

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

ГАМАЮН Ігор Петрович

УДК 519.8:681.518

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АДАПТИВНОГО СИНТЕЗУ
ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ СКЛАДАННЯ**

05.13.06 – Автоматизовані системи управління
та прогресивні інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 2005

Дисертація є рукопис

Роботу виконано в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор **Годлевський Михайло Дмитрович**, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор **Ходаков Віктор Єгорович**, Херсонський національний технічний університет, завідувач кафедри інформаційних технологій, заслужений діяч науки і техніки України;

доктор технічних наук, професор **Левикін Віктор Макарович**, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри інформаційно-управляючих систем;

доктор технічних наук, професор **Федорович Олег Євгенович**, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “ХАІ”, завідувач кафедри інформаційно-управляючих систем.

Провідна установа – Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Захист відбудеться “9” червня 2005 р. о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків-2, вул. Фрунзе 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків-2, вул. Фрунзе 21.

Автореферат розісланий “5” травня 2005 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О.Є. Голоскоков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Побудова сучасної інформаційної спільноти вимагає розробку, впровадження і використання нових інтелектуальних інформаційних технологій (ІТ), що забезпечують високий рівень підтримки прийняття ефективних рішень у різних напрямках діяльності людини.

В одному з головних для України напрямку – управлінні складними технологічними процесами, промисловими, військовими, космічними об'єктами використовуються ІТ типу CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support), які забезпечують неперервну взаємодію і підтримку життєвого циклу виробу (ЖЦВ).

Базовими принципами CALS передбачається неперервне удосконалення процесів на стадіях ЖЦВ – розробки, виробництва, експлуатації, модернізації, утилізації, що пов'язується з необхідністю підвищення якості системних рішень, що готуються і приймаються в результаті функціонування відповідних автоматизованих систем.

Ефективність функціонування автоматизованих систем і їх функціональних підсистем суттєво визначається інтелектуальною складовою ІТ – інформаційними ресурсами (ІР) і інструментальними засобами (ІЗ), що створюються на основі теорії системного аналізу, дослідження операцій, математичної логіки, теорії прийняття рішень, теорії адаптивних систем, в досягнення яких значний внесок зробили В. М. Глушков, В. С. Михалевич, І. В. Сергієнко, В. І. Кунцевич, М. З. Згуровський, В. І. Скуріхін, Н. М. Моїсєєв, Я. З. Ципкін, М. Месарович, Дж. Клір, Дж. Ван Гіг та ін.

CALS – технологією на основі стандартизації методів представлення даних, створювання інтегрованого інформаційного середовища забезпечується електронний обмін інформацією на стадіях ЖЦВ, що дозволяє досягти високого рівня оперативності і достовірності підтримки прийняття системних рішень. Тому подальше підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем, що використовуються CALS – технологією і розглядаються як органи управління, пов'язується з підвищенням рівня обґрунтованості підготовки і прийняття системних рішень.

До використовуємих в CALS – технології відноситься функціональна підсистема автоматизованого аналізу конструкцій виробів машинобудування, приладобудування, які є системними технічними об'єктами складання (СТОС), і відроблення їх на технологічність. Ця функціональна підсистема, що далі називається „Підсистема”, належить автоматизованій системі технологічній підготовки складального виробництва (АСТПСВ) інтегрованого виробничого комплексу (ІВК). Результати її функціонування, що отримуються шляхом реалізації укладених однієї в іншу процедур аналізу, параметричного, структурного синтезу СТОС, модернізації

конструкції і корекції технічного завдання, мають системний характер, оскільки відносяться до усіх стадій життєвого циклу СТОС (ЖЦ СТОС).

Згідно сучасної парадигми „виріб – технологія - виробництво”, функціонування „Підсистеми” забезпечується тими ІР і ІЗ (експертна система DFMA - конструювання для складання; АМЕ - метод оцінки придатності для складання та ін.), які на основі взаємопов’язаної реалізації процедур аналізу, параметричного, структурного синтезу і модифікації конструкції дозволяють удосконалити конструкцію СТОС з урахуванням характеристик його складання.

Аналіз вказує, що подальше підвищення ефективності функціонування „Підсистеми” пов’язується з підвищенням рівня обґрунтовності рішень відносно іншої складової технологічності СТОС – технологічності структури СТОС на різних стадіях ЖЦ СТОС. Сучасний, недостатньо високий рівень визначається малою кількістю альтернатив у вигляді варіантів структур СТОС, що отримуються як результат реалізації процедури структурного синтезу лише на основі знань, досвіду і інтуїції фахівців.

По фактору „кількість альтернатив, що досліджуються в процесі вироблення рішення” найбільш високий рівень обґрунтовності рішення досягається на основі формування повної множини альтернатив. З урахуванням цього і результатів аналізу ефективності функціонування „Підсистеми”, актуальною є проблема розробки формальних засобів, які, доповнюючи існуючі ІР та ІЗ і реалізуючи процедуру структурного синтезу, дозволяють сформуванню повну множину варіантів структур СТОС адаптовану до варіанту конструкції СТОС. Ця множина є основою для постановки задач структурної оптимізації по визначенню технологічних структур СТОС для кожної стадії ЖЦ СТОС.

На стадії виробництва для постановки задачі структурної оптимізації по визначенню технологічної структури СТОС використовується поняття технологічної схеми складання системного технічного об’єкту (ТСС СТО), яка показує порядок введення в складальний процес структурних елементів варіантів структури СТОС. ТСС СТО відображує реалізацію організаційних принципів побудови процесів складання (паралельність, пропорціональність та ін.), які суттєво впливають на основні на стадії виробництва показники якості – довготривалість циклу складання та витрати ресурсів на реалізацію складання по варіантам ТСС СТО.

В дисертаційній роботі вирішується проблема розробки формальних засобів, що створюють інтелектуальну основу ІТ адаптивного синтезу оптимальної ТСС СТО, застосування якої забезпечує підвищення ефективності процесу функціонування „Підсистеми”.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась в межах НДР, здійснюваних у 2000-2004 роках у Національному технічному університеті „Харківський політехнічний інститут” на кафедрі автоматизованих систем управління у відповідності до планів держбюджетних НДР Міністерства освіти і науки України: № ДР

0100U001670 „Розвиток прикладних аспектів методології системного підходу для автоматизованого аналізу та синтезу складних систем з використанням прогресивних інформаційних технологій”, № ДР 0103U001543 „Розробка інформаційних моделей для реалізації процедур структурного синтезу в комп’ютерно-інтегрованих системах”. Ці роботи, в яких здобувач був відповідальним виконавцем, виконувались згідно пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки України „Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації, системи зв’язку”, „Нові комп’ютерні засоби та технології інформатизації суспільства”.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей і методів, що складають інтелектуальну основу ІТ адаптивного синтезу оптимальних ТСС СТО, використання якої в межах ІТ типу CALS забезпечує реалізацію концепції підвищення ефективності функціонування „Підсистеми” за рахунок підвищення рівня обґрунтовності рішень, що приймаються при відробленні СТОС на технологічність структури.

Мета досягається рішенням наступних задач дослідження:

- розробкою адаптованої до розглядаємого варіанту конструкції математичної моделі СТОС і автоматизованої процедури її формування, що виконує функцію адаптера;
- формалізацією процедури формування поелементних послідовностей розкладання – складання СТОС з урахуванням вимог доступу та базування;
- розробкою комбінаторного методу побудови генеральної множини підсистем СТОС;
- розробкою методу формування повної множини варіантів структур СТОС і відповідних їм варіантів ТСС СТО;
- розробкою імітаційної моделі реалізації процесу створення СТОС по варіантам ТСС СТО, що дозволяє отримати кількісні оцінки варіантів по заданим локальним критеріям оптимальності – довготривалості процесу складання і витрат ресурсів на реалізацію процесу по варіантах ТСС СТО;
- розробкою методу визначення кращого варіанту ТСС СТО на множенні їх альтернатив в просторі значень локальних критеріїв за обраною схемою компромісу.

Об’єктом дослідження є ефективність процесу функціонування „Підсистеми”.

Предметом дослідження є формальні засоби для адаптованого синтезу оптимальних ТСС СТО, використання яких підвищує рівень обґрунтовності рішень в „Підсистеми” при автоматизованому відробленні СТОС на технологічність структури.

Методи дослідження. Для рішення задач дослідження використовуються методи теорії системного аналізу, алгебри логіки, дослідження операції й теорії прийняття рішень. При цьому методи теорії системного аналізу і алгебри логіки використовуються в головному для рішення задач дослідження пов’язаннях з розробкою математичної моделі СТОС і комбінаторного методу

побудови генеральної множини підсистем СТОС; методи дослідження операцій використовуються при формалізації процедури формування поелементних послідовностей розкладання – складання СТОС і при розробці методу формування повної множини варіантів структур СТОС і відповідних їм варіантів ТСС СТО; методи теорії прийняття рішень використовуються при розробці імітаційної моделі реалізації процесу створення СТОС по варіантам ТСС СТО, що дозволяє отримати кількісні оцінки варіантів по заданим критеріям оптимальності, порівняння яких при обраній схемі компромісу визначає ліпший варіант.

Наукова новизна роботи полягає в рішенні важливої науково-практичної проблеми розробки інтелектуальної основи ІТ, яка забезпечує в циклі функціонування „Підсистеми” реалізацію процедури структурної оптимізації, що підвищує ефективність функціонування „Підсистеми” за рахунок зростання рівня обґрунтованості готуємих рішень при визначенні технологічної структури СТОС на стадії виробництва.

При цьому до основних наукових результатів відносяться:

- вперше для проведення структурних досліджень розроблена адаптована до варіанту конструкції СТОС його математична модель у вигляді кортежу з множини елементів СТОС і відношень, що відображують обмежувальні зв'язки типу фіксоване та нефіксоване сполучення між елементами, які виявляються за допомогою автоматизованої процедури, що виконує функцію адаптера між складальним кресленням і моделлю, що формується;

- отримали подальший розвиток методи автоматизованого формування поелементних послідовностей розкладання – складання СТОС, що виражається у формалізації аналізу відношень між елементами СТОС в окремих координатних напрямках трьохвимірного простору і їх різних сполученнях з урахуванням конструктивно – технологічних вимог доступу та базування;

- вперше розроблено метод рішення NP - повної задачі формування генеральної множини підсистем СТОС, що включає алгебологічні формалізовані правила (FR) створення підсистем з урахуванням обмежувальних зв'язків типу фіксоване і нефіксоване сполучення між елементами та комбінаторну процедуру породження перспективних сполучень елементів СТОС, які перевіряються на відповідність FR;

- вперше розроблено метод формування повної множини варіантів структур СТОС і відповідних їм варіантів ТСС СТО, що включає теоретично обґрунтовані правила створення з генеральної множини вибірок підсистем, розподіл яких по рівням ієрархії дозволяє отримати альтернативні варіанти структур СТОС встановленого виду, і процедуру перетворення кожного варіанту структури СТОС в альтернативні варіанти ТСС СТО;

- вперше на основі апарату сіток Петрі розроблені імітаційні моделі процесу створення СТОС по варіантам ТСС СТО, за допомогою яких здійснюється оцінка цих варіантів на основі двох

головних для стадії виробництва критеріїв оптимальності – довготривалості циклу складання і витрати ресурсів;

- отримали подальший розвиток методи багатокритеріальної оптимізації, що виражається у використанні зовнішньої для задачі, що вирішується, інформації – даних о серійності виробництва, що дозволяє структурувати область можливих альтернатив у просторі значень локальних критеріїв і тому зменшити кількість дискретних альтернатив, що оцінюються при визначені найкращої.

Практичне значення отриманих в дисертації результатів полягає в можливості створення на їх основі ІТ, реалізація якої в рамках ІТ типу CALS через відповідний програмно – методичний комплекс дозволяє:

- підвищити ступінь автоматизації технологічної підготовки складального виробництва машинобудування і приладобудування за рахунок автоматизації процедури структурного синтезу при відробленні на технологічність структури СТООС;

- підвищити ефективність функціонування „Підсистеми” як органу управління на основі поліпшення основних характеристик функціонування – оперативності, достовірності і обґрунтованості;

- сформулювати адаптовану до конструкції СТООС повну множину варіантів структур СТООС і відповідних ТСС СТОО, системність якої виявляється в можливості постановки на її основі задач структурної оптимізації на усіх стадіях ЖЦВ;

- визначити варіант ТСС СТОО, який є оптимальним на стадії виробництва з точки зору мінімізації узагальненого критерію, що формується на основі локальних критеріїв – довготривалості циклу складання й витрат ресурсів.

Теоретичні й практичні результати дисертаційної роботи використовуються для модернізації автоматизованої системи технологічної підготовки складального виробництва таких машинобудівних і приладобудівних підприємств як ВАТ „Харківський тракторний завод” (акт про впровадження від 07.07.2000), Харківський машинобудівний завод „ФЕД” (акт про впровадження від 23.06.2002), Державне підприємство „Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування” (акт про впровадження від 23.06.2002), Державне підприємство „Завод імені Малишева” (акт про впровадження від 28.06.2002), Державне науково-виробниче об’єднання „Комунар” (довідка про використання від 17.03.2003), а також в навчальному процесі на кафедрі автоматизованих систем управління Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут” при підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів за спеціальностями 7.080401 „Інформаційно – управляючі системи і технології” і 7.080403 „Програмне забезпечення автоматизованих систем” (акт про впровадження від 8.02.2005).

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертацій, що виноситься на захист, одержані здобувачем самостійно. У роботах, написаних та опублікованих у співавторстві, здобувачу належать наступні результати: формалізовано обмежувальні зв'язки типу фіксоване та нефіксоване сполучення між елементами конструкцій складного виробу; розроблено процедуру виявлення відношень типу фіксоване сполучення, а також запропоновано способи використання для цієї процедури засобів AutoCAD 2000(2002); визначено множину лексикографічно упорядкованих сполучень індексів таблиць з відношеннями між елементами виробу, а також вибірки з цієї множини, на основі яких формується повна множина послідовностей розкладання-складання; розроблено базовий метод синтезу підсистем технічного об'єкту складання; на основі звичайних сіток Петрі і їх модифікацій розроблені імітаційні моделі процесу формування складного виробу з його структурних елементів; розроблено метод рішення задачі багатокритеріальної оптимізації на дискретній множині варіантів технологічних схем складання з урахуванням типу виробництва.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на: семінарі “Управление сложными технико-экономическими системами” Харьковской секции Научного Совета НАН Украины по проблеме “Кибернетика” (1990); 1-ой Всесоюзной научно-технической конференции “Прогнозирование создания гибких производственных систем и робототехнических комплексов в условиях интенсификации производства” (Харьков – Малый Маяк, 1990); Научной конференции “Автоматика, вычислительная техника и системы управления” (Габрово, Болгария, 1992); Международной научно-технической конференции “Функционально-ориентированные вычислительные системы” (Киев – Харьков, 1993); Международной научно-технической конференции “Компьютер: наука, техника, технология, образование, здоровье” (Харьков, 1993); 5-ти Международных научно-технических конференциях “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье” (Харьков, 1995, 1997, 1999, 2002, 2003); 6-ой Українській конференції з автоматичного управління “АВТОМАТИКА – 99” (Харків, 1999); Міжнародній конференції з управління “АВТОМАТИКА – 2000” (Львів, 2000); Международной научно-технической конференции “Наука и социальные проблемы общества: человек, техника, технология, окружающая среда, (Харьков, 2001); 1-ой Международной конференции по информационным системам, технологиям и их приложениям “ISTA'2001” (Харьков, 2001); Международной научно-технической конференции “Интегрированные компьютерные технологии в машиностроении (ИКТМ'2001)” (Харьков, 2001).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 35 праць: 27 статей у наукових фахових виданнях, з яких 24 у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України; 4 праці

конференції; 3 тези доповідей конференцій; 1 навчальний посібник з грифом Міністерства освіти і науки України.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел з 217 найменувань та 4-х додатків. Містить 75 рисунків, 20 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 327 сторінок, рахуючи 266 сторінок основного тексту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано її мету і задачі, які необхідно розв'язати для досягнення мети, наведено характеристику отриманих теоретичних та практичних результатів, показано особистий внесок здобувача, вказано де відбувалась апробація роботи й загальну характеристику публікацій.

У першому розділі виконано аналіз ефективності функціонування автоматизованих систем, що включаються до складу ІВК і застосовуються CALS-технологією для підготовки і прийняття рішень на стадії виробництва. Показано, що ефективне функціонування цих систем, яке оцінюється показниками ефективності виробничої діяльності, забезпечується ІР та ІЗ CALS-технології, що створюються на основі принципів спільності, системності, інваріантності, розвитку і вдосконалення, адаптивності.

Взаємодії процедур структурного синтезу – синтезу варіантів структур СТОС, модернізації конструкції, корегування технічного завдання, а також процедур аналізу і параметричного синтезу складає сутність процесу функціонування “Підсистеми”. При цьому взаємодії мають характер укладення однієї процедури у іншу.

Найбільш високий рівень обґрунтованості по фактору “кількість альтернатив” досягається на основі формування повної множини варіантів структур СТОС. Враховуючи укладення процедури синтезу структур у процедуру модифікації конструкції, повна множина варіантів структур СТОС повинна бути адаптованою до заданого варіанту конструкції. Ця множина є основою для вирішення задач структурної оптимізації по визначенню технологічних структур з урахуванням особливостей кожної стадії ЖЦ СТО.

Поставлені задачі дослідження, вирішення яких дозволяє визначити технологічну структуру СТОС на стадії виробництва. Цій структурі відповідає оптимальна ТСС СТО, що віддзеркалює реалізацію організаційних принципів побудови процесу складання, які суттєво впливають на основні для стадії виробництва показники якості – довготривалість циклу складання та витрати ресурсів на реалізацію складання по варіанту ТСС СТО.

Одержані оцінки складності задач дослідження, що пов'язуються з визначенням генеральної множини підсистем СТОС і формуванням на її основі вибірок, які дозволяють сформувати повну

множину структур СТОС і відповідну множину варіантів ТСС СТО. Оцінки показують, що в залежності від можливостей формалізації задачі належать до класу задач синтезу третього рівня складності. До цього рівня належать NP-повні комбінаторні задачі, які при існуючих технічних і програмних засобах не можуть бути вирішені шляхом повного перебору за прийнятний час. Для розв'язання задач цього класу актуальна розробка методів і алгоритмів поліноміальної складності.

У другому розділі розроблено методику дослідження, що полягає у послідовній реалізації спочатку системно-структурного аспекту, а слідом системно-функціонального аспекту системного підходу.

Показано, що методика дослідження реалізується системою послідовних перетворень $\Phi_1 - \Phi_6$:

Перетворення Φ_1 дозволяє отримати математичну модель СТОС MS на основі конструкції K, що подається у вигляді складального креслення і відповідної специфікації. Модель MS подається у вигляді кортежу, в якому D – множина елементів СТОС.

Перетворення Φ_1 виконує функцію адаптера, оскільки забезпечує зв'язок з своєрідним зовнішнім середовищем для процедури структурного синтезу варіантів структур СТОС, яким є варіант конструкції K.

Перетворення Φ_2 забезпечує формування генеральної множини підсистем СТОС. Це перетворення реалізується комбінаторним методом пошуку тих сполучень елементів, для яких виконуються формалізовані правила створення підсистем, що мають властивості цілісності і складаємості.

Реалізація перетворень Φ_3 і Φ_4 дозволяє отримати повну множину адаптованих варіантів структур СТОС. Формування множини вибірок і подальший розподіл підсистем вибірок по рівнях ієрархії, що дозволяє отримати множину $St_v \mid v \in \overline{1, r_1}$, робиться відповідним методом з урахуванням вимог щодо виду структур і складу вибірок.

Перетворення Φ_5 забезпечує отримання повної множини варіантів ТСС СТО з урахуванням основних конструктивно-технологічних вимог складання – базування та доступу, що визначають допустимість послідовностей уведення у складальний процес елементів структурованого зображення СТОС.

Реалізація перетворень $\Phi_1 - \Phi_5$ зводиться до виконання визначених відповідними методами правил і дій, що забезпечують зміну одних математичних об'єктів іншими. Тому формування множини варіантів ТСС СТО має алгоритмічний характер.

Для визначення оптимального варіанту ТСС СТО необхідно розробити модель, яка, по-перше, повинна адекватно віддзеркалювати суттєві особливості процесу утворення СТОС згідно варіантам і, по-друге, дозволяла б отримати оцінку по основним критеріям оптимальності –

довготривалості процесу (CR_1) і затратам ресурсів на організацію та забезпечення процесу (CR_2). Цим вимогам найбільш повно відповідає імітаційна модель процесу створення СТОС згідно варіантам ТСС СТО, що позначається MTSA. Побудова моделей MTSA для кожного варіанту ТСС СТО реалізується перетворенням Φ_6 .

Можливість отримання оцінок варіантів ТСС СТО на основі локальних критеріїв CR_1 , CR_2 , дозволяє сформулювати задачу визначення оптимальної ТСС СТО - $TSA_{\text{опт}}$ у вигляді багатокритеріальної задачі структурної оптимізації

Рішення поставленої задачі структурної оптимізації можливе шляхом автоматизації перетворень $\Phi_1 - \Phi_6$, що обумовлює розробку відповідного комплексу взаємозв'язаних моделей та методів.

В третьому розділі розроблено математичну модель СТОС, автоматизовану процедуру формування цієї моделі, а також формалізовано процес побудови поелементних послідовностей розкладання-складання.

Математичні моделі систем вдається побудувати у тих випадках, коли елементи досліджуваної системи класифіковані, а відношення між елементами експліковані.

Складання класифікатора є необхідним неформальним етапом побудови моделі. Класифікатором СТОС є перелік елементів його конструкції згідно специфікації. Кожному елементу надається відповідний індекс d_i . Такий класифікатор дозволяє визначити множину елементів СТОС D .

Експлікація відношень полягає в тому, що для кожного координатного напрямку тривимірного простору визначаються бінарні відношення $C_{\pm\xi}, H_{\pm\xi}$ на множині D , тобто $C_{\pm\xi}, H_{\pm\xi} \subset D \times D$, що обумовлюються відповідно універсальними обмежувальними зв'язками типу фіксованого і нефіксованого сполучення.

Класифікація елементів СТОС, результатом якої є множина елементів D , і експлікація відношень між елементами, дозволяють сформувати математичну модель СТОС у вигляді кортежу

$$MS = \langle D = d_i \mid i \in \overline{1, n}, C_{\pm\xi} \mid \xi \in x, y, z, H_{\pm\xi} \mid \xi \in x, y, z \rangle, \quad (1)$$

де $C_{\pm\xi}, H_{\pm\xi} \subset D \times D$.

Досвід показує, що процес формування моделі MS вимагає значних витрат часу і супроводжується помилками. Для досягнення високого рівня оперативності і достовірності необхідно автоматизувати процес формування MS , що обумовлюється формалізацією процесу виявлення відношень $C_{\pm\xi}, H_{\pm\xi}$ між елементами СТОС.

Основна проблема, яку треба вирішити при розробці автоматизованої процедури, полягає у перетворенні змісту інформації, що міститься у складальному кресленні СТОС, в інформацію про

зв'язки типу фіксоване і нефіксоване сполучення згідно їх визначенню. Для вирішення цієї проблеми треба мати інструментальні засоби, що забезпечують: можливість виділяти кожен елемент d_i з множини D ; опис елементів, що виділяються, прямокутним паралелепіпедом з сторонами, які паралельні осям тривимірного простору; переміщення елементів d_i їх проєкцій на осі та площини тривимірного простору. Вказані можливості реалізуються за допомогою засобів AUTOCAD 2000/2002 – Item method, GetBoundingBox method, AddBox method, Move method, Boolean method. Використання цих засобів в процедурі автоматизованого формування моделі MS для виявлення відношень між елементами СТОС забезпечує реальну інтеграцію задач автоматизації конструкторської і технологічної підготовки складального виробництва.

Процедура автоматизованого формування MS виконує функцію адаптера, оскільки дозволяє в конструкції СТОС, яка є зовнішнім середовищем для процедури структурного синтезу, виявити елементний склад СТОС і відношення між елементами, що застосовуються в подальших діях визначення оптимального варіанту ТСС СТО.

Формалізовано процес формування поелементних послідовностей розкладання-складання СТОС, що реалізується в межах дворівневої структури СТОС.

Послідовності подаються у вигляді ланцюжків з окремих елементів і з деяких їх сукупностей, що розподіляються відношенням передування, які задають порядок розкладання або складання. При цьому указуються координатні напрямки або їх сполучення, в яких реалізується відокремлення або установлення елементів. Наявність в послідовностях сукупностей елементів означає, що усі елементи сукупності відокремлюються або установлюються одночасно (паралельно).

Концепція формалізованого формування поелементних послідовностей розкладання ґрунтується на моделі СТОС (1) і полягає в послідовному відокремленні тих елементів, які в розглядаємому координатному напрямку або їх сполученні не мають обмежувальних зв'язків типу фіксоване сполучення з іншими елементами СТОС.

Можлива наявність у елементів зв'язків типу нефіксоване сполучення не є перешкодою для їх відокремлення, оскільки згідно з визначенням, зв'язки типу нефіксоване сполучення переборюються за допомогою зусиль, рухів й таке інше.

Кожний варіант послідовності розкладання формується шляхом аналізу відповідної послідовності таблиць з відношеннями $C_{\pm\xi}$, $C_{\pm\xi}$.

Формування послідовностей таблиць, елементами яких є не тільки окремі таблиці, але і їх сполучення, здійснюється з урахуванням вимог повноти і єдності. Вимога повноти полягає в тому, що в послідовності повинні бути усі таблиці $C_{\pm\xi}$ ($\xi \in X, Y, Z$), а вимога єдності означає те, що кожна таблиця $C_{\pm\xi}$ в кожній послідовності присутня тільки один раз і в випадку, коли вона в послідовності у складі сполучення, і в випадку, коли вона в послідовності окремо.

Для отримання повної множини послідовностей розкладання (2), що задовольняють вимогам доступу, необхідно отримати відповідну множину різних послідовностей таблиць, елементами яких є окремі таблиці і їх сполучення.

Таблицям, що відображають відношення $C_{\pm\xi}$, для спрощення запису послідовностей ставляться у відповідність номери з 1 до 6. З урахуванням цього, повна множина послідовностей таблиць, що задовольняють вимогам повноти і єдності, формується у вигляді перестановок елементів вибірок, які створюються на основі множин елементів у вигляді окремих номерів і їх різних лексикографічно впорядкованих r -сполучень $r \in \overline{2,6}$.

Визначені 11 видів вибірок. Перестановлення елементів цих вибірок формує ту множину послідовностей таблиць, аналіз відношень в яких дозволяє отримати повну множину послідовностей розкладання.

Послідовності складання, що задовольняють умовам доступу і базування формуються на основі послідовностей розкладання у два етапи. Спочатку формуються послідовності складання що задовольняють вимогам доступу. Ці послідовності отримують як зворотні послідовностям розкладання зі зміною координатних напрямків на протилежні. Потім реалізується перевірка виконання вимог базування, які задаються у вигляді відношень передування – елементи, які створюють комплект баз для елемента, що встановлюється, повинні встановлюватися раніше.

В четвертому розділі розроблено комбінаторний метод формування генеральної множини СТОС, який включає формалізовані правила утворення підсистем (FR) і процедуру породження перспективних сполучень елементів СТОС, що перевіряються на відповідність FR.

FR виражають специфічний закон утворення підсистем СТОС, який є практичною реалізацією одного з фундаментальних положень теорії складних систем – положення про подвійний характер підсистем. Закон зводиться до виконання наступних вимог:

- підмножина елементів СТОС у вигляді деякого сполучення з множини D є підсистемою, якщо вона є системою, що задовольняє визначеним технічним вимогам;
- до складу підсистемі повинні входити елементи, серед яких є базовий і які у своїй сукупності входять до складу підсистеми більш високого рівня або СТОС, не обмежуючи при цьому доступ до місця установки елементів, які не входять до підсистеми, при реалізації процесу складання.

Виконання першої вимоги означає, що підмножина елементів D_k має властивість цілісності, тобто є системою, тоді і тільки тоді, коли виконуються універсальні для СТОС властивості: усі елементи підмножини D_k обмежені у переміщеннях по усім координатним напрямкам; кожний елемент D_k орієнтовано відносно інших елементів; усі елементи D_k зв'язані між собою; складання конструкції з елементів множини D_k реалізуємо.

Друга вимога визначає обмеження елементного складу підмножини D_k . Вона виконується в тому випадку, коли існує принаймні одна поелементна послідовність складання СТОС, що формується з урахуванням конструктивно-технологічних умов доступу й базування, в якій уся підмножина D_k розглядається як окремий елемент.

Основою для перевірки виконання вимог є математична модель (1), що перетворюється згідно з елементним складом D_k , і формалізована процедура формування поелементних послідовностей розкладання-складання.

За допомогою моделі реалізується перевірка наявності чотирьох властивостей у підмножини елементів $D_k \subset D$.

Перша властивість, яка полягає у тому, що усі елементи підмножини D_k обмежені в переміщеннях по усім координатним напрямкам, перевіряється шляхом формування таблиць $L_{\pm\xi}$.

Строки цієї таблиці відповідають елементам

Якщо $\forall i \in I_k \forall \xi \in x, y, z \quad L_{\pm\xi} \mathbf{d}_i \neq \emptyset$, то перша властивість виконується.

Друга властивість, яка полягає у тому, що кожен елемент D_k орієнтовано відносно інших елементів, перевіряється шляхом формування таблиць P .

Якщо $\forall i \in I_k \text{ СВ } \mathbf{d}_i \subseteq P \mathbf{d}_i$, де СВ \mathbf{d}_i – множина елементів, що створює для $\mathbf{d}_i \in I_k$ комплект баз, то друга властивість виконується. В протилежному випадку не виконується.

Третя властивість, яка полягає у тому, що усі елементи D_k зв'язні між собою, виявляється за допомогою транзитивного замикання, визначеного для кожного елемента $\mathbf{d}_i \in D_k$ по зв'язках типу фіксоване і нефіксоване сполучення.

Четверта властивість, яка полягає в тому, що конструкція з елементів підмножини D_k складається, виявляється шляхом реалізації формалізованої процедури розкладання-складання. Якщо на основі реалізації цієї процедури вдається отримати принаймні одну поелементну послідовність складання, то четверта властивість виконується. В протилежному випадку не виконується.

Після підтвердження наявності чотирьох універсальних властивостей СТОС у підмножини елементів, що означає виконання першої вимоги утворення підсистеми, необхідно переходити до перевірки вимоги щодо елементного складу D_k .

Для реалізації перевірки вимоги щодо елементного складу D_k необхідно модифікувати відношення $C_{\pm\xi}, H_{\pm\xi}$ в початковій моделі СТОС. Необхідність модифікації пояснюється новим статусом D_k як цілісного елемента, який разом з іншими елементами, що не входять до D_k , утворює СТОС. Модифікація полягає в зміні індивідуальних відношень усіх елементів СТОС. Усі

індивідуальні відношення кожного елемента D_k з елементами, що не входять до D_k , треба надати іншим елементам D_k , а у випадку наявності індивідуальних відношень елемента що не входить до D_k , з будь яким елементом D_k , ці відношення треба надати усім елементам D_k .

Якщо на основі моделі шляхом реалізації формалізованої процедури розкладання-складання вдається отримати принаймні одну послідовність, то друга вимога утворення підсистем СТОС виконується.

Виконання вимоги до елементного складу D_k , перевірка якої реалізована після виконання вимоги цілісності, дозволяє стверджувати, що підмножина елементів D_k є підсистемою СТОС.

Комплекс співвідношень для перевірки наявності чотирьох універсальних властивостей, для модифікації відношень, а також математичні моделі утворюють FR, які мають алгебологічний характер.

Задача формування генеральної множини підсистем СТОС полягає в знаходженні на множини елементів СТОС D тих їх сполучень, що відповідають FR. Оцінка складності цієї задачі визначається кількістю сполучень, які треба перевірити на відповідність FR шляхом повного перебору. Значення оцінки $2^n - 2n - 1$ показує, що задача відноситься до NP-повних комбінаторних задач, для рішення яких актуально розробка методів, що значно зменшують кількість сполучень, що перевіряються на відповідність FR.

Вимогам утворення підсистем можуть відповідати так звані перспективні сполучення, між елементами яких існують зв'язки.

До перспективних відносяться сполучення, породження яких відбувається з урахуванням наступних вимог: принаймні між двома елементами сполучення існує зв'язок типу нефіксоване сполучення в одному з координатних напрямків; кожний елемент сполучення принаймні з одним іншим елементом повинен мати зв'язок типу фіксоване сполучення, що обумовлюється наявністю контакту між їх поверхнями в тому чи іншому координатному напрямку.

Для породження перспективних сполучень необхідно мати інформацію про відношення S та H , які дозволяли рахувати вимоги формування перспективних сполучень

Процедура породження перспективних сполучень зображується у вигляді лісу як сукупності дерев породження, в яких позначаються вершини і ребра. Вершини позначаються двома сполученнями. Першим сполученням є набір індексів елементів породжуємого перспективного сполучення, а другим – набір індексів елементів, якими позначаються ребра дерева на шляху від кореневої вершини до вершини, що розглядається.

Підмножина $d_{i_k}^+, H(d_{i_k}^+)$ розглядається як перспективне сполучення, а набір індексів його елементів $d_{i_k}^-, H(d_{i_k}^-)$ ind є першим сполученням позначення кореневої вершини $k \in \overline{1, K}$.

Другим сполученням позначення тієї ж кореневої вершини буде пуста множина, оскільки ця вершина є вихідною для створення шляхів в дереві породження.

На кінцях вихідних з кореневої вершини ребер створюються вершини першого рівня дерева породження.

Перше сполучення в позначенні кожної вершини першого рівня визначається як $\forall r \in \overline{1, R} \quad d_{i_k}^r, H(d_{i_k}^r)_{\text{ind}} \cup C(d_{j_r}^r)_{\text{ind}}$, тобто здійснюється розширення складу перспективного сполучення елементами, з яким елемент $d_{j_r}^r \in d_{i_k}^r, H(d_{i_k}^r)$ має відношення типу фіксоване сполучення. Буде створене нове перспективне сполучення, якщо $C(d_{j_r}^r)$ не є підмножиною $d_{i_k}^r, H(d_{i_k}^r)$. Друге сполучення позначення вершини першого рівня визначається як $\{j_r\}$, оскільки на шляху від кореневої вершини до вершини що розглядається, лише одне ребро, яке позначається індексом j_r .

Здійснюється порівняльний аналіз позначень усіх отриманих вершин даного рівня.

Якщо серед вершин є такі, у яких перше сполучення їх позначення включає індекси усіх елементів СТОС, то усі ці вершини визначаються як кінцеві, яким відповідає система, і з подальшого розгляду виключаються. Обґрунтуванням для виключення є неможливість подальшого розширення сполучень, що відповідають цим вершинам.

Якщо серед вершин даного рівня є такі, у яких співпадають обидва сполучення їх позначення, то для подальшої побудови дерева породження залишають одну з них, а інші визначають як кінцеві дублюючі і із розгляду виключають. Обґрунтуванням для виключення в цьому випадку є те, що з вершин, що мають однакові позначення, виростають ізоморфні дерева. Після виключення з розгляду кінцевих вершин, визначених як “система” або “дублююча”, процес побудови дерева продовжується – проводяться ребра, що виходять з залишених вершин першого рівня. Нехай одна з них є кінцевою вершиною ребра $j_r \notin \overline{1, R - L - (S - 1)}$. Ребрам, що виходять з цієї вершини надають окремі індекси, які належать множені, що визначається як різниця першого і другого сполучень позначення вершини.

Другим сполученням позначення вершини другого рівня що породжується, є $\{j_r, j_m\}$, оскільки на шляху від кореневої вершини до вершини що розглядається є 2 ребра, що позначається відповідними індексами j_r та j_m .

Аналогічно породжується і решта вершин другого рівня. Після породження здійснюється порівняльний аналіз позначень вершин другого рівня. Результатом аналізу є визначення кінцевих вершин як “система” і як “дублююча”. Після цього вони виключаються з подальшого розгляду.

Процес побудови лісу як сукупності дерев породження продовжується до тих пір, поки усі кінцеві вершини кожного дерева не будуть визначені як “система” або “дублююча”.

На основі аналізу складу перших сполучень позначень внутрішніх вершин k -го дерева породження формується список різних перспективних сполучень Sp_k , а потім на основі списків Sp_k $k \in \overline{1, K}$ – список різних перспективних сполучень лісу, який $i \in$ списком перспективних сполучень. Ці сполучення i повинні перевірятися на відповідність FR з метою формування генеральної множини підсистем СТОС.

Досвідна експлуатація розробленої процедури породження перспективних сполучень дозволяє стверджувати, що вона має поліноміальну складність на відміну від процедури повного перебору, яка має експоненціальну складність.

У п'ятому розділі розроблено метод формування множини варіантів структур СТОС і варіантів ТСС СТО, що включає: алгоритм отримання варіантів структур СТОС на основі вибірок підсистем з їх генеральної множини; автоматизовану процедуру визначення базових елементів в підсистемах структури СТОС; автоматизовану процедуру перетворення множини варіантів структур СТОС в множину ТСС СТО з базовим елементом; теоретично обґрунтовані положення, що визначають склад вибірок, сукупність яких не є надмірною й дозволяє сформувати повну множину варіантів структур СТОС і відповідних варіантів ТСС СТО.

Набір підсистем, що розподіляються з першого до передостаннього рівнів, задається вибіркою з індексів їх генеральної множини S_0 .

Вибірками підсистем $\{Ch_r | r \in \overline{1, R_1}\}$ з їх генеральної множини S_0 є k -сполучення ($k > 0$) з множини $S_j | j \in \overline{1, m}$, що доповнюються системою S . Множина вибірок, що отримується на основі S_0 , перетворюється в множину відповідних структур СТОС за допомогою алгоритму Adb , тобто.

Концепція алгоритму Adb ґрунтується на аналізі значень потужності підсистем вибірок, що розглядаються як підмножини елементів з множини D , і на перевірці вимоги входження підсистем однієї до іншої. Така концепція дозволяє послідовно формувати рівні структури СТОС, починаючи з першого рівня, на якому розташуються підсистеми з одноступеневим розподілом. Структура СТОС є такою, що побудована, як тільки система S (СТОС) розташується на самому верхньому рівні.

Структури СТОС є основою синтезу варіантів ТСС СТО з базовим елементом. В цьому виді ТСС виділяються вітки загального і вузлового складання, кожна з яких починається з відповідних базових елементів – базового елементу СТОС і базових елементів підсистем СТОС. Початок процесу складання з базових елементів і його продовження згідно схеми базування кожного структурного елементу забезпечує необхідну точність установки елементів і зменшує витрати на реалізацію процесу складання.

Автоматизоване визначення базових елементів можливе на основі формалізації правил визначення базових елементів системи S та її підсистем в межах структури СТОС.

Виходячи з вказаної передумови, в якості базового елемента підсистеми деякого рівня ієрархії S_{vl} $v \in \overline{1, J_1}, l \in \overline{1, L-1}$, де J_1 – кількість підсистем на l -рівні, вибирається елемент, який має зв'язки фіксоване або нефіксоване сполучення в усіх координатних напрямках з елементами підсистем більш високого рівня $l' - S_{vl'}$ $v' \in \overline{1, J_{l'}}, l' \in \overline{l+1, L-1}$, що безпосередньо включає підсистему S_{vl} згідно структури СТОС і тому включає усі елементи S_{vl} , тобто $S_{vl} \subset S_{vl'}$.

Структури СТОС, що отримуються за допомогою **Adb**, необхідні для формування на їх основі відповідних варіантів ТСС СТО з базовим елементом, які відображують порядок утворення СТОС з урахуванням конструктивно-технологічних вимог доступу й базування.

Перетворенням Φ_5 передбачається: розкладання кожного варіанту структури СТОС St_r на множину дворівневих структур, на верхніх рівнях яких розташовуються система S і підсистеми S_{jl} ($j \in \overline{1, J_1}, l \in \overline{1, L-1}$), а на нижніх рівнях розташовуються структурні елементи, що безпосередньо їх утворюють згідно структури St_r ; формування на основі дворівневих структур варіантів послідовностей уведення в складальний процес структурних елементів нижніх рівнів, що створюють вітки загального і вузлового складання, які у сукупності визначають варіанти ТСС СТО $TSA_{r'} | r' \in \overline{1, R_2} (R_2 \geq R_1)$.

Дворівневі структури, що виділяються в структурі СТОС, пов'язуються між собою у точках з'єднання, якими є вершини, що відображують підсистеми СТОС.

Наявність точок з'єднання дозволяє визначати структуру СТОС як таку, що розділяється, або сепарабельну.

Формування на основі дворівневих структур послідовностей уведення в складальних процес структурних елементів нижніх рівнів реалізується поетапно.

На першому етапі за допомогою автоматизованої процедури формування поелементних послідовностей розкладання-складання **AD** визначаються послідовності розкладання системи S в межах її дворівневої структури, на нижньому рівні якої розташовуються структурні елементи множини D_S^r .

Наступні етапи пов'язуються з отриманням послідовностей розкладання-складання підсистем в межах їх представлення у вигляді відповідних дворівневих структур, на нижніх рівнях яких розташовані структурні елементи множин.

Зв'язок варіантів віток загального і вузлового складання при утворенні варіанту ТСС СТО реалізується в точках з'єднання, які відповідають точкам з'єднання дворівневих структур в структурі СТОС.

Формування варіантів $TSA_{r'}$, $r' \in \overline{1, R_2}$ пов'язується з визначенням відношень $C_{\pm\xi}, H_{\pm\xi}$ між структурними елементами декомпозиційних множин $D_s^r, D_{s_{jl}}^r$ $\{j \in \overline{1, J_1}, l \in \overline{1, L-1}\}$. Процедура визначення цих відношень основана на наступному твердженні.

Теорема 1. Підсистеми декомпозиційних множин $D_s^r, D_{s_{jl}}^r$ $\{j \in \overline{1, J_1}, l \in \overline{1, L-1}\}$ є підмножинами елементів з множини D , що не перетинаються, об'єднання яких утворює множину елементів, що складають відповідно систему S і підсистеми S_{jl} .

Проблема зниження трудомісткості комбінаторних розрахунків виникає при перетворенні однієї множини альтернатив в іншу, на якій далі реалізується пошук найкращих варіантів. Концепцією вирішення цієї проблеми є розподіл альтернатив на перспективні і неперспективні. Виключення з розгляду неперспективних альтернатив дозволяє знизити трудомісткість комбінаторних розрахунків. При цьому перспективна альтернатива є представником або домінантою деяких неперспективних альтернатив, коли їх множина перетворюється в іншу множину альтернатив

Лема 1. Якщо на деякому рівні ієрархії $l > 0$ структури СТОС St_r розташовується більше однієї підсистеми вибірки, на основі якої синтезована St_r , то їх попарне перетинання є пустою множиною.

Лема 2. Якщо усі $L-1$ різні підсистеми вибірки містять базовий елемент СТОС, то усі вони розташовуються на різних рівнях ієрархії структури Str . При цьому на рівні $l=0$ розташовуються елементи СТОС, а на рівні $l=L$ розташовується система S .

Теорема 2. Структура СТОС, що синтезується на основі вибірки з однією системою S , є представником (домінантою) структур що синтезуються на основі вибірок виду $\{S, S_j \mid j \in \overline{1, m}\}$, усі підсистеми яких містять базовий елемент СТОС, при перетворенні цих структур у відповідні ТСС СТО.

Теорема 3. Структура, що синтезується на основі вибірки Ch_r , в якій усі підсистеми мають індивідуальні базові елементи відмінні від базового елементу СТОС, є представником (домінантою) структур, що синтезуються на основі вибірок, які відрізняються від Ch_r тим, що мають додаткові підсистеми з тими ж базовими елементами, що і підсистеми Ch_r або СТОС.

У шостому розділі вирішується проблема розробки імітаційних моделей процесу утворення СТОС на основі сіток Петрі і їх модифікацій; пропонується автоматизована процедура побудови

імітаційної моделі; розробляється метод рішення дискретної, багатокритеріальної задачі структурної оптимізації – на множини варіантів ТСС СТО, що формується алгоритмічно, визначається компромісний варіант, який мінімізує узагальнений критерій; наводиться схема взаємодії розроблених моделей та методів як основних ІР і ІЗ ІТ адаптивного синтезу оптимальної ТСС СТО, що реалізується у процесі функціонування “Підсистеми” при відробленні СТОС на технологічність структури на стадії виробництва.

Структурні елементи сітки Петрі і зв’язки між ними дозволяють адекватно відобразити подвійний характер варіантів ТСС СТО. Цей характер полягає в тому, що будь який варіант відображує з одного боку структуру СТОС, а з другого боку, відображує процес складання, що визначається відношеннями передування між елементами структури СТОС.

Якщо модель $MTSA_{\mu}$ є результатом перетворення вибірки підсистем $Ch_v = \{S, S_j | j \in m_v\}$, то це означає, що в $MTSA_{\mu}$ мається $|m_v| + 1$ віток складання, де $|m_v|$ – потужність множини підсистем вибірки Ch_v .

Початковим маркіруванням, яке задається вектором μ_0 , передбачається розставлення фішок в усіх позиціях нульового рівня, що означає виконання вимоги “мається елемент СТОС”.

Досвід побудови імітаційних моделей $MTSA_{\mu}$ з урахуванням кількості варіантів ТСС СТО, а також достатньо великої розмірності кожного варіанту вказує на високу трудомісткість побудови множини моделей для оцінки усіх варіантів ТСС СТО. В зв’язку з цим актуальною є автоматизація цього процесу, що передбачає формалізацію перетворення Φ_6 за допомогою процедури, послідовна реалізація дій якої дозволяє поставити у відповідність кожному варіанту ТСС СТО його модель у вигляді сітки Петрі. Концепція процедури базується на поняттях дозволеного і реалізованого сполучення.

З урахуванням деяких передумов і припущень значення показників структурних властивостей моделей $\{MTSA_{\mu} | \mu \in \overline{1, r_2}\}$ а також значення показників, які отримуються шляхом виконання моделей, пропонується використовувати як оцінки довготривалості процесу складання $Cr_1(\mu)$ й витрат ресурсів на реалізацію цього процесу згідно варіантам схем складання $Cr_2(\mu)$.

Припущення про можливість переходу з одного рівня на інший ієрархічної моделі $MTSA_{\mu}$ за один такт часу дозволяє використовувати кількість рівнів $\tilde{Cr}_1(\mu)$ моделі в якості оцінки $Cr_1(\mu)$.

Оцінкою $\tilde{Cr}_2(\mu)$ витрат ресурсів на реалізацію процесу складання по варіантам $\{MTSA_{\mu} | \mu \in \overline{1, r_2}\}$ пропонується визнавати суму, кількість доданків якої визначається кількістю

віток складання, а значення кожного доданку визначається максимальною кількістю структурних елементів, що одночасно сполучаються в межах відповідної вітки.

Пропонується зв'язок між типом виробництва і ступенем распаралеленості урахувати на основі співвідношеннями між значеннями W_1 і W_2 . Згідно цієї пропозиції, координатний кут, в якому розподілені альтернативи $\mu \in \overline{1, r_2}$, розділяється на 5 частин по кількості основних типів виробництва. Альтернативи, що належать частинам координатного кута, утворюють відповідні підмножини і визначаються як допустимі для масового, крупносерійного, середньосерійного, дрібносерійного, одиничного типів виробництва.

Завдання об'єму виробництва (програми виробництва) дозволяє обрати тип виробництва. Вибір типу виробництва з точки зору рішення задачі обумовлює вибір підмножини μ_k , кількість альтернатив в якій значно менше кількості альтернатив в усьому координатному куті, що скорочує перебір альтернатив при реалізації пошуку компромісної. При цьому спрощується визначення компонент вагового вектору узагальненого критерію.

У додатках наведено матеріали, що підтверджують практичне використання і впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена важлива науково-практична проблема підвищення ефективності функціонування „Підсистеми”, що входить до складу АСТП СВ ІВК. Підвищення ефективності досягається за допомогою нових ІР і ІЗ ІТ адаптивного синтезу оптимальних ТСС СТО. Ця ІТ, в межах ІТ типу CALS, забезпечує значне підвищення рівня обґрунтованості рішень, що готуються в „Підсистемі” на різних стадіях життєвого циклу виробів машинобудування й приладобудування, які є об'єктами складального процесу.

До основних наукових результатів відносяться:

1. На основі аналізу сучасного стану проблеми підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем, що використовуються CALS-технологією, підходів до її розв'язання, отриманих результатів і напрямків їх поліпшення, запропоновано концепцію росту рівня обґрунтованості рішень, що готуються в процесі функціонування „Підсистеми” АСТП СВ ІВК. Реалізація концепції забезпечується розробкою формальних засобів формування системного рішення у вигляді адаптованої до варіанта конструкції СТОС повної множини варіантів структур СТОС. Ця множина використовується на різних стадіях ЖЦ СТОС для постановки задач структурної оптимізації.

2. Розроблено методику реалізації запропонованої концепції для стадії виробництва ЖЦ СТОС. Методика полягає у послідовній реалізації системно-структурного і системно-функціонального аспектів системного підходу, що виражається в послідовній реалізації перетворень, що дозволяють спочатку на основі елементів конструкції СТОС і відношень серед них сформувати повну множину адаптованих варіантів структур СТОС і відповідних їм варіантів ТСС СТО, а потім за допомогою векторного критерію визначити кращий варіант ТСС СТО.

3. Для проведення структурних досліджень розроблено математичну модель СТОС і автоматизовану процедуру її формування. Математична модель зображується у вигляді кортежу, компонентами якого є множина елементів СТОС і відношення, які відображують обмежувальні зв'язки типу фіксоване та нефіксоване сполучення між елементами. Концепцією процедури передбачається віртуальне переміщення елементів СТОС у просторі складального креслення, що дозволяє виявити відношення типу фіксоване сполучення, які обумовлені контактом або проекцією поверхні елемента, що переміщується, на поверхні інших елементів СТОС. У процедурі використовуються інструментальні засоби AutoCAD 2000/2002, що забезпечує інтеграцію задач автоматизації конструкторської та технологічної підготовки складального виробництва.

4. Виявлено напрямок подальшого розвитку методів автоматизованого формування поелементних послідовностей розкладання – складання СТОС, що виражається у формалізації аналізу відношень між елементами СТОС в окремих координатних напрямках тривимірного простору і їх різних сполучень з урахуванням головних конструктивно-технологічних вимог – доступу та базування. Концепцією формалізації передбачається послідовне відділення (приєднання) як окремих елементів, так і їх сукупностей у тих координатних напрямках, в яких ці елементи не мають обмежувальних відношень типу фіксоване сполучення. Визначені комбінаторні об'єкти у вигляді перестановок, які реалізуються в межах одинадцяти типів вибірок із множини різних сполучень номерів таблиць з відношеннями між елементами СТОС. Аналіз відношень у таблицях, номери яких складають комбінаторні об'єкти, дозволяє отримати повну множину варіантів послідовностей розкладання – складання з урахуванням вимог доступу та базування.

5. На основі практичної реалізації фундаментального твердження про подвійний характер підсистем у системі й, виходячи з обмежувальних відношень типу фіксоване й нефіксоване сполучення серед елементів СТОС, сформульовано специфічний закон утворення підсистем СТОС. Цей закон полягає у тому, що деяке сполучення елементів СТОС виявляється підсистемою, коли, з одного боку, воно виявляється цілісним утворенням, яке задовольняє вимогам побудови систем, а, з іншого боку, до його складу не повинні включатися елементи, які обмежують при складанні доступ до місця установки іншим елементам і сполученням елементів, що не включаються до складу цього сполучення.

6. Розроблено комбінаторний метод формування генеральної множини підсистем СТОС, що містить усі підсистеми, утворення яких допускається відношеннями типу фіксоване й нефіксоване сполучення серед елементів конструкції СТОС. Метод складається з алгебологічних правил утворення підсистем (FR), які є формалізованим виразом відповідної закономірності, а також із процедури породження перспективних сполучень, які можуть відповідати FR. Показано поліноміальний характер складності процедури, що визначає можливість її практичного використання.

7. Розроблено метод автоматизованого формування множини варіантів структур СТОС заданого типу й множини відповідних варіантів ТСС СТО з базовим елементом, що адаптовані до варіанту конструкції СТОС. Метод складається з : процедури розподілу підсистем вибірок із їх генеральної множини по рівнях ієрархії з урахуванням вимоги утворення структур заданого виду; процедури автоматизованого визначення базового елемента в підсистемах варіанта структури; процедури перетворення варіантів структури СТОС у варіант ТСС СТО з базовим елементом; теоретично обґрунтованих тверджень формування вибірок підсистем, згідно яких у вибірку включаються підсистеми, які мають оригінальні базові елементи і які задовольняють вимогам утворення структур СТОС заданого виду. Використання цих тверджень дозволяє синтезувати відмінні один від одного варіанти ТСС СТО.

8. На основі сітки Петрі та її модифікацій розроблено імітаційну модель процесу утворення СТОС по варіантах ТСС СТО. Модель, що основана на принципі прямого опису процесу, відображує такі його головні властивості, як паралельність, дискретність і асинхронність. Структурні властивості моделі й характеристики, отримані шляхом її виконання, дозволяють отримати оцінки тривалості процесу утворення й витрат ресурсів на його утворення. Розроблена автоматизована процедура утворення імітаційної моделі, необхідність якої обґрунтовується високою трудомісткістю утворення моделей для усіх варіантів ТСС СТО у ручному режимі.

9. Виявлено напрямок подальшого розвитку методів рішення дискретних багатокритеріальних задач структурної оптимізації, що виражається в отриманні розподілу дискретних альтернатив у вигляді варіантів ТСС СТО у просторі значень безрозмірних локальних критеріїв, які відображують оцінки довготривалості процесу утворення СТОС і витрат ресурсів на утворення процесу. Запропонована структуризація області розподілу альтернатив з урахуванням типу виробництва, що дозволяє суттєво скоротити перебір варіантів, що оцінюються за допомогою узагальненого критерію, якщо спочатку задати тип виробництва.

10. Створено схему взаємодії розроблених ІР і ІЗ ІТ адаптивного синтезу оптимальних ТСС СТО, що реалізується у процесі функціонування „Підсистеми” при відробленні СТОС на технологічність структури на стадії виробництва.

11. Практичне значення результатів дисертаційної роботи підтверджено актами про впровадження на машинобудівних і приладобудівних підприємствах: ВАТ „Харківський тракторний завод”, Харківський машинобудівний завод „ФЕД”, Державне підприємство „Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування”, Державне підприємство „Завод імені Малишева”, Державне науково-виробниче об’єднання „Комунар” а також довідкою про їхнє використання у навчальному процесі кафедри автоматизованих систем управління НТУ “ХПІ”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гамаюн И.П. Разработка имитационных моделей на основе сетей Петри: Учеб. пособие. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2002. – 143с.
2. Гамаюн И.П. Эвристический алгоритм разборки-сборки сложной машиностроительной конструкции // Механіка та машинобудування. – Харків, 1998.-№1.- С.146-149.
3. Гамаюн И.П. Некоторые основы анализа структуры конструкции изделия // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. – 1999. – № 35. - С.29–33.
4. Гамаюн И.П. Алгоритм выявления системных свойств в подмножествах элементов технической системы //Вісник Харківського державного політехнічного університету.– Харків: ХДПУ. – 1999. – № 51. – С.3-6.
5. Гамаюн И.П. Разработка алгоритма сборки-разборки сложной технической системы на основе положения двойственности ее подсистем // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. – 1999. – № 57.– С.20-24.
6. Гамаюн И.П. Постановка и решение задачи определения базовых элементов в подсистемах структурированного представления сложной технической системы // Вісник Харківського державного політехнічного університету – Харків: ХДПУ. – 1999. . – № 62.– С.81-85.
7. Гамаюн И.П. Метод синтеза подсистем сложной технической системы // Вісник Харківського державного політехнічного університету.– Харків: ХДПУ. – 1999. – № 73. – С.33-37.
8. Гамаюн И.П. Имитационное моделирование динамики технологического процесса сборки // Электронное моделирование. – Киев, 2000. - №1. – С. 100-106.
9. Гамаюн И.П. Автоматизированный синтез структурированного представления сложной технической системы // Управляющие системы и машины. – Киев, 2000. - №1. – С. 21-26.

10. Гамаюн И.П. Алгоритм формирования структурированного представления сложной технической системы // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. – 2000. – № 93. – С.186-190.
11. Гамаюн И.П. Информационная модель системного объекта сборки // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. – 2000. – № 99. – С.30-34.
12. Гамаюн И.П. Автоматизированный выбор базовых элементов в подсистемах структурированного представления системного объекта сборки // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. – 2000. – № 121. – С.93-98.
13. Gamayun I. Method of solving the problem of forming the set of technological assembly scheme // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2001. – № 21. – С.49-63.
14. Гамаюн И.П. Математическая модель технологической схемы сборки и процедура ее построения // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя, 2001.-№2. – С. 140-145.
15. Гамаюн И.П. Определение компромиссной альтернативы в одной задаче структурного синтеза // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ“ХАИ”, Торнадо. – 2001. – № 10. – С. 3-10.
16. Гамаюн И.П. Критерии оптимальности для оценки технологической схемы сборки // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2002. – № 3. – С.142-151.
17. Гамаюн И.П. Определение связей типа фиксированное сопряжение в системных объектах сборки // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2002. - №8 (Т.1). – С. 35-42.
18. Гамаюн И.П. Концепция совершенствования подсистемы автоматизированного анализа конструкций собираемых изделий и отработки их на технологичность // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. - Харків: НТУ “ХПІ”. – 2002. – № 9 (Т.6). – С.133-138.
19. Гамаюн И.П. Методика построения генератора сложных дискретных объектов для автоматизации технологической подготовки сборки // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: НАКУ “ХАІ”. – 2002. – № 27. - С. 217-224.
20. Гамаюн И.П. Комбинаторный алгоритм порождения множества подсистем системного объекта сборки // Управляющие машины и системы. – Киев, 2002. - №2. – С. 12-19.
21. Гамаюн И.П., Борисевич О.В. Автоматизация процесса формирования математической модели системного технического объекта сборки // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. - Харків: НТУ “ХПІ”. – 2003. – № 7 (Т.1). – С.3-14.

Здобувачем розроблено процедуру виявлення відношень типу фіксоване сполучення, що обумовлюються контактом елементів, а також проєкцією поверхні одного елемента на поверхню інших елементів.

22. Гамаюн И.П., Боровской В.Н. Метод автоматизированного формирования полного множества поэлементных последовательностей разборки-сборки технических систем // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2003. - №6 (Т.1). – С. 81-92.

Здобувачем визначено множину лексикографічно-упорядкованих сполучень індексів таблиць з відношеннями між елементами виробу, а також вибірки з цієї множини, на основі яких формується повна множина послідовностей розкладання-складання.

23. Гамаюн И.П., Ямшанов И.С. Многокритериальная оптимизация на множестве технологических схем сборки // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харків, 2003. – №4. – С. 27-30.

Здобувачем сформульовано математичну постановку задачі багатокритеріальної оптимізації на дискретній множині варіантів технологічних схем складання, що формується алгоритмічно.

24. Гамаюн И.П., Ямшанов И.С. Характеристика методов синтеза подсистем системного технического объекта сборки // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк: Видавництво ДонНТУ. – 2003. – № 64. – С. 156-165.

Здобувачем розроблено базовий метод синтезу підсистем технічного об’єкту складання, відносно якого реалізується оцінка інших методів.

25. Гамаюн И.П., Коваленко Е.С. Определение оптимального варианта технологической схемы сборки с учетом типа производства // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. - Харків: НТУ “ХПІ”. – 2004. – № 18. – С. 19-24.

Здобувачем запропоновано структурування простору альтернатив на частини, які відповідають різним типам виробництва, в багатокритеріальній задачі визначення оптимальної технологічної схеми складання.

26. Гамаюн И.П. Метод синтеза технологической схемы сборки машиностроительной конструкции // Проблемы машиностроения и автоматизации. – Москва, 1999. - №2.- С. 45-50.

27. Гамаюн И.П., Шандров Ц.И. Имитационное моделирование на базе сети Петри построения последовательностей формирования изделия в процессе сборки // Управление сложными технико-экономическими системами: Сб. науч. тр. НАН Украины. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова, Науч. совет НАН Украины по пробл. “Кибернетика”, 1994. – С. 16-19.

Здобувачем на базі звичайних сіток Петрі розроблено імітаційну модель процесу формування складного виробу з його структурних елементів.

28. Гамаюн И.П., Шандров Ц.И. Алгоритмическая топологическая модель конструкции изделия // Математическое и компьютерное моделирование в машиностроении: Сб. науч. тр. НАН Украины. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова, Науч. совет НАН Украины по пробл. “Кибернетика”, 1994. – С. 55-64.

Здобувачем формалізовано обмежувальні зв'язки типу фіксоване та нефіксоване сполучення між елементами конструкції складного виробу.

29. Гамаюн И.П., Шандров Ц.И. Моделирование процесса сборки на основе сетей Петри // Труды Междунар. конф. “Компьютер: наука, техника, технология, здоровье” - Харьков, Мишкольц: ХПИ, МУ. – 1993. -Ч.1.-С.53-55.

Здобувачем розроблені моделі процесу складання виробів на основі модифікацій звичайних сіток Петрі.

30. Гамаюн И.П., Попович В.А., Шандров Ц.И. Программное обеспечение САПР технологической схемы сборки // Труды Междунар. конф. “Информационные технологии: наука, техника, технология, оборудование, здоровье – Харьков: ХГПУ. – 1995. – Ч. 1. – С.22.

Здобувачем розроблено алгоритмічну основу для побудови програмного забезпечення САПР технологічних схем складання.

31. Гамаюн И.П. Автоматизация проектирования технологической схемы сборки сложной машиностроительной конструкции // Труды Междунар. конф. “Информационные технологии: наука, техника, технология, оборудование, здоровье”. – Харьков, Мишкольц, Магдебург: Харьк. гос. политехн.ун-т, Мишкольц.ун-т, Магдебург.ун-т. – 1997. – Ч. 1.– С.196-198.

32. Гамаюн И.П. Алгоритм выявления системных свойств в подмножествах элементов технической системы // Праці Міжнар.конф. “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”.– Харків: ХДПУ. – 1999. – Ч.1. – С.15-19.

33. Гамаюн И.П. Системно-логическая модель выбора рационального варианта технологической схемы сборки // Праці Міжнародної конференції з управління “Автоматика - 2000”. - Львів: Державний НДІ з інформаційної інфраструктури. – 2000. – Ч.1. – С. 95-98.

34. Гамаюн И.П. Модели и методы подготовки принятия решения при выборе рациональной технологической схемы сборки // Праці Міжнародної конференції “Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні” (ІКТМ` 2001).-Харків: ХАІ.- 2001.- С.85.

35. Гамаюн И.П., Борисевич О.В. Використання засобів AutoCAD 2000(2002) для автоматизованого формування моделі системного технічного об'єкту складання // Праці

міжнародної конференції “Інформаційні технології: наука техніка, технологія, освіта, здоров’я”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2003. – С. 13.

Здобувачем розроблено способи використання засобів AutoCAD 2000(2002) для виявлення відношень типу фіксоване сполучення між елементами складного виробу.

АНОТАЦІЇ

Гамаюн І.П. Моделі та методи інформаційної технології адаптивного синтезу оптимальної технологічної схеми складання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2005.

Дисертацію присвячено проблемі підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем і їх функціональних підсистем (ФП), що використовуються інформаційною технологією (ІТ) типу CALS для підготовки й прийняття системних рішень на стадіях життєвого циклу виробів машинобудування і приладобудування. Запропоновано концепцію вирішення цієї проблеми для ФП автоматизованого аналізу виробів і відроблення їх на технологічність, що входить до складу автоматизованої системи технологічної підготовки складального виробництва (АСТП СВ). Концепція полягає в підвищенні рівню обґрунтованості рішень з фактору “кількість альтернатив” при відробленні виробів, що складаються, на технологічність їх структури. Розроблено комплекс моделей та методів, що створюють інтелектуальну основу ІТ адаптивного синтезу оптимальної технологічної схеми складання. Цей комплекс дозволяє сформулювати повну множину альтернативних варіантів технологічних схем складання виробів, а потім на цій множині визначити компромісну альтернативу. Основні результати знайшли промислове впровадження при удосконаленні АСТП СВ підприємств.

Ключові слова: інформаційна технологія, ефективність функціонування, обґрунтованість рішення, адаптивний синтез, структура, технологічна схема складання, компромісна альтернатива.

Гамаюн И.П. Модели и методы информационной технологии адаптивного синтеза оптимальной технологической схемы сборки. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2005.

В диссертации рассматривается важная научно-практическая проблема повышения эффективности функционирования автоматизированных систем и их функциональных подсистем (ФП), используемых информационной технологией (ИТ) типа CALS для подготовки и принятия системных решений на стадиях жизненного цикла изделий машиностроения и приборостроения. Предложена концепция решения этой проблемы для ФП автоматизированного анализа конструкций изделий и отработки их на технологичность, входящей в состав автоматизированной системы технологической подготовки сборочного производства (АСТП СП) интегрированного производственного комплекса.

Концепция заключается в повышении уровня обоснованности решений по фактору “число альтернатив” в процессе отработки собираемых изделий на технологичность их структуры. Для реализации концепции разработан комплекс моделей и методов, составляющих интеллектуальную основу ИТ адаптивного синтеза оптимальной технологической схемы сборки (ТСС). Схема на стадии производства показывает порядок введения в сборочный процесс структурных элементов изделия и используется для отработки структуры на технологичность. ТСС отражает реализацию организационных принципов построения технологического процесса сборки: параллельность, пропорциональность и так далее, – что существенно влияет на такие показатели качества, как продолжительность процесса и затраты ресурсов на его создание. Оптимальность ТСС рассматривается с точки зрения векторного критерия, компонентами которого являются оценки указанных показателей.

Согласно последовательной реализации системно-структурного и системно-функционального аспектов методологии системного подхода, комплекс моделей и методов позволяет сначала получить генеральное множество подсистем собираемого изделия. Это множество далее используется для формирования полного множества альтернативных вариантов ТСС, на котором определяется оптимальный вариант с точки зрения обобщенного критерия в виде линейной функции от компонент векторного критерия.

Комплекс включает: математическую модель собираемого изделия; процедуру автоматизированного формирования поэлементных последовательностей разборки-сборки; комбинаторный метод формирования генерального множества подсистем собираемого изделия; метод формирования полного множества альтернатив вариантов структур собираемого изделия и соответствующих вариантов ТСС; метод определения оптимальной ТСС.

В математической модели отражен элементный состав и отношения между элементами, обусловленные ограничительными связями типа фиксированное и нефиксированное сопряжения, которые характерны для рассматриваемой конструкции собираемого изделия. Это придает реализуемому на основе математической модели синтезу оптимальной ТСС свойства адаптации к конструкции собираемого изделия.

В автоматизированной процедуре формирования поэлементных последовательностей разборки-сборки реализована концепция последовательного отделения (присоединения) как отдельных элементов, так и их совокупностей в тех координатных направлениях и их сочетаниях, в которых элементы не имеют связей типа фиксированное сопряжение. Получено полное множество поэлементных последовательностей сборки с учетом конструктивно-технологических требований доступа и базирования.

В методе формирования подсистем разработаны алгебрологические правила образования подсистем и процедура порождения перспективных сочетаний элементов изделия, проверяемых на соответствие правилам. Эти правила выражают специфический закон создания подсистем, который является практической реализацией фундаментального положения о двойственном характере подсистем в сложной системе.

В методе формирования полного множества альтернативных вариантов ТСС теоретически обоснованы положения формирования выборок подсистем из их генерального множества, разработаны процедура распределения подсистем выборок по уровням иерархии, что позволяет получить варианты структур, и процедура преобразования вариантов структур в варианты ТСС.

На основе сетей Петри и их модификаций разработана имитационная модель процесса образования изделия по вариантам ТСС. Структурные свойства модели и характеристики, получаемые путем ее выполнения, используются как оценки продолжительности процесса образования изделия и затрат ресурсов на создание этого процесса. Получено распределение альтернатив ТСС в пространстве преобразованных значений оценок. Предложена структуризация области распределения альтернатив с учетом типа производства, что позволяет существенно сократить перебор альтернатив, оцениваемых с помощью обобщенного критерия при определении компромиссной альтернативы.

Создана схема взаимодействия разработанных моделей и методов как информационных ресурсов и инструментальных средств ИТ адаптивного синтеза оптимальной ТСС в процессе функционирования рассматриваемой ФП.

Основные результаты нашли промышленное использование при совершенствовании АСТП СП предприятий машиностроения и приборостроения.

Ключевые слова: информационная технология, эффективность функционирования, обоснованность решения, адаптивный синтез, структура, технологическая схема сборки, компромиссная альтернатива.

Gamayun I.P. Models and methods information technology of adaptive synthesis of optimal technological scheme of an assembly. – Manuscript.

Thesis for the Degree of Doctor of Technical Sciences in speciality 05.13.06 – automatic control systems and progressive information technologies. – National technical university “Kharkiv polytechnic institute”, Kharkiv, 2005.

The dissertation is devoted the problem of enhancing the efficiency of automated systems functioning and theirs functional subsystems (FS) which are used by information technology (IT) as CALS to prepare and make system decisions on stages of life cycle of machine building and instrument making industrial’s products. It is suggested the conception to solve the problem for the FS of automated analysis of product’s construction and to check them for processability, that is included into structure of automated system of technological preparing the assembly manufacture (ASTP AM). The concept is in increasing the level of justification of decision of “alternatives number” factor at manufacturing products, that are assembled, on processability of theirs structure. It is developed the complex of models and methods that form IT intellectual basis of adaptive synthesis of optimal technological scheme of assembly. This complex allows to create the full set of alternative technological schemes of products assembly and then basing this set to determine the compromise alternative. Main results were found the industrial application in enhancing ASTP AM of manufactures.

Key words: information technology, functioning efficiency, justification of decision, adaptive synthesis, structure, assembly technological scheme, compromise alternative.