

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Резк Кассм Ахмад Аль Хадам

(громадянин Йорданії)



УДК 621.757

**ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ**

Спеціальність 05.02. 08 - технологія машинобудування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ - 1997



Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі текстильного машинобудування Державної академії легкої промисловості України.

Науковий керівник : доктор технічних наук, професор **Зенкін Анатолій Семенович**, Державна академія легкої промисловості України, професор кафедри.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Румбешта Валентин Олександрович**, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", професор кафедри приладобудування;

кандидат технічних наук **Козирєв Віктор Олександрович**, Міністерство промислової політики України, заступник начальника управління верстатобудівної та інструментальної промисловості.

Провідна установа: Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування.

Захист відбудеться 19 січня 1998 року о 15 годині на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 01.02. 09 при Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" за адресою: 252056, м. Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 1, ауд. 214.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Автореферат розіслано « 18 » ерсудня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор

Равська Н. С.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ринкова економіка характеризується частою мінливістю та великим числом виробів та їхніх модифікацій, що випускаються підприємствами машино- та приладобудування. Наслідком цього є тривке протягом останніх 15-20 років зростання трудомісткості складання, що на підприємствах машинобудування досягла 30-40% від загальної трудомісткості виробів, а на підприємствах приладобудування, електронної техніки - 60-80%.

У цих умовах основним засобом підвищення техніко-економічної ефективності складального виробництва є впровадження гнучких виробничих систем складання, які перепрограмовуються.

Ефективність створення, впровадження та експлуатації ТПС складання з високою технологічною гнучкістю чи не першу чергу залежить від якості та тривалості проектування. В умовах багатоваріантності можливих проектних рішень, коли одна і та ж мета може бути досягнута різними засобами, різко збільшується "ціна" помилок, прорахунків та недосконалості рішень. Ці помилки піддаються виправленню тим важче, чим на більш ранній стадії проектування вони допущені.

Повною мірою сказане стосується такого ключового етапу технологічного процесу складання (ТПс), як синтез оптимальних рішень у процесі технологічного проектування.

Впровадження в практику проектування ТПС найпрогресивнішої на сьогодні методології низхідного синтезу, що характеризується орієнтацією на показники продуктивності та вартості в умовах порівняння багатьох варіантів, коли ці показники враховуються від самого початку роботи та стосуються конкретно використаного варіанта технології, внаслідок чого забезпечується отримання економічно оптимального (відповідно до вибраних критеріїв) результату проектування, стримується такими причинами:

- низьким рівнем впорядкування та уніфікації процедур прийняття проектних рішень при розгляді задач структурного та параметричного синтезу ТПС;
- майже повною відсутністю дедуктивної інтерпретації більшості процедур, що використовуються в практиці традиційного проектування ТПС;
- недостатньою розробкою методів якісного аналізу та відсіву рішень, які синтезуються на проміжних етапах проектування.

Тому вдосконалення методів формалізованого низхідного синтезу ТПС є актуальною задачею і представляє безсумнівний науковий та практичний інтерес.

Зв'язок роботи з науковими планами. Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку досліджень Державної академії легкої промисловості

України з проблеми “Обладнання, системи управління технологічними процесами та контролю якості виробів”.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення якості, а також зниження трудомісткості та вартості проектування технологічних процесів гнучкого автоматизованого складання за рахунок вдосконалення наявних та розробки нових інформаційних, логіко-математичних та арифметичних моделей синтезу технології складання.

Для досягнення поставленої мети в роботі були поставлені такі основні задачі:

- встановити та обґрунтувати структуру процесу проектування;
- дослідити закономірності відбору та форму представлення інформації для кожного процесу проектування;
- розробити логіко-математичні моделі уніфікованих процедур синтезу та аналізу проектних рішень ТПС;
- запропонувати та обґрунтувати типову структуру етапів, процесів і підпроцесів синтезу ТПС;
- розробити алгоритми та програмне забезпечення арифметичних процедур розрахунку режимів складання.

Загальна методика досліджень. Об'єктами дослідження є: динамічна модель процесу, яка визначає структуру проектування; інформаційна модель, яка описує інформаційні потоки, засоби подання інформації, її властивості; логіко-математичні моделі, які встановлюють умови формальної переробки інформації.

При вирішенні поставлених у роботі задач використовувались основні положення технології машинобудування, апарат теорії множин, математичної логіки.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі отримали подальший розвиток вирішення питань, пов'язаних із вдосконаленням засобів низхідного проектування технологічних процесів гнучкого автоматизованого складання.

Автором самостійно вперше:

- обґрунтована та запропонована для використання при проектуванні складальних процесів методика формалізованого синтезу ТПС;
- на основі аналізу евристичних прийомів проектування розроблена форма подання вихідних для синтезу ТПС даних;
- на основі вивчення взаємодії інформаційних потоків про предмети синтезу (фактори, рішення) встановлені форми представлення якісних та кількісних властивостей предметів синтезу, а також відношення між предметами синтезу;
- запропонована (на основі використання системного підходу до розробки складних систем інформаційної природи) узагальнена структура

синтезу ТПС, основною функціональною ланкою якої є типовий підпроцес переробки рішень, прийнятих на попередньому етапі проектування;

- обґрунтована та запропонована типова структура етапів, процесів і підпроцесів синтезу ТПС, розроблено алгоритм та програмне забезпечення арифметичних процедур розрахунку режимів складання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання в конструкторсько-технологічних розрахунках процесів гнучкого автоматизованого складання запропонованих засобів низхідного проектування, що дозволить на ранній стадії проектування ТПС, в умовах багатоваріантності можливих проектних рішень, уникнути помилок, прорахунків та недосконалості рішень. Отримані залежності можуть бути ефективно використані при проектуванні технологічних процесів та виборі складального обладнання для роботи в умовах серійного та малосерійного виробництва.

Особистий вклад здобувача полягає у постановці та вирішенні основних теоретичних і експериментальних задач пов'язаних з удосконаленням засобів проектування технологічних процесів гнучкого автоматизованого складання. Автору належать основні ідеї при обґрунтуванні та виборі базової деталі при синтезі технологічного процесу складання, а також щодо створення алгоритму вибору базової деталі складальної одиниці. Ним обґрунтовані та запропоновані основні математичні моделі оптимізації синхронних конвейєрів складання виробів машинобудування. Безпосередню участь він брав у впровадженні отриманих в роботі результатів у навчальний процес при читанні курсів та проведенні лабораторних та практичних занять.

Апробація роботи. Результати дисертаційної роботи доповідалися і отримали позитивну оцінку на ряді науково-технічних конференцій, зокрема, "Сучасні технології машинобудування. Прогресивні методики викладання в вузі" (м. Суми - 1997 р.), "Сучасна контрольно-випробувальна техніка промислових виробів та їхня сертифікація" (м. Мукачеве - 1997 р.). Робота доповідалася на семінарах кафедри текстильного машинобудування та на наукових конференціях професорсько-викладацького складу Державної академії легкої промисловості України (1995 - 1997 р.р.), а також на засіданні технічної ради Чернівецького державного підприємства "Чернівцілегмаш" у 1996 році та в Харківському науково-дослідному інституті технології машинобудування у 1997 році.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 9 робіт.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та результатів досліджень, списку літератури що використовувалася, та додатків. Основна частина містить 135 сторінок,

включаючи 27 рисунків, 3 таблиці та бібліографію з 86 найменувань. Загальний обсяг роботи 154 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дослідження та стисло сформульовані основні положення та наукові результати дисертації.

У першому розділі на основі проведеного огляду друкованих праць з теми та практики проектування здійснено аналіз прийомів проектування, структури процесу процедур проектування, засобів математичного моделювання при проектуванні технологій, здійснена формальна постановка задачі розробки методики синтезу ТПС, визначені шляхи її вирішення.

У другому розділі розглянуто: проблему розподілу вхідної задачі синтезу ТПС на структурні блоки, що містять уніфіковані набори процедур переробки інформації; методологію виявлення всієї вхідної інформації, що задається предметами синтезу, їх вхідними і шуканими властивостями, відношеннями між ними; процедури аналізу вхідних і одержуваних у процесі проектування предметів синтезу.

Третій розділ присвячений формально-логічному аксіоматичному обґрунтуванню структури процесу синтезу; визначенню кількості, типів і послідовності застосування логічних і арифметичних процедур у кожному уніфікованому процесі синтезу.

У четвертому розділі наведене логіко-математичне обґрунтування основних логічних процедур типу “Синтез”, “Аналіз”. Описано логічні та проблемні засоби їх виконання. Розроблені алгоритми і ПМО арифметичних процедур кількісної оцінки техніко-економічних властивостей операцій складання.

Теорія та методологія формалізованого синтезу складних систем різноманітної, в т. ч. і інформаційної (до останніх належить проектування) природи викладені в працях Н. Г. Бруевича, Н. П. Бусленка, В. М. Глушкова, Г. К. Горанського, Р. Беллмана, М. Месаровича, С. Отпнера, Дж. Фон Неймана. Наукові основи технологічного проектування складання, що відображають існуючу практику машинобудівного проектування, достатньо повно представлені в працях М. Н. Новикова, а також О. Г. Гусєва, А. С. Зенкіна, А. А. Іванова, В. С. Корсакова, В. В. Косилова, М. С. Лебедовського, К. Я. Муценека, О. І. Федотова, О. С. Храброва, В. С. Шабайковича, В. А. Яхимовича.

Основні контури дедуктивної теорії автоматизованого проектування ТПС сформульовані у працях І. І. Льїнського, М. М. Капусіна, В. В. Павлова, В. Д. Цветкова, В. Є. Челищева.

Працями цих учених методологія аналізу та синтезу розвинених систем поєднана з прийомами традиційного проектування, що мають у цілому описовий характер.

У процесі розробки технології для новостворюваних гнучких складальних систем можуть бути виділені такі типи задач:

- 1) розподіл виробів на складальні одиниці (СО);
- 2) установлення послідовностей сполучення деталі в СО, СО і деталей у виріб (СВ), що збирається;
- 3) вибір раціональних послідовностей диференційованого складання;
- 4) структуризація технологічного процесу з встановленням раціонального ступеня концентрації операцій;
- 5) вибір основного і допоміжного обладнання;
- 6) визначення архітектури складальної системи.

Частина з них - задачі 1), 2), 3), 4) використовуються при оперативному технологічному проектуванні експлуатованих ТПС складання у випадку запуску нових виробів.

Результативність пошуку рішень кожного з перерахованих задач і задачі синтезу ТПС у цілому залежить від: 1) якості постановки задачі; 2) ступеня розробленості структури системи прийняття рішень.

Постановка задачі полягає у визначенні: 1) мети проектування, що містить опис бажаного результату процесу синтезу; 2) факторів, які є варійованими у процесі проектування матеріальних засобів досягнення мети.

Мета проектування та предметні змінні являють собою 2 входи системи ТПС, які взаємодіють таким чином, що в процесі проектування предметні змінні (причини) переробляються в бажану мету (наслідки або результати).

Мета проектування декларується входом "Модель ТПС" і містить опис початкових, граничних і кінцевих умов. Початкові умови описують усі раніше прийняті рішення, у тому числі і отримані до початку проектування і сформульовані на основі розгляду технологічних, організаційно-технічних і експлуатаційних чинників. Граничні умови визначають поєднання параметрів варіантів окремо розглянутих чинників або спільну застосовуваність варіантів різноманітних чинників. Кінцеві умови містять: а) обмеження на область допустимих рішень, б) критерій оптимальності - собівартість або надійність.

Вхід "Чинники" містить вибрані в процесі проектування альтернативні предмети синтезу, значення властивостей яких задані або можуть бути знайдені. Цими предметами є:

1. незалежні чинники, типове найменування кожного з яких позначається $X_i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, n\}$.

2. варіанти окремо розглянутих чинників X_{ij} , які складають множини всіх m_i взагалі можливих до розгляду альтернативних варіантів даного вигляду чинників (пакет варіантів), $X_i = \{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{imi}\}$; $X_i, i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$
3. набори (кортежі), що складаються тільки з усіх розглядуваних вф-ому підпроцесі e -го етапу синтезу чинників, що мають вигляд $\langle X_{\varphi 1}, X_{\varphi 2}, \dots, X_{\varphi n} \rangle = X_{\varphi}$, або всіх варіантів чинників - $\langle X_{\varphi 1j_1}, X_{\varphi 2j_2}, \dots, X_{\varphi nj_n} \rangle = X_{\varphi t}$;
4. кортежі, які складаються з наборів чинників або варіантів чинників і рішення попереднього етапу ($e-1$), який зумовив вибір можливих варіантів усіх розглядуваних чинників даного етапу проектування, вигляду $\langle Y_{e-1}, X_e \rangle = Y_e$.

Розробка ТПС характеризується великою кількістю задач і багатоваріантністю рішень щодо кожної із них. Структурування процесу полягає в розкладенні процесу проектування на ряд послідовно стикованих процесів цілеспрямованої переробки всієї інформації, заданої входами системи синтезу ТПС, створює умови отримання шуканого проектного рішення в прийнятні терміни. До таких функціонально завершених процесів (блоків) проектування - етапів можуть бути віднесені такі: розробка технології послідовного складання (схеми складання) - Ps ; розробка технології послідовно паралельного складання - Pt ; розробка технологічного комплексу складання - Pk та ін.

Таке розкладення на блоки обґрунтоване наступним.

1. Входи "Модель ТПС" і "Чинники" включають автономні інформаційні одиниці - "Модель СИ" і "Режими", дані яких використовуються тільки при рішенні задач блоку Ps : декомпозиція СВ, виявлення базової деталі, генерування реалізуємих, допустимих і домінуючих послідовностей складання, розрахунок режимів та норм часу виконання операцій диференційованого складання.

2. Virішення задач блоку Pt : структуризація ТПС зі встановленням раціонального ступеня концентрації та диференційованні операцій, вибір основного і допоміжного обладнання, балансування операцій, спрямоване на забезпечення технологічної добротності ТПС.

3. Тільки після вирішення специфічних задач блоку Pt можна стверджувати, що розроблений ТПС гарантує досягнення екстремального значення критерію оптимальності в умовах забезпечення необхідного рівня експлуатаційної надійності.

Процес проектування для кожного з блоків формується двома фазами: структурного синтезу Ps_s , Pt_s , Pk_s і параметричного синтезу - Ps_p , Pt_p , Pk_p . Відповідно, кожний блок може включати кілька послідовних етапів структурного синтезу і завершальний етап параметричного синтезу. На етапах параметричного синтезу перших двох блоків формуються тільки

рішення-лідери і тільки на заключному етапі Π_k - оптимальне за заданим критерієм рішення.

Таке розкладення процесу синтезу забезпечує йому рекурентний характер, особливості якого полягають у наступному: 1. Вирішення задачі синтезу ТПС ведеться поблочно, таким чином, що вирішення кожного наступного блоку являє собою комбінацію рішень-лідерів попереднього блоку і одного з наборів варіантів чинників, розглянутих на поточному етапі проектування. Вирішення кожного з наступних етапів структурного синтезу є комбінацією одного з отриманих і невідсіяних рішень попереднього етапу і одного набору чинників, розглянутих на даному етапі. 2. Всі раніше прийняті, в тому числі і до початку проектування, рішення зумовлюють склад чинників і набори їх можливих варіантів, що підлягають розгляду в кожному блоці (етапі). 3. У процесі синтезу відбувається нарощування апріорної інформації за рахунок того, що рішення, прийняті на попередньому етапі, вводяться в склад наступного і, таким чином, відбувається розвиток початкових умов в процесі синтезу.

У свою чергу, кожний e -тий етап $\Pi_e (\Pi_{s_{sc}}, \Pi_{s_{pe}})$ розбивається на Φ_{e-1} паралельних підпроцесів $\Pi_{e,\varphi_{e-1}}$, у кожному з яких проробляється φ_{e-1} -е рішення $\underline{Y}_{e-1,\varphi_{e-1}}, \varphi_{e-1} = 1, 2, \dots, \Phi_{e-1}$, попереднього етапу. Кожному φ_{e-1} підпроцесу $\Pi_{e,\varphi_{e-1}}$ передують процес $\Pi_{e,\varphi_{e-1}}^0$ підготовки вхідної інформації, необхідної і достатньої для даного підпроцесу. Інформація, пов'язана з рішенням $\underline{Y}_{e-1,\varphi_{e-1}} \in Y_{e-1}$ попереднього ($e-1$)-го етапу переробляється тільки в процесі $\Pi_{e,\varphi_{e-1}}^0$ і $\Pi_{e,\varphi_{e-1}}$.

Процес $\Pi_{e,\varphi_{e-1}}^0$ полягає у: 1) розширенні початкових умов ($e-1$)-го етапу за рахунок входу в них розглядуваного рішення $\underline{Y}_{e-1,\varphi_{e-1}}$ і трансформації або деталізації кінцевих умов; 2) формуванні множин $X_{e-1,\varphi_{e-1}i}, i = 1, 2, \dots, n_e$.

Кожний φ_{e-1} підпроцес e -го етапу складається з процесів: 1) знаходження за граничними умовами всіх допустимих варіантів усіх чинників $-\Pi_e^1$; 2) знаходження всіх рішень, можливих за заданих початкових умов і за прийнятих наборів усіх можливих варіантів усіх розглядуваних чинників $-\Pi_e^2$; 3) знаходження результатуючих рішень по кінцевих умовах $-\Pi_e^3$.

Елементарною структурною одиницею процесу синтезу є процедури. Кожний з процесів $\Pi_{s_{sc}}^1, \Pi_{s_{sc}}^2, \Pi_{s_{sc}}^3$ кожного φ_{e-1} підпроцесу кожної e -ої фази проектування ТПС складається з логічних процедур синтезу, призначених для генерування нових предметів проектування, логічних процедур аналізу, за допомогою яких здійснюється дихотомічне розбиття та відбір придатних для подальшого опрацювання рішень і арифметичних процедур, призначених для

знаходження значень критеріїв якості розглядуваних рішень. Оскільки кожний підпроцес $\Pi_{e, \varphi_{e-1}}$ представлено набором означених процедур, то на кожній фазі синтезу ТПС забезпечується повнота опрацювання кожного з прийнятих на попередній фазі рішень. Розробка формальних процедур (логічного аналізу, синтезу, арифметичних) переробки інформації відповідно до розглянутої вище структури синтезу можлива тільки на основі вивчення властивостей і відношень між вхідними і одержуваними у процесі проектування предметами синтезу.

Якісні та кількісні властивості будь-якого з предметів синтезу A (чинники, кортежі чинників, варіанти або кортежі варіантів чинників, рішення) у загальному випадку описуються набором значень u цих властивостей, і представляються набором i -мірного вектора $\langle Z_1(A), Z_2(A), \dots, Z_u(A) \rangle$, де $Z_v(A)$, $v \in \{1, 2, \dots, u\}$ - значення v -ї властивості, що описує розглядуваний предмет. Подання будь-якого значення розглядуваної властивості у вигляді комбінації одномісних предикатів з числом подвійних розрядів $k_\xi = E \lfloor \log_2(m_\xi - 1) \rfloor + 1$, де m_ξ - кількість властивостей, які розглядаються, дозволяє формувати процедури аналізу значень будь-яких властивостей будь-яких предметів синтезу, використовуючи для цього закони алгебри та логіки висловлювань.

Відношення всіх предметів синтезу ТПС одного роду або вигляду альтернативні, тобто в кожному кортежі може бути використаний тільки один варіант кожного з розглянутих чинників, а в кожному рішенні наступного етапу - тільки одне рішення етапу попереднього. Множині предметів синтезу притаманні також: 1) відношення сполучуваності у вигляді кортежу; 2) шукані відношення. Відношення сполучуваності поширюються: а) на всі варіанти усіх чинників, розглядуваних у даному φ_{e-1} підпроцесі e -ої фази синтезу, б) на рішення, які зумовили усі можливі варіанти всіх чинників, розглядуваних у даному φ_{e-1} підпроцесі e -ої фази, і на кожен із усіх кортежів варіантів чинників (визначених відповідно до а). До цих відношень належать: 1) відношення конкурентноспроможності рішення $\underline{Y}_{e\varphi_{e-1}\alpha}$ до рішення $\underline{Y}_{e\varphi_{e-1}\beta}$ за значенням критерію ефективності або вартості; 2) відношення переваги одного рішення над іншим за значенням критерію оптимальності.

Переробка інформації про предмети синтезу здійснюється за допомогою логіко-математичних моделей, що представляються початковими, граничними і кінцевими умовами. В узагальненій формі ці умови регламентують виконання таких проектних дій.

Початкові умови визначають форму подання початкового рішення \underline{Y}_0 , що вибирається до початку синтезу, і значення притаманних йому властивостей або рішення $\underline{Y}_{e-1, \varphi_{e-1}}$, отриманого в φ_{e-1} підпроцесі e -ої фази

синтезу. При цьому рішення \underline{Y}_0 являє собою або сукупність варіантів початкових чинників, кожен з яких описується вектором властивостей $Z(\underline{Y}_0)$ або сукупністю параметрів усіх початкових чинників (технологічних, організаційно-технічних, економічних).

Граничні умови в явному або побічному вигляді обмежують область пошуку при синтезі варіантів чинників, що вибираються, або їх кортежів. За допомогою граничних умов 1-го рівня виділяються всі можливі варіанти кожного із окремо розглядуваних чинників, а також допустимі множини всіх варіантів кожного і чинників. Істинність простого висловлювання про припустимість варіанту чинника по граничній умові вноситься внаслідок порівняння значення $Z_{v_{xi}}(X_{\text{сф}_{t-1}ij})$ властивості $Z_{v_{xi}}$, що аналізується, даного варіанту чинника $(X_{\text{сф}_{t-1}ij})$ і парою значень Z_{vi} цієї властивості, заданих граничними умовами 1-го рівня. За допомогою граничних умов 2-го рівня на безлічі всіх кортежів усіх допустимих варіантів усіх чинників даного процесу синтезу визначаються множини всіх технічно можливих кортежів допустимих варіантів усіх цих чинників. Обмеження на спільну застосовуваність варіантів різноманітних чинників в основі одного кортежу мають в цілому евристичний характер і відбивають умови сполучання деталей в СИ; технологічних прийомів; апаратних засобів технологічних складальних комплексів, за допомогою яких реалізується складання. Граничні умови 2-го рівня в дедуктивній інтерпретації прийомів технологічного проєктування представляються істиноносними висловлюваннями $h_{\Phi_{e-1} v_x}$, які є умовами спільного застосування варіантів розглядуваних чинників Φ_{e-1} -го підпроцесу e -ої фази синтезу, а кон'юнкція цих висловлювань задає описом множини $X_{\text{сф}_{e-1}}^{\text{IV}} \subseteq X_{\text{сф}_{e-1}}^{\text{III}}$ всіх технічно можливих кортежів

$$X_{\text{сф}_{e-1}}^{\text{IV}} = \left\{ \underline{X}_{\text{сф}_{e-1}}; \underline{X}_{\text{сф}_{e-1}} \in X_{\text{сф}_{e-1}}^{\text{III}} \wedge_{v_x=1,2,\dots,N_x} h_{\Phi_{e-1} v_x} \right\}.$$

Кінцеві умови регламентують вимоги до техніко-економічного рівня ТПС і його ефективності. За допомогою граничних умов 1-го рівня на безлічі всіх можливих рішень $\underline{Y}_{\text{сф}_{e-1}}^{\text{II}}$ виділяється безліч рішень допустимих за значеннями усіх часткових критеріїв кількості $\underline{Y}_{\text{сф}_{e-1}}^{\text{I}}$. Ці умови задають правила змістовного визначення істинності кожного з усіх простих висловлювань, а також складного висловлювання. Змістове судження про істинність простого висловлювання здійснюється в результаті зіставлення значення $Z_{v_j}(\underline{Y}_{\text{сф}_{e-1}\Phi})$ власного критерію якості, який аналізується та який описує рішення $\underline{Y}_{\text{сф}_{e-1}\Phi}$ та порогового (еталонного) значення Z_{vi} цього

критерію, заданого кінцевими умовами 1-го рівня. Кінцеві умови 2-го рівня призначені для знаходження на множині рішень $Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{II}}$ безлічі всіх домінуючих рішень $Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{III}}$. Для цього розглядаються змістовні судження про істинність висловлювань конкурентноспроможності рішення $Y_{\text{еф}_{e-1}\alpha}$ стосовно до рішення $Y_{\text{еф}_{e-1}\beta}$ на основі, наприклад, критеріїв ефективності Ξ і собівартості C . Безліч усіх домінуючих рішень задається формулою

$$Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{III}} = \{Y_{\text{еф}_{e-1}\alpha} : Y_{\text{еф}_{e-1}\alpha}, Y_{\text{еф}_{e-1}\beta} \in Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{II}}, \alpha \neq \beta, \Xi(Y_{\text{еф}_{e-1}\alpha}) > \Xi(Y_{\text{еф}_{e-1}\beta}), C(Y_{\text{еф}_{e-1}\alpha}) < C(Y_{\text{еф}_{e-1}\beta})\}.$$

За допомогою кінцевих умов 3-го рівня на множині $Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{III}}$ виділяється безліч рішень, які задовольняють за значенням критерію оптимальності, у ролі якого найчастіше розглядається величина наведених витрат, пов'язаних із випуском (складанням) одиниці продукції. При цьому віднесення розглядуваного рішення до безлічі рішень $Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{IV}}$, які задовольняють за критерієм оптимальності, проводиться порівнянням значення цього критерію $Z_{\text{ну}_{e+1}}(Y_{\text{еф}_{e-1}\varphi})$ для рішення $Y_{\text{еф}_{e-1}\varphi}$ порогового (еталонного) значення властивості по кінцевих умовах. Граничні умови 4-го рівня призначені для знаходження на множині $Y_{\text{е}}^{\text{IV}} = \bigcup_{\varphi_{e-1} \in F_{e-1}} Y_{\text{еф}_{e-1}}^{\text{IV}}$ усіх задовільних рішень усіх

F_{e-1} підпроцесів e -ої фази синтезу відношення переваги за критерієм оптимальності та, тим самим, виявлення найкращого і підоптимального або групи рішень-лідерів.

Аналіз предметів синтезу на відповідність значень їх властивостей граничним або кінцевим умовам у кожній з логічних процедур типу "Аналіз" супроводжується дихотомічним поділом предметів синтезу на дві підмножини, що не перетинаються: 1) клас придатних предметів, що використовується для подальшого розгляду; і 2) клас непридатних предметів, що вилучається з подальшого розгляду.

У роботі наведено формально-логічне обґрунтування викладених вище основних положень, які визначають технологію послідовної переробки вхідної інформації про предмети синтезу. Формалізація описової теорії в цьому випадку припускає вибір логіко-математичної мови, формули якої висловлюють судження і відношення розглядуваної теорії. Як символічне обчислення використано обчислення предикатів і обчислення висловлювань, а логіко-математична мова задана сигнатурою наступних 4-х типів множин:

- множин сортів об'єктів;
- множин предметних констант;
- множин функціональних символів;

- множин педікантних символів.

Змістовні аксіоми при цьому у формалізованому вигляді описують основні етапи процесу переробки інформації. Наприклад, аксіома

$$\begin{aligned} & \bigwedge_{i \in I_e} ((\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{II}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^I) \Rightarrow (\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{I}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^I)) \wedge \\ & \wedge ((\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{III}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) \Rightarrow \bigwedge_{i \in I_e} (\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{II}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^I)) \wedge \\ & \wedge ((\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{IV}}) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{IV}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{IV}}) \Rightarrow (\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{III}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}})) \wedge \\ & \wedge ((\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{I}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) \Rightarrow (\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{IV}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}})) \wedge \\ & \wedge ((\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{II}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) \Rightarrow (\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{I}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^I)) \wedge \\ & \wedge ((\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{II}}) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{III}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{II}}) \Rightarrow (\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{II}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^I)) \wedge \\ & \wedge ((\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{IV}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) \Rightarrow (\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{II}}) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{III}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{II}})) \wedge \\ & \wedge ((\exists Y_e^{\text{IV}}) P_y^{\text{V}}(Y_e^{\text{IV}}) \Rightarrow (\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{IV}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}})) \wedge \\ & \wedge ((\exists Y_e^{\text{IV}}) P_y^{\text{V}}(Y_e^{\text{IV}})). \end{aligned}$$

описує ланцюжок причинно-наслідкових зв'язків між предметами синтезу і таким чином визначає структуру уніфікованого підпроцесу синтезу, який складається з $ne+5$ процедур типу "Аналіз" і 2 процедур типу "Синтез". Останні в наведеній вище аксіомній схемі задаються імплікаціями виду

$$\begin{aligned} & (\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{III}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) \rightarrow \bigwedge_{i \in I_e} (\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{II}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^I), \\ & (\exists Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) P_{\text{yf}_{e-1}}^{\text{I}}(Y_{\text{ef}_{e-1}}^I) \\ & (\exists X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) P_{\text{xf}_{e-1}}^{\text{IV}}(X_{\text{ef}_{e-1}}^{\text{III}}) \end{aligned}$$

Послідовні процедури одного підпроцесу можуть суміщатися в різноманітних комбінаціях, деякі з процедур можуть не використовуватися.

Знаходження предметів шуканого класу при виконанні логічних процедур типу "Синтез" здійснюється найчастіше з використанням табличних засобів, які являють собою об'єднання предметно-параметричних таблиць із засобами арифметичної обробки інформації за допомогою таблиць рішень. Описана методика та наведені приклади знаходження предметів цього класу за результатами: 1) зіставлення властивостей предметів з їх еталонними значеннями; 2) виявлення заданого відношення предмета, який розглядається, до інших.

У тих випадках, коли обмеження на спільне використання предметів синтезу представлені граничними умовами у вигляді логіко-математичних моделей, застосовуються безтабличні засоби, що виключають повний перебір предметів синтезу вхідного класу. У багатьох випадках використання цього методу дозволяє в одній процедурі поєднати аналіз і синтез відповідних рішень, що і показано на прикладі формалізованої процедури проектування послідовностей складання, що реалізуються.

Параметрична оцінка властивостей, що застосовуються в ході проектування рішень, здійснюється за допомогою арифметичних процедур. Показані методологія, алгоритми арифметичних процедур визначення силових параметрів, норм часу та режимів основних типів складальних процесів. Одержувані дані використовуються при рішенні проектних задач блоку II.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. У результаті проведених теоретичних досліджень проблеми низхідного синтезу ТПС, з урахуванням основних положень системного підходу, сформульовані основні задачі дослідження, які полягають у розробці та теоретичному обґрунтуванні структури формалізованого синтезу, у виділенні типових проектних процедур прийняття рішень, в диференціації останніх до елементарних процедур, у розробці формальних засобів їх рішення.

2. На основі аналізу евристичних прийомів проектування розроблена форма подання вхідних даних для синтезу ТПС входами: 1) "Чинники", в якому зосереджені дані про вхідні предмети синтезу та їх властивості, і 2) "Модель ТПС", у якій мета проектування представлена початковими, граничними і кінцевими умовами.

3. На основі вивчення взаємодії інформаційних потоків про предмети синтезу (чинниках, рішеннях) встановлені: 1) форма подання якісних і кількісних властивостей предметів синтезу n -мірними векторами, які описуються одномісними предикатами, що створює умови для аналізу цих властивостей за допомогою алгебри логіки висловлювань; 2) відношення між предметами синтезу, що створює передумови для формалізації умов переробки інформації в процесі проектування.

4. З позицій системного підходу до розробки складних систем інформаційної природи запропонована узагальнена структура синтезу ТПС, основною функціональною ланкою якої є типовий підпроцес переробки рішень, прийнятих на етапі, що передує проектування.

Типовий підпроцес може бути уявлений послідовним ланцюжком процедур вихід кожної попередньої з яких є входом в наступну.

5. На основі положень теорії множин, обчислення предикатів, обчислення висловлювань обґрунтовані: структура процесу прийняття рішень

в уніфікованому підпроцесі, у відповідності з якою підпроцес складається з $n+5$ логічних процедур синтезу і двох логічних процедур аналізу рішень і декількох арифметичних процедур параметричної оцінки якості рішень, що аналізуються.

6. Обґрунтовані і показані формальні засоби виконання логічних процедур аналізу і синтезу предметів цих класів, об'єднаних процедур аналізу і синтезу, що виражаються залежністю в термінах обчислення висловлювань, використання яких знижує трудомісткість прийняття рішень.

7. Розроблені алгоритми та ПМО розрахунків за допомогою ПЕОМ режимів та норм часу диференційованих операцій складання, які використовують у блоці технології проектування послідовно-паралельного складання.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНИЙ У НАСТУПНИХ РОБОТАХ:

1. А. Зенкин, Ю. Зак, Хадам Резк, Мохамед Касим Альгази, Н. Козелло. Разработка математических моделей оптимизации синхронных конвейеров сборки изделий машиностроения // Інформація та нові технології.-1995.-№2.- С.22-24.

2. Давигора В.М., Гайовий П.М., Зенкін А.С., Хадам Резк. Вибір базової деталі при синтезі технологічного процесу складання // Експрес-новини: наука, техніка, виробництво.- 1997.- № 7-8.- С.6.

3. Давигора В.М., Гайовий П.М., Зенкін А.С., Хадам Резк. Алгоритм вибору базової деталі складальної одиниці // Експрес-новини: наука, техніка, виробництво.- 1997.- № 7-8.- С.7.

4. Зенкин А.С., Блохин Л.А., Юсеф Абдул Халек, Хадам Резк. Допустимые технологические решения задачи оптимизации синхронных конвейеров // Современные технологии машиностроения. Прогрессивные методики викладання у вузі: Тематичний збірник наукових статей.- Київ.: ІСМО. Суми. -1997. Вип 1.- С.19-25.

5. Зенкин А.С., Блохин Л.А., Хадам Резк, Юсеф Абдул Халек, Козелло Н.Л. Решение некоторых технологических задач при проектировании синхронных конвейеров // Труды 1-й научно-практической конференции «Современная контрольно-испытательная техника промышленных изделий и их сертификация». Том.1.- Мукачево 12-16 мая 1997.-С.270-273.

6. Зенкин А.С., Хадам Резк, Козелло Н.Л. Компьютерное моделирование технологических процессов автоматической сборки // Труды конф. « Проблемы и перспективы развития сертификации промышленной продукции».- п.Сколе. - 1996.- С.9.

7. Комплексные методы оценки качества, конкурентоспособности и технологичности изделий в условиях рыночной экономики / Зенкин А.С., Зак

Ю.А., Козелло Н.Л., Хадам Резк, Аль Клуб Ваиль.: Государственная академия легкой промышленности Украины.- Киев, 1995.- 20 с. - Рус.- Деп.в ГНТБ Украины 25.01.95, № 250 - Укр95.

8. Хадам Резк, Козелло Н.Л., Зак Ю.А., Шляхи оптимального балансування механо-складальних конвеєрних ліній. // Труды Научно-практичної конференції професорсько-викладацького складу, присвячена 65-річчю заснування академії легкої промисловості України.- Київ.- 1995.- С.25.

9. Хадам Резк, Н.Л.Козелло. Математичні та інформаційні моделі процесів технологічної підготовки складального виробництва // Збірник наукових праць молодих вчених та студентів (частина 2).- Київ: ДАЛІПУ.- 1995.- С. 27.

Резк Кассм Ахмад Аль Хадам. Формалізація процесу технологічного проектування роботизованого складання. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02. 08 - технологія машинобудування. - Національний технічний університет України (КПІ), Київ, 1997г.

Дисертація присвячена питанню дослідження шляхів підвищення якості, зниження трудомісткості та вартості проектування технологічних процесів гнучкого автоматизованого складання за рахунок вдосконалення наявних та розробки нових інформаційних, логіко-математичних та арифметичних моделей синтезу технології складання. Встановлена та обґрунтована структура проектування, досліджені закономірності відбору та форми надання інформації для кожного етапу проектування. Розроблені логіко-математичні моделі процедур, що уніфікованих процедур синтезу та аналізу проектних рішень. Запропонована та обґрунтована типова структура етапів, процесів та підпроцесів синтезу. Розроблені алгоритми та програмне забезпечення арифметичних процедур розрахунків режимів складання.

Ключові слова: складання, модель, інформаційні потоки, технологічні системи, засоби низхідного проектування.

Резк Кассм Ахмад Аль Хадам. Формализация процесса технологического проектирования роботизированной сборки. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - технология машиностроения.- Национальный технический университет Украины (КПИ), Киев, 1997г.

Диссертация посвящена вопросу изыскания путей повышения качества, снижения трудоемкости и стоимости проектирования технологических процессов гибкой автоматизированной сборки за счет совершенствования имеющихся и разработки новых информационных, логико-математических и арифметических моделей синтеза технологии сборки. Установлена и

обоснована структура проектирования, исследованы закономерности отбора и формы представления информации для каждого этапа проектирования. Разработаны логико-математические модели унифицированных процедур синтеза и анализа проектных решений. Предложена и обоснована типовая структура этапов, процессов и подпроцессов синтеза. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение арифметических процедур расчета режимов сборки.

Ключевые слова: сборка, модель, информационные потоки, технологические системы, методы нисходящего проектирования.

Rezk Kassm Ahmad Al Khadam. Formalization of technological projecting of robotised assembling process. - Manuscript.

Thesis for scientific degree of the Candidate of technical sciences in speciality 05.02.08. - machine-building technology. - National Technical University of Ukraine (KPI), Kiev, 1997.

Thesis is devoted to the question of investigation of the quality increase ways, decrease of laboriousness and cost of projecting the technological processes during flexible automated assembling for the account of modernisation of the those already available and elaboration of the new in information, logic-mathematics and arithmetic synthesis models of assembling technology. The structure of projecting is established and substantiated, conformity of natural laws and forms of presentation of information are offered for each stage of projecting. Logic-mathematics models of the unified procedures of synthesis and analysis of project solutions are elaborated. Typical structure of the stages, processes and subprocesses of synthesis is offered. Algorithms and programme supply of arithmetic procedures for calculation of assembling regimes are elaborated.

Key words: assembling, model, information streams, technological systems, methods of descending projectin.

855.22 аА

Підп. до друку 17.12.97р. Формат 60x84 1/16. Папір
друк.МІ. Друк офсетний. Умовн.др.арк.1,16. Умовн.фарбо-відб. 1,27.
Облік.-вид.арк. 0,91. Зам. № 598.Тираж 100. Безкоштовно.

Дільниця оперативної поліграфії при Державній академії
легкої промисловості України.

252011, Київ-11, вул.Немировича-Данченко, 2.

855.222

431784

AB 39.238