основі існуючої множини вихідних деталей комплекту системи УСП з урахуванням типового призначення та застосування кожної деталі окремо. Попередньо

встановлюються типи елементів, що мають входити в компоновання, шляхом визначення функцій (призначень), що мають виконувати елементи в конструкції для отримання закінченого компоновання. Це можливо або на основі використання існуючих типових прикладів рішень, або на основі загальних правил. При цьому можливе отримання принципово різних наборів типів елементів.

Далі вирішується задача підбору конкретних елементів. Задача вирішується поетапно. На кожному етапі з доступної множини деталей типового призначення обирається необхідна, визначається її можливе просторове положення. Цей процес виконується для всіх типів деталей, що мають складати конструкцію компоновання. В результаті отримується варіант компоновання. При повторенні процесу вибору отримується певна сукупність варіантів, з якої проводиться попереднє формування множини доступних рішень, що задовольняють вихідній інформації, а далі – поступове звуження множини відповідно до заданих критеріїв вибору та існуючих обмежень (конструктивних, технологічних і т.д.) і отримання, в кінцевому рахунку, оптимальної конструкції.

Переваги: повна автоматизація проектування, що не вимагає втручання конструктора в процес конструювання, не вимагає значних знань і досвіду конструктора; автоматична оптимізація у відповідності до закладених критеріїв; повне врахування визначальних факторів.

Недоліки: складність у формалізації конструктивних зв'язків параметрів деталі та необхідними типами елементів, що мають входити в компоновання; складність автоматичного створення множини призначень елементів у конструкції та виборі елементів відповідно до цих призначень (тобто у формалізації загальних правил конструювання); складність в організації моделювання з'єднань компонентів конструкції, що синтезується; складність в організації машинної оптимізації, тобто виборі оптимальної конструкції з множини розв'язків на основі одночасного врахування багатьох критеріїв.

**7. Автоматизований адаптивний синтез компоновань із оперативним втручанням у процес прийняття рішень [13]** (рис. 6). Даний підхід об'єднує всі автоматизовані підходи до проектування конструкції пристосування. Відмінною рисою є можливість конструктора визначати набір дій, виконуваних при проектуванні конструкції. За рішенням конструктора на першому етапі може бути виконаний пошук конструкцій-аналогів пристосування. Тоді отримані варіанти пропонуються як базові для синтезу конструкції. У випадку відсутності таких або за рішенням конструктора проводиться поелементний синтез конструкції. При цьому система проектування подає можливий варіант вибору елемента конструкції, а конструктору надається можливість коректувати рішення ЕОМ на кожному етапі синтезу, тобто передбачається можливість оперативно вносити зміни в конструкцію, що проектується, а не тільки доопрацьовувати готову конструкцію. При цьому конструктор може коригувати вхідні дані, визначати пріоритети вибору варіанта (тобто визначати важливість тих чи інших факторів та критеріїв, які необхідно враховувати). На заключному етапі може бути проведений аналіз всіх можливих конструкцій пристосування і вибір найкращої згідно із закладеними критеріями. Остаточне прийняття рішення виконує конструктор.

Переваги: 1) переваги, отримані поєднанням позитивних рис різних автоматизованих підходів – всі етапи складання конструкції є повністю автоматизованими і за бажанням можуть бути виконані в автоматичному режимі; можливість за бажанням використання бази даних (архіву) рішень-аналогів; автоматична оптимізація у відповідності до закладених критеріїв, повне врахування визначальних факторів; 2) переваги, пов'язані з особливістю гнучкої структури алгоритму: вільний вибір необхідних, з точки зору конструктора, складових автоматизованого проектування; оперативне втручання в хід проектування; отримання варіантів, утворених на основі різних вагових співвідношень вимог до конструкції; синтез конструкції відповідно до умов, що можуть змінюватись оператором на кожному етапі.

Недоліки в основному пов'язані зі складністю створення інформаційної моделі процесу: надзвичайна складність формалізації, створення моделей конструкції зі змінною структурою та побудови гнучкого алгоритму.

Таким чином, отримано загальні схеми вирішення задач автоматизованого складання конструкції пристосувань (рис. 2–6). На схемах наведено орієнтовний зміст вихідних даних із розподілом на змінну та умовно-постійну частини, загальна послідовність розв'язку та зміст результату, що отримується. Кожен з розглянутих підходів має певні переваги та недоліки, а також характеризується певним ступенем складності реалізації.

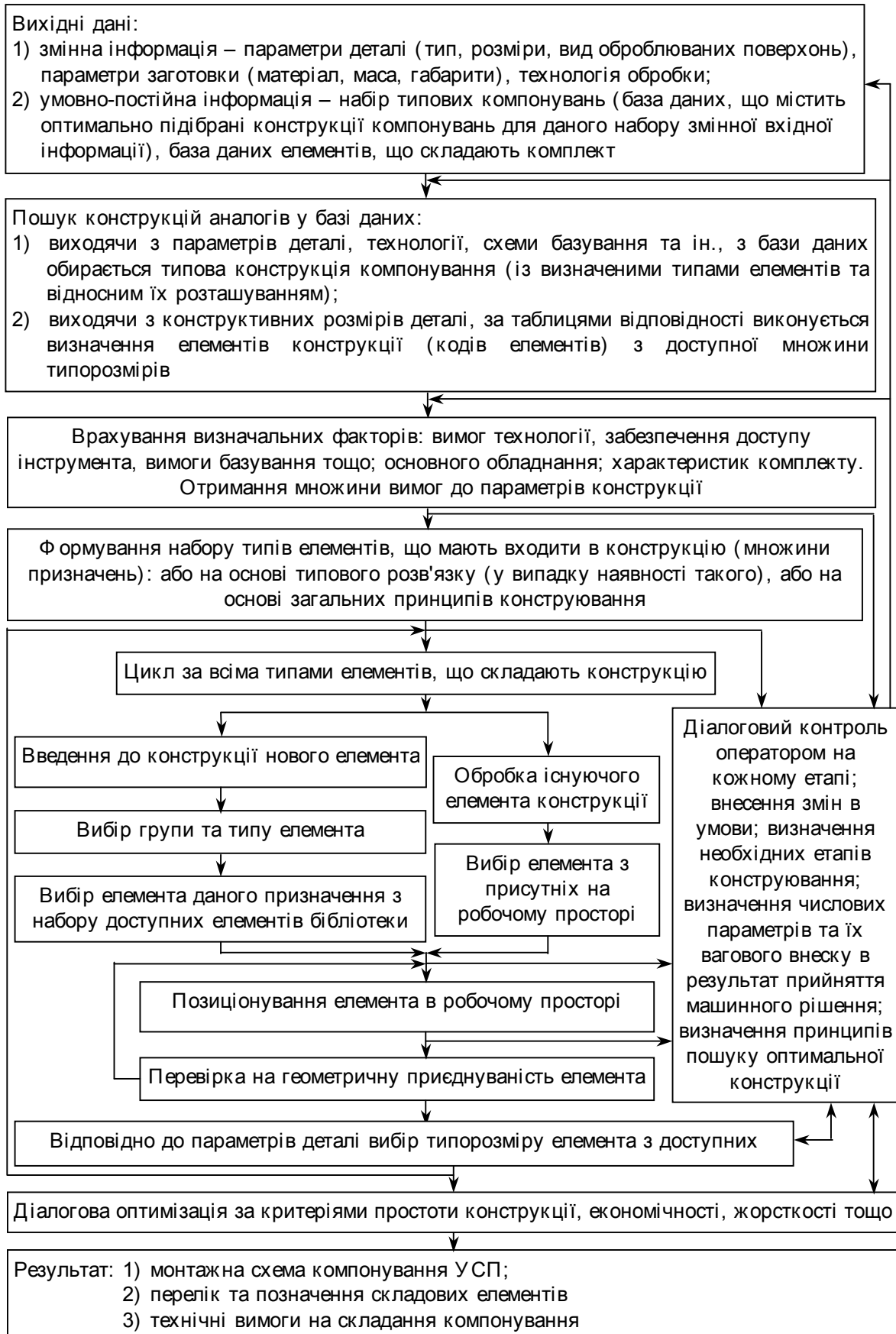


Рис. 6. Схема автоматизованого адаптивного синтезу компоновань із оперативним втручанням у процес прийняття рішень



Підсумовуючи вищевказане, зазначимо, що ручні методи проектування пристосувань характеризуються суб'єктивністю підходу, в результаті чого отримана конструкція УСП часто не враховує множину вимог, що ставляться до неї. При цьому процес ручного проектування конструкції вимагає значної кваліфікації персоналу та характеризується значними витратами часу. Автоматизовані підходи мають за мету суттєво скоротити час на проектування, полегшити працю персоналу та отримувати оптимальний варіант конструкції УСП в залежності від конкретної проектної ситуації, тобто підвищити якість конструктивно-технологічних рішень, що приймаються в процесі проектування.

Очевидно, що досягнення головної мети автоматизованого проектування конструкції пристосування, яка полягає в побудові формалізованого опису конструкції, сформованого у відповідності до його інформаційної моделі, пов'язане із розв'язком великої кількості загальних та спеціальних задач [7, 8, 13, 18]. Необхідність їх розв'язку виникає на кожному етапі автоматизованого проектування. В залежності від обраного підходу ці задачі вирішуються в різній послідовності, в різних комбінаціях та різними способами. В результаті аналізу сутності кожного з методів встановлено їх переваги і недоліки та виявлено, що найбільш перспективним з розглянутих автоматизованих підходів є метод автоматизованого адаптивного синтезу компонентів із оперативним втручанням у процес прийняття рішень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении / Колл. авторов. Под ред. чл.-кор. АН БССР Г.К. Горанского. – М.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
2. Алагуров В.В. Методические основы автоматизации проектирования переналаживаемой оснастки // Машиностроитель. – 1993. – № 4. – С. 5–8.
3. Дорфман В.И. Автоматизированное проектирование приспособлений из нормализованных узлов // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Зарубежный опыт. – 1987. – Серия 5. Вып. 20. – С. 1–3.
4. Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход: Пер. с польск. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
5. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
6. Маркин С.В. Автоматическое конструирование модульных зажимных приспособлений // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Зарубежный опыт. – 1987. – Серия 5. Вып. 18. – С. 1–5.
7. Методологические основы автоматизированного проектирования универсально-сборных приспособлений / Э.В. Рижов, В.А. Яновский, Л.Г. Полонский и др. // Информатизация та нові технології. – 1995. – № 3–4. – С. 10–13.
8. Микитянский В.В., Сарбанов С.Т. Пути автоматизации проектирования технологических процессов в машиностроении. – Фрунзе: Кыргызстан, 1983. – 208 с.
9. Переналаживаемая технологическая оснастка / В.Д. Бирюков, А.Ф. Довженко, В.В. Колганенко и др. Под общ. ред. Д.И. Полякова. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
10. Прохоров А.Ф. Конструктор и ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
11. Приспособления универсально-сборочные. Рекомендации по агрегатированию. – М.: МТКТБ, 1980. – 152 с.
12. Ракович А.Г. Автоматизация проектирования приспособлений для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1980. – 136 с.
13. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 414 с.
14. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Сеницын. Под общ. ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.
15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
16. Технологическая оснастка многократного применения / В.Д. Бирюков, В.М. Дьяконов, А.И. Егоров и др. Под ред. Д. И. Полякова. – М.: Машиностроение, 1981. – 404 с., ил.

17. Универсально-сборная и переналаживаемая оснастка / А.И. Жабин, Г.П. Холод, В.А. Здор и др. – К.: Техніка, 1982. – 264 с.
18. Яновский В.А., Безпалько Д.П. Моделирование процесса проектирования универсально-сборочных приспособлений. Современные методы сборки в машиностроении и приборостроении: Материалы Международного научно-технического семинара 20-22 февраля 2001 г. – Киев, 2001. – С. 75–77.
19. Яновский В.А., Полонский Л.Г., Юмашев В.Е. Использование систем управления базами данных в САПР универсально-сборных приспособлений. Новые технологии в машиностроении: Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции. Харьков–Рыбачье. – 1993.
20. Яновский В.А. Формализованное представление системы проектирования универсально-сборных приспособлений // Праці Житомирського філіалу КПП. – Вип. 1. – Житомир: ЖФ КПП. – 1993 – С. 172–176.
21. Яновский В.А., Юмашев В.Е., Кашуба Д.Ю. Использование СУБД FoxPro в САПР УСП // Праці Житомирського філіалу КПП. – Вип. 1. – Житомир: ЖФ КПП. – 1993. – С. 181–184.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- автоматизація технологічної підготовки механоскладального машино- та приладобудівного автоматизованого виробництва;
- автоматизація технологічних процесів.

Тел. дом. 38/0412-33-89-78. E-mail: kiril\_v@ziet.zhitomir.ua

ПІДТИЧЕНКО Олександр Владиславович – студент Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання технологічних процесів.

Тел. дом. 38/0412-34-64-19. E-mail: at5\_pov@usr.ziet.zhitomir.ua

ТОМАШЕВСЬКИЙ Віталій Валерійович – студент Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- використання ЕОМ для розв'язку задач автоматизації проектування.

Тел. дом. 38/0412-22-22-26. E-mail: at5\_tomash@usr.ziet.zhitomir.ua

ЯНОВСЬКИЙ Валерій Анатолійович – доцент кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- автоматизація технологічної підготовки машинобудівного виробництва.

Тел. дом. 38/0412-39-56-33.

Подано 1.08.2001