

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

ЗАХАРОВ МАКСИМ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 621.9

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДАННЯ ПРИ РЕІНЖИНІРИНГІ
АГРЕГАТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ ОБРОБКИ**

Спеціальність 05.02.08 - технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2013

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі технічного сервіса Сумського Національного аграрного університету Міністерства аграрної політики та продовольства України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Тимофієв Юрій Вікторович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мельниченко Олександр Анатолійович,
Українська інженерно-педагогічна академія, м.Харків,
професор кафедри металоріжучого обладнання та транспортних систем

доктор технічних наук, професор
Михайлов Олександр Миколайович,
Донецький Національний технічний університет,
завідувач кафедри технології машинобудування

Захист відбудеться «05» вересня 2013 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «02» серпня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Технологічні системи багатопозиційної обробки складають основу високоорганізованого і найбільш ефективного машинобудівного виробництва. За принципом багатопозиційності komponуються технологічні системи сучасного виробництва, коли позиції верстата пов'язані вимогами забезпечення технологічної спадковості, а заготовка або ріжучі інструменти між позиціями обробки транспортуються автоматично.

Агрегатовані технологічні системи в більшості випадків проектуються в одноваріантному виконанні, збираються по методу індивідуальної підгонки агрегатів, вузлів і деталей, що значною мірою відбивається на ефективності забезпечення параметрів такого устаткування. Після проектування та комплектації у процесі складання проводяться багаторазові установки і зняття вузлів, підгонка, дообробка, розмітка тощо. Все це приводить до підвищення трудомісткості останнього етапу виготовлення агрегатного металоріжучого устаткування, особливо при його реінжиніринзі, а також до теоретичної і практичної непередбачуваності кінцевого результату.

Таким чином, розробка науково обгрунтованої методології проектування і виготовлення агрегатованих технологічних систем металообробки різанням при їх реінжиніринзі у зв'язку зі зміною об'єкта обробки, з метою узгодження результатів на всіх етапах проектування є актуальною та визначила напрями дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технічного сервіса Сумського Національного аграрного університету у рамках завдань держбюджетних НДР МОН України «Побудова раціональних структур технологічних процесів в механоскладальному виробництві» (НДР 0107U002140), «Підвищення ефективності механоскладального виробництва управлінням ступенем диференціації технологічних операцій» (НДР 0108U010284), у яких здобувач був виконавцем окремих етапів. Здобувач брав участь у реінжиніринзі багатопозиційних агрегатних верстатів згідно з планами Державного підприємства «Харківський машинобудівний завод «ФЕД»».

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності складання при виготовленні нового та реінжиніринзі існуючого багатопозиційного агрегатованого металоріжучого устаткування за рахунок зниження трудомісткості та урахування технологічної спадковості.

Для досягнення мети в роботі поставлені та вирішені такі задачі:

- провести аналіз існуючого технологічного процесу складання складноструктурного багатопозиційного металоріжучого устаткування на прикладі багатопозиційних агрегатних верстатів, позиції обробки яких пов'язані забезпеченням вимог технологічної спадковості;
- розробити теоретичні положення оптимізації просторових розмірних ланцюгів з урахуванням технологічної спадковості при реалізації процесу багатопозиційної обробки в одній технологічній системі;

- розробити математичну модель просторових розмірних взаємозв'язків позицій обробки багатопозиційного агрегатного верстата при обмеженнях, обумовлених вимогами дотримання технологічної спадковості;
- розробити алгоритмічне, інформаційне та програмне забезпечення моделювання просторових розмірних взаємозв'язків вузлів та агрегатів, що компонується, для встановлення структури координатних розмірів при монтажі транспортної системи й позицій обробки багатопозиційних агрегатних верстатів;
- розробити методіку реінжиніринга багатопозиційних агрегатних верстатів при зміні об'єкта обробки та метрологічне забезпечення для їх складання;
- виконати практичну реалізацію результатів дослідження при реінжиніринзі агрегатних верстатів для обробки деталей гідравлічних систем.

Об'єкт дослідження – процес реінжиніринга багатопозиційних технологічних систем механічної обробки, що створюються за агрегатно-модульним принципом.

Предмет дослідження - технологія складання агрегованих технологічних систем багатопозиційної обробки.

Методи дослідження. Робота виконана на основі теоретичних і експериментальних досліджень розмірних взаємозв'язків багатопозиційних агрегованих технологічних систем з використанням положень технології машинобудування, теорії графів, методів математичної статистики і математичного моделювання. Експериментальні дослідження проводилися з використанням теорії математичного планування експериментів і статистичної обробки даних, сучасного дослідницького і промислового устаткування.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що на підставі аналізу існуючих систем проектування і виготовлення багатопозиційних агрегованих технологічних систем механічної обробки з круговим транспортуванням заготовки запропоновано удосконалений підхід до процесу складання, що дозволяє значно зменшити трудомісткість їх реінжинірингу при надійному забезпеченні необхідної точності обробки. Для цього:

- удосконалено систему аналізу та синтезу компонок багатопозиційних агрегованих технологічних систем та позицій обробки агрегатних верстатів, а також координатних зв'язків між ними;
- отримав подальший розвиток підхід до забезпечення ефективності компонок багатопозиційних агрегованих технологічних систем шляхом розробки моделі оптимізації просторових розмірних взаємозв'язків позицій обробки і їх елементів, яка враховує обмеження, що обумовлені вимогами технологічної спадковості;
- вперше розроблена тривимірна модель розмірних взаємозв'язків позицій обробки як основа синтезу віртуальної компонок багатопозиційної технологічної системи з круговим транспортуванням заготовки, що використовується для розмірного аналізу та визначення точності;
- вперше отримана структура взаємозв'язків координатних розмірів позицій багатопозиційного агрегатного верстата з урахуванням вимог технологічної спадковості при послідовній обробці поверхонь заготовок в різних технологічно взаємопов'язаних позиціях.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудування полягає в тому, що розроблений і впроваджений у практику промислового виробництва комплекс методичного, програмного та метрологічного забезпечення процесу складання багатопозиційних агрегатних верстатів дозволив:

- істотно (до 40%) понизити трудомісткість складання багатопозиційних агрегатних верстатів, які підлягають реінжинірингу;
- забезпечити комплексність обробки з дотриманням умов технологічної спадковості при надійному забезпеченні необхідної точності обробки на багатопозиційних агрегатних верстатах і тим самим підвищити ефективність і конкурентоспроможність цього високопродуктивного технологічного устаткування.

Результати досліджень впроваджено на Державному підприємстві «Харківський машинобудівний завод «ФЕД»» у процесі реінжинірингу групи спеціальних багатопозиційних агрегатних верстатів для обробки деталі «Корпус», економічний ефект від якого склав 130800 грн. Результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Сумського Національного аграрного університету при викладанні дисциплін «Технологія машинобудування», «Автоматика і автоматизація виробництва», «Основи технічної творчості».

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: виконання аналітичних та експериментальних досліджень, обробка та узагальнення отриманих результатів, участь у виробничому впровадженні. Постановка задач, аналіз і обговорення наукових результатів виконані спільно з науковим керівником.

Апробація результатів роботи. Основні результати дисертації доповідалися, обговорювалися й одержали позитивну оцінку на: 13-й, 16-й, 17-й та 18-й міжнародних науково-методичних конференціях «Технології 21 сторіччя» (Алушта, 2006, 2010, 2011, 2012 р.р.); міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченій 30-й річниці засвоєння Сумського Національного аграрного університета, «Аграрний форум - 2007» (Суми, 2007 р.); робота в повному обсязі доповідалась та була рекомендована до захисту на науковому семінарі кафедри технічного сервіса Сумського Національного аграрного університета (Суми, 2012 р.); на науковому семінарі кафедр технології машинобудування та металорізальних верстатів, інтегрованих технологій машинобудування ім. Семко Національного технічного університета «Харківський політехнічний інститут» (Харків, 2013 р.).

Публікації. Основні положення дисертації відображені в 14 наукових працях, з яких 6 статей в фахових виданнях України, 1 стаття в закордонному виданні.

Структура й обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, додатків та списку літератури. Загальний обсяг дисертації становить 173 сторінки, із них 71 рисунок по тексту; 16 таблиць по тексту; 108 найменувань використаних джерел на 10 сторінках; 1 додаток на 9 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і завдання досліджень, наукова новизна і практична цінність роботи, приведені відомості про апробацію і опубліковані матеріали.

У першому розділі виконаний аналіз літератури, який показав, що найбільш численну групу загального парку агрегатних верстатів складають багатопозиційні, середнього розміру, з поворотним столом і круговим розташуванням силових агрегатів на монтажній поверхні станини, тобто агрегатовані технологічні системи багатопозиційної обробки.

Процес створення унікального металоріжучого устаткування недостатньо вивчений на різних стадіях виготовлення, особливо в випадку перепроєктування та виготовлення деталей при зміні об'єкту обробки (при реінжиніринзі). Досяжні точностні параметри, у більшості випадків, не задовольняють постійно зростаючі вимоги до металообробки.

Нині складання агрегатних верстатів здійснюється за методом індивідуальної підгонки вузлів і деталей з використанням монтажного шаблону. При цьому виконується багатократна установка і зняття вузлів, розмітка, свердління по розмітці, нарізування різьб в кріпильних отворах, що спричиняє підвищення трудомісткості складання агрегатних верстатів більш, ніж на 30%, а також безпосередній вплив кваліфікації збирачів на точність складального процесу.

При складанні агрегатних верстатів з використанням монтажного шаблону необхідна точність взаємного розташування оброблюваної поверхні і ріжучого інструменту досягається на кожній позиції багатопозиційної агрегатованої системи окремо. При такому способі складання не враховується взаємозв'язок точностних параметрів між позиціями агрегатного верстата, що при обробці поверхні в декілька переходів на різних позиціях може приводить до значної погрішності кінцевого результату.

Основний акцент у роботі зроблений на багатопозиційну обробку із залежними технологічними переходами, оскільки саме в цьому випадку технологічна спадковість проявляється найбільшою мірою і треба корегувати розмірні взаємозв'язки між позиціями у процесі складання обладнання.

При дослідженні геометричної точності агрегатованого металоріжучого устаткування було виявлено, що плоско-проекційні розмірні ланцюги, що визначають точність взаємного розташування інструменту й оброблюваної поверхні, імітованої при складанні монтажним шаблоном, не можуть надійно забезпечити уявлення про технологічну спадковість унікального агрегатованого устаткування. Тому необхідно досліджувати й оптимізувати розмірні взаємозв'язки агрегатів, що комплектують позиції обробки багатопозиційного верстата, а також виявити взаємозв'язки цих позицій, що дозволить створити методи управління якістю виготовлення агрегатованого багатопозиційного устаткування залежно від вимог забезпечення технологічної спадковості і його цільового призначення.

У другому розділі розглянуті теоретичні основи побудови і оптимізації просторових розмірних ланцюгів. Останнім часом в багатьох галузях

машинобудівного виробництва при комплексному підході до конструювання і виготовлення широке вживання знаходить просторове моделювання. Найбільш традиційними областями використання є моделювання об'ємних зображень з метою їх подальшого конструкторсько-технологічного аналізу. Тут важливим є відображення на тривимірній моделі технологічних вимог, які в подальшому повинні враховуватися при виготовленні елементів і складанні реальних об'єктів, тривимірні моделі яких створюються. Наростаюча в даний час тенденція збільшення долі тривимірного моделювання, можливість використання об'ємних моделей для завдання геометричної інформації при автоматизованому проектуванні, часто виключають необхідність здобуття традиційно використовуваних плоско-проеційних креслень. Фізичні об'єкти, що моделюються при проектуванні, можуть бути представлені як тривимірні об'ємні зображення на основі проекційної інженерної графіки.

Для комплексного вирішення завдань геометричної точності агрегованих технологічних систем пропонується використання solid-моделей, створених на основі суцільних геометричних конструктивів (рис.1).

При використанні solid-моделювання складна просторова модель формується, як сукупність примітивів більш простої геометричної форми, сгрупованих між собою за допомогою Булевих операцій (об'єднання, віднімання, перетину та ін.).

Така постановка завдання дозволить конструктору вдосконалювати свої рішення і реалізувати їх у вигляді віртуального прототипу.

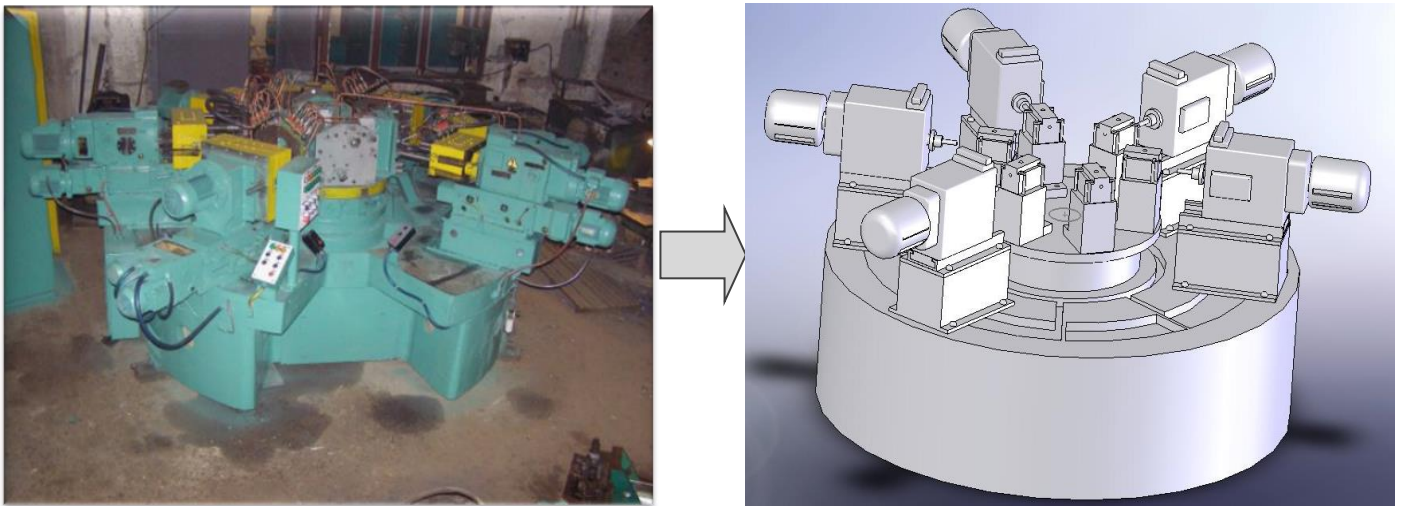


Рис. 1. Приклад агрегованої технологічної системи та її solid – моделі

Для аналізу, з точки зору точності виготовлення і складання окремих складальних одиниць і устаткування в цілому, побудовані просторові розмірні ланцюги (рисунки 2,3), специфіка яких полягає в тому, що побудувати їх можна тільки за допомогою тривимірного моделювання.

Отримані тривимірні моделі розмірних взаємозв'язків дозволяють: наочно представити точнісні параметри агрегатних верстатів; аналізувати у просторі точність виготовлення і складання окремих складальних одиниць і верстата в цілому; удосконалити технологію складання багатопозиційного агрегованого

металоріжучого устаткування з використанням монтажного шаблону, координатно пов'язавши всі елементи і ввівши компенсатори в розмірні ланцюги.

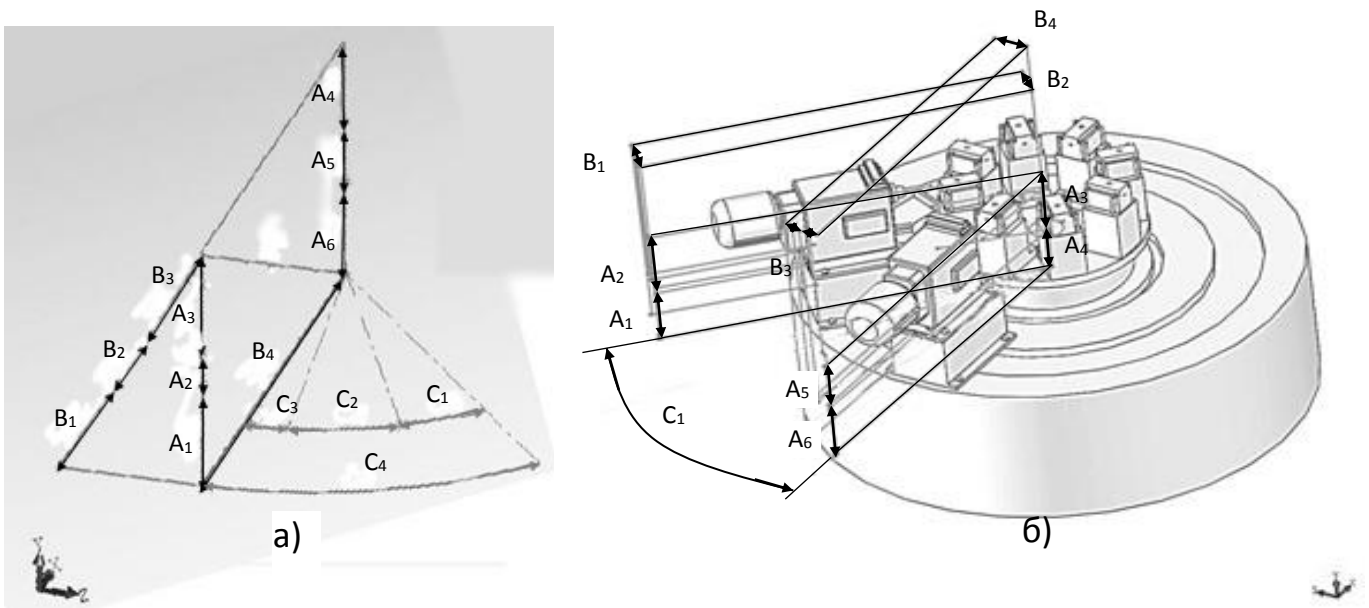


Рис. 2. Схема утворення розмірних ланцюгів в горизонтальній та вертикальній площинах: а-приклад побудови; б-відображення на solid-моделі

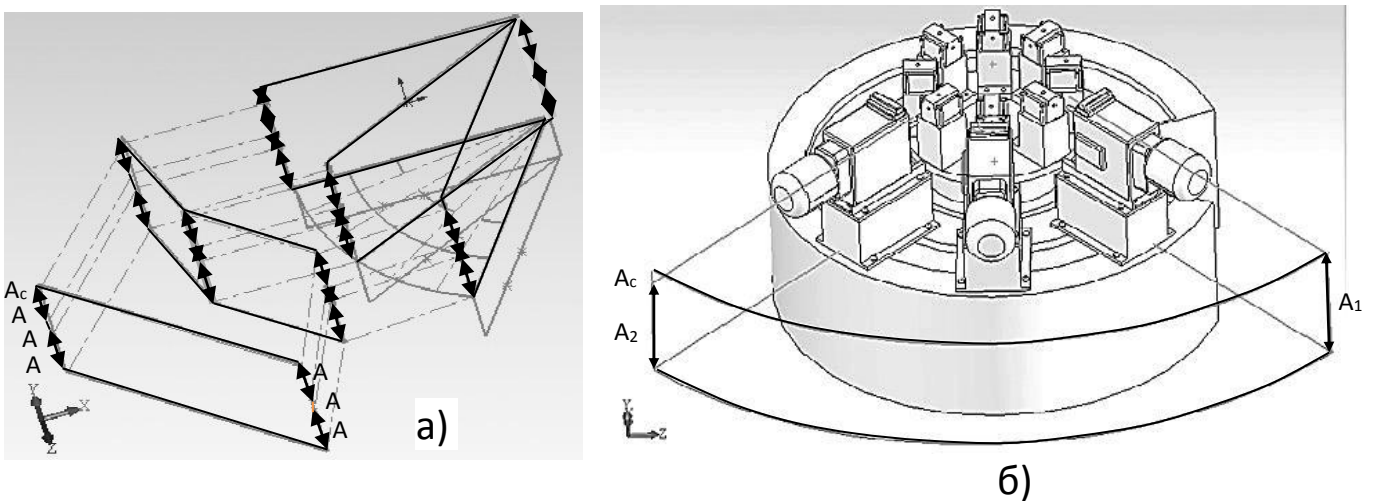


Рис. 3. Схема утворення просторових розмірних ланцюгів між позиціями пов'язаними вимогами технологічної спадковості: а-приклад побудови; б-відображення на solid-моделі

Застосування просторових розмірних ланцюгів разом із solid – моделюванням дозволило створити тривимірну модель розмірних взаємозв'язків агрегованих технологічних систем багатопозиційної обробки (рисунки 4,5).

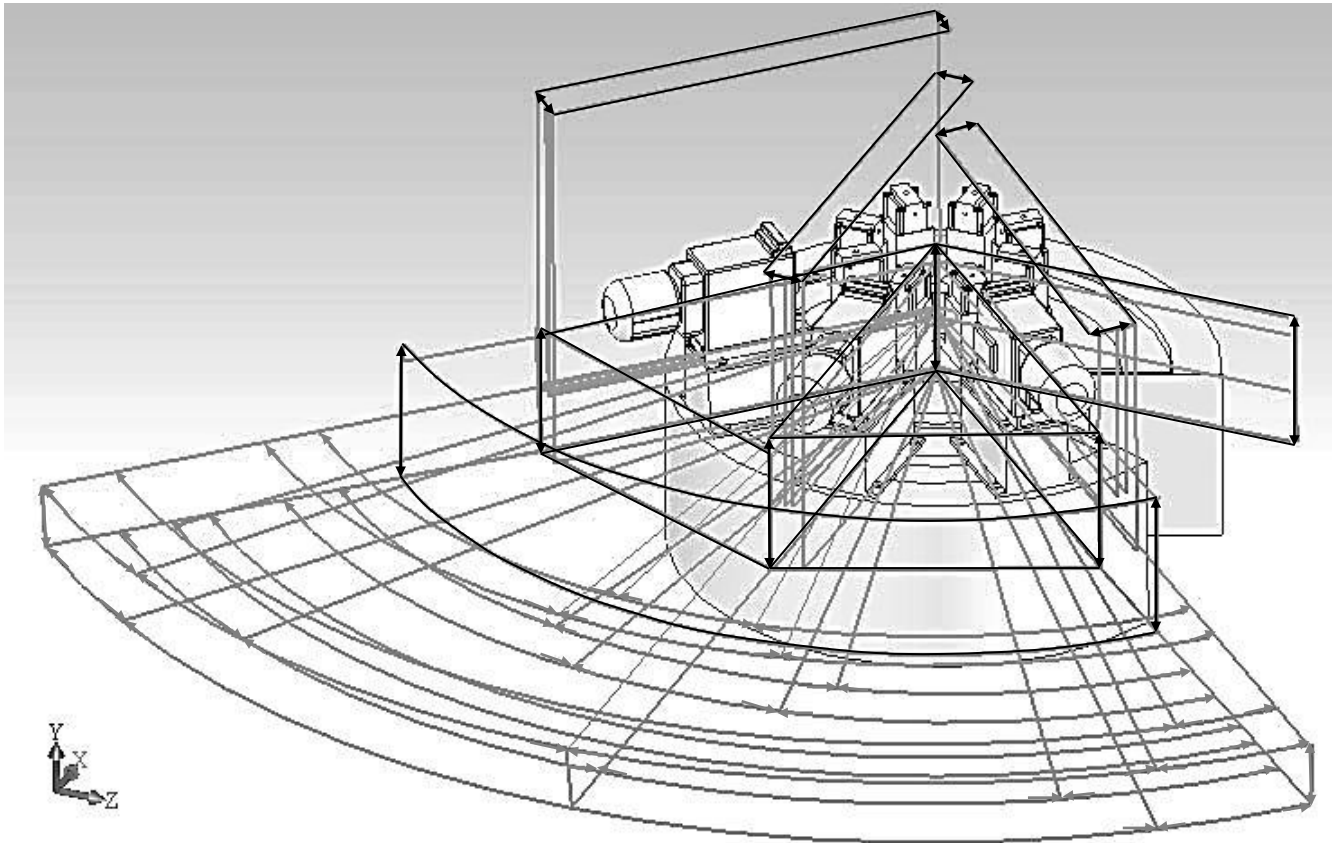


Рис. 4. Тривимірна модель розмірних взаємозв'язків агреатованих технологічних систем багатопозиційної обробки при горизонтальному розташуванні силових агрегатів

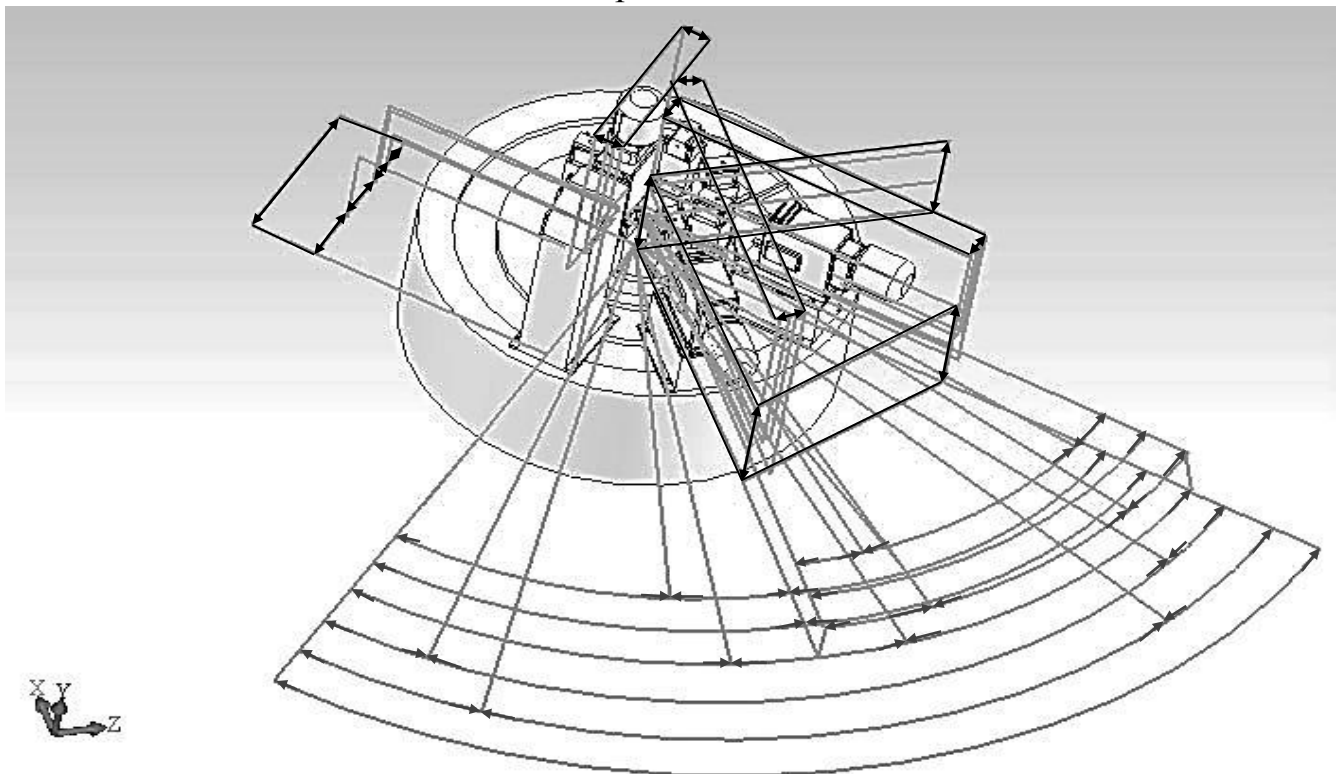


Рис. 5. Тривимірна модель розмірних взаємозв'язків агреатованих технологічних систем багатопозиційної обробки при горизонтальному та вертикальному розташуванні силових агрегатів

Задача розрахунку просторових розмірних ланцюгів формулюється наступним чином: підібрати допуски складових ланок так, щоб вони забезпечували допуск замикаючої ланки при обмеженнях діапазонів допусків замикаючих ланок. При оптимізаційному розрахунку необхідно мінімізувати довжину вектора, який є різницею вектора заданих параметрів замикаючої ланки та вектора розрахованих параметрів замикаючої ланки. Для цього описуємо спеціальну функцію, яка визначає довжину вектора:

$$vdl(v) := \sqrt{\sum_{i=1}^{rows(v)} (v_i)^2} \quad (1)$$

На вхід функції подається вектор V , на виході отримуємо його довжину. Тоді при оптимізації необхідно мінімізувати довжину цього вектора. Обмеження – це можливість забезпечення параметрів ланцюгів з технологічної точки зору. Тому оптимізаційна модель має вигляд:

1. Допустимі параметри замикаючої ланки:

$$vdop := (1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 0.5 \ 0.8)^T \quad (2)$$

2. Цільова функція:

$$fw(Mv1) := vdl \left(R2 \left(\prod_{i=1}^{cols(Mv1)} R1(Mv1^{(i)}) \right) - vdop \right) \quad (3)$$

3. Технічні обмеження на можливі допустимі відхилення параметрів ланцюгів:

$$0.4 \leq Mv1_{1,1} < 0.5 \quad (4)$$

4. Оптимізація:

$$rez := Minimize(fw, Mv1) = \begin{pmatrix} 0.46 & 0.541 \\ 0.495 & 0.493 \\ 0.508 & 0.503 \\ -0.986 & -1.013 \\ 0.251 & 0.256 \\ 0.399 & 0.397 \end{pmatrix} \quad (5)$$

При розрахунках матричним способом використано комплексну матрицю обертань і переміщень довкола всіх осей, але можливо розглядати окремі матриці обертань і переміщень відносно кожної з осей. В цьому випадку розрахунок умовно можна розбити на етапи, кожен з яких відповідає певній плоскості, в якій розраховуються значення допусків замикаючих ланок.

В результаті на базі аналізу практики обчислень розмірних ланцюгів різних типів основне рівняння розмірного ланцюга для матричного способу:

$$T_{\Delta} := \prod_{i=1}^n M_i \quad (6)$$

де n - кількість складових ланок розмірного ланцюга; M_i - узагальнена матриця обертань і переміщень в просторі для кожної складової ланки розмірного ланцюга.

У третьому розділі розроблена і досліджена математична тривимірна модель розмірних взаємозв'язків на прикладі багатопозиційного агрегатного верстата (АВ).

Оскільки технологічна спадковість, найбільшою мірою, проявляється на взаємозв'язаних позиціях механічної обробки АВ, для досліджень використано чотирьохпозиційний агрегатний верстат з горизонтальним розташуванням силових агрегатів і обробкою поверхні в декілька залежних переходів на різних позиціях.

Акцент зроблений на розмірні ланцюги, що утворюються при монтажі силового агрегату на верстаті й істотно впливають на співвісність шпинделя силової головки й оброблюваної поверхні в заготовці, що, зрештою, визначає точність обробки цієї поверхні на наступних позиціях (рис. 6).

При розробці загального алгоритму визначення розмірних взаємозв'язків у багатопозиційному агрегатному верстаті використано теорію графів. Складальні розмірні ланцюги, що зображені на рис.6, представляються графом (рис.7).

У графі помічені ребра, які відносяться до замикаючих розмірів у розмірних ланцюгах (ребра із стрілками), відносно яких справедливе твердження, що ці ребра відносяться тільки до одного циклу. При цьому необхідно врахувати, що складові ланки розмірних ланцюгів, які входять в інші розмірні ланцюги, можуть утворювати замкнутий контур тільки за наявності замикаючої ланки. Також необхідно врахувати, що просторовий розмірний ланцюг обумовлює наявність між одними і тими ж поверхнями декількох замикаючих ланок, розташованих в різних площинах.

Для того, щоб пошук складових ланок розмірного ланцюга проводився в площині замикаючої ланки, введено обмеження розмірні ланцюги розташовані в різних площинах позначені на графі лініями різного типу.

Пошук складових ланок розмірних ланцюгів повинен вестися по ребрах того ж типу, що і замикаюча ланка.

Завдання має, в загальному випадку, наступну постановку. На неорієнтованому графі, кратність ребер якого дорівнює одиниці, визначити фундаментальну безліч циклів, до кожного з яких входить тільки по одному відомому ребру.

Запропонована методика пошуку просторових розмірних ланцюгів дозволила, не тільки швидко виявляти розмірні взаємозв'язки, а й визначила загальні ланки для різних розмірних ланцюгів.

У четвертому розділі висвітлюється підведення раніш виконаних досліджень до практичного завершення, що виражається в розробці загальної методики реінжинірингу багатопозиційних агрегатних верстатів і детальному розгляді таких етапів проектування, як розробка технологічної компоновки, вибір транспортної системи і силових вузлів, напрями розрахунку та конструювання установчо-затискних пристосувань і багатошпіндельних вузлів, а також розрахунок точності

компоновки багатопозиційного АВ і методика складання вузлів та агрегатів багатопозиційних систем механообробки.

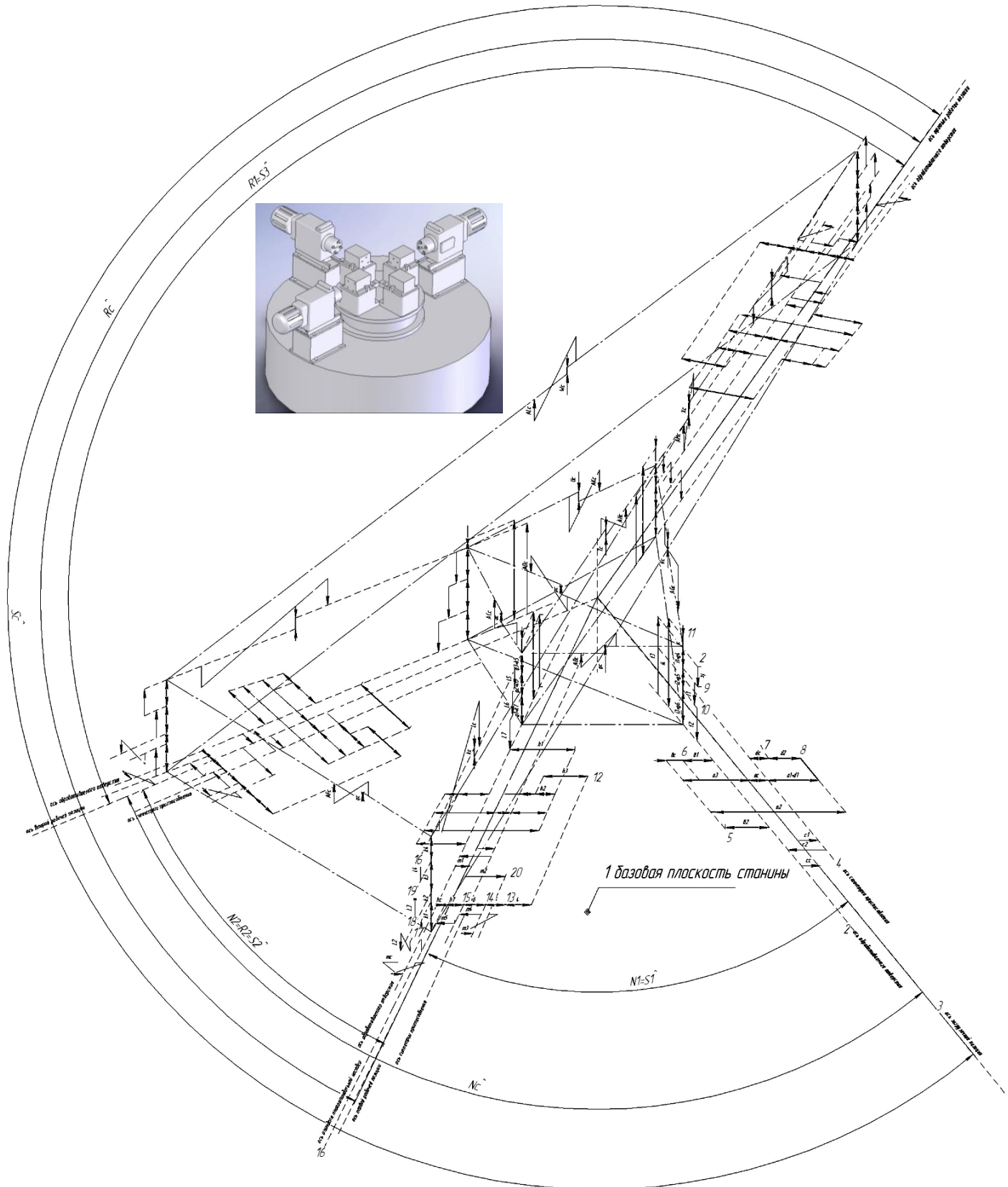


Рис.6. Тривимірний модель багатопозиційного агрегатного верстата і просторові розмірні ланцюги до неї

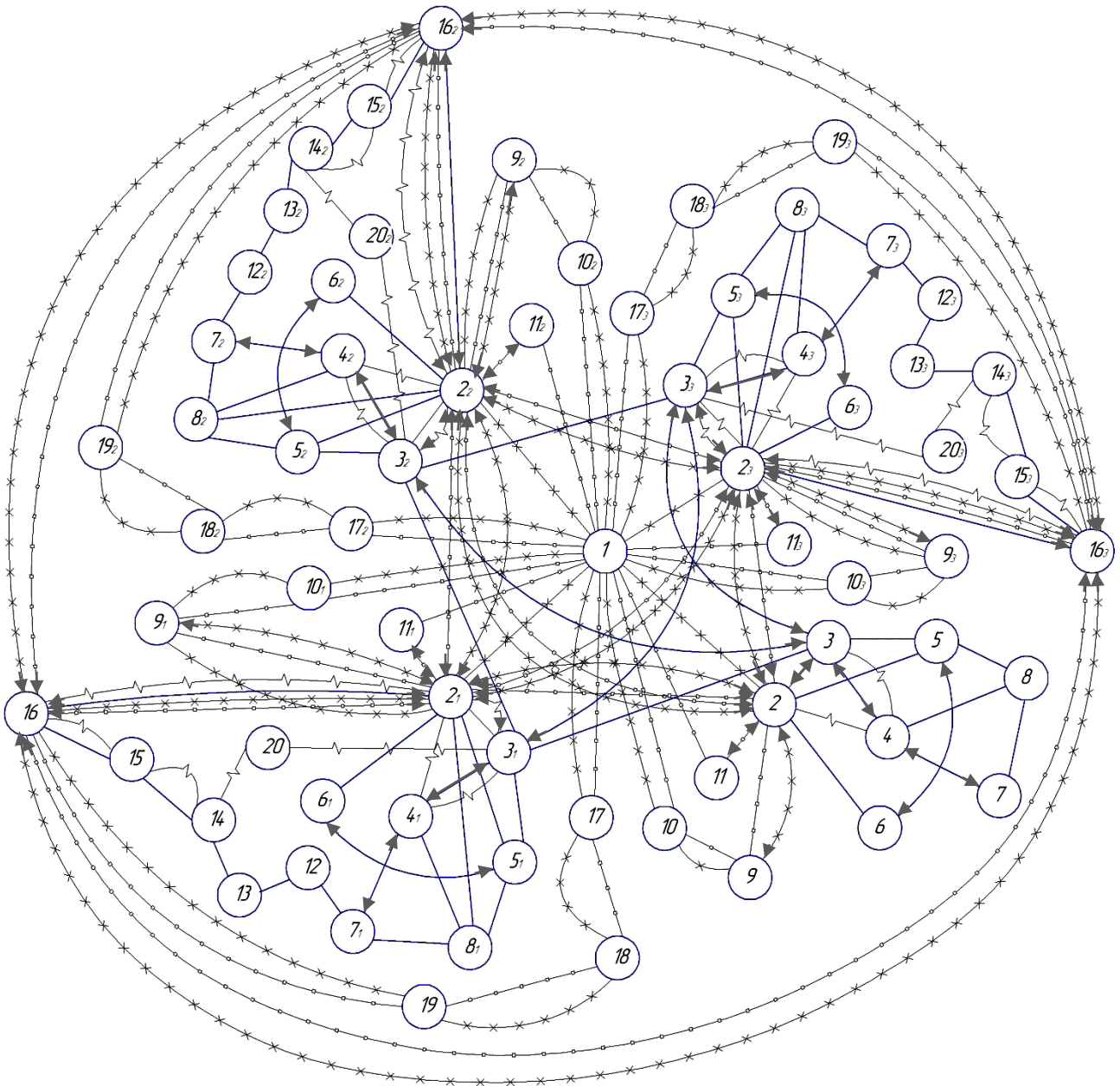


Рис.7. Граф просторових розмірних ланцюгів багатопозиційного агрегатного верстата, зображених на рис. 6

Як показав аналіз існуючого технологічного процесу складання агрегатних верстатів, операції обробки кріпильних отворів станини під підкладки, стійки і поворотно-ділильний стіл можна здійснювати безпосередньо в механічному цеху, де здійснюється обробка горловини і поверхні станини під монтаж вузлів. Проте необхідно визначити координати цих отворів так, щоб забезпечувалась точність взаємного розташування силових вузлів і об'єкту обробки.

Для виключення або мінімізації підгіночних робіт при монтажі позицій обробки при реалізації пропонованого методу перетворення систем координат і визначення взаємного просторового положення компонентів елементів АВ з'являється реальна можливість попереднього розрахунку розмірів з наступною розміткою станини під монтаж силових агрегатів (рисунки 8,9,10).

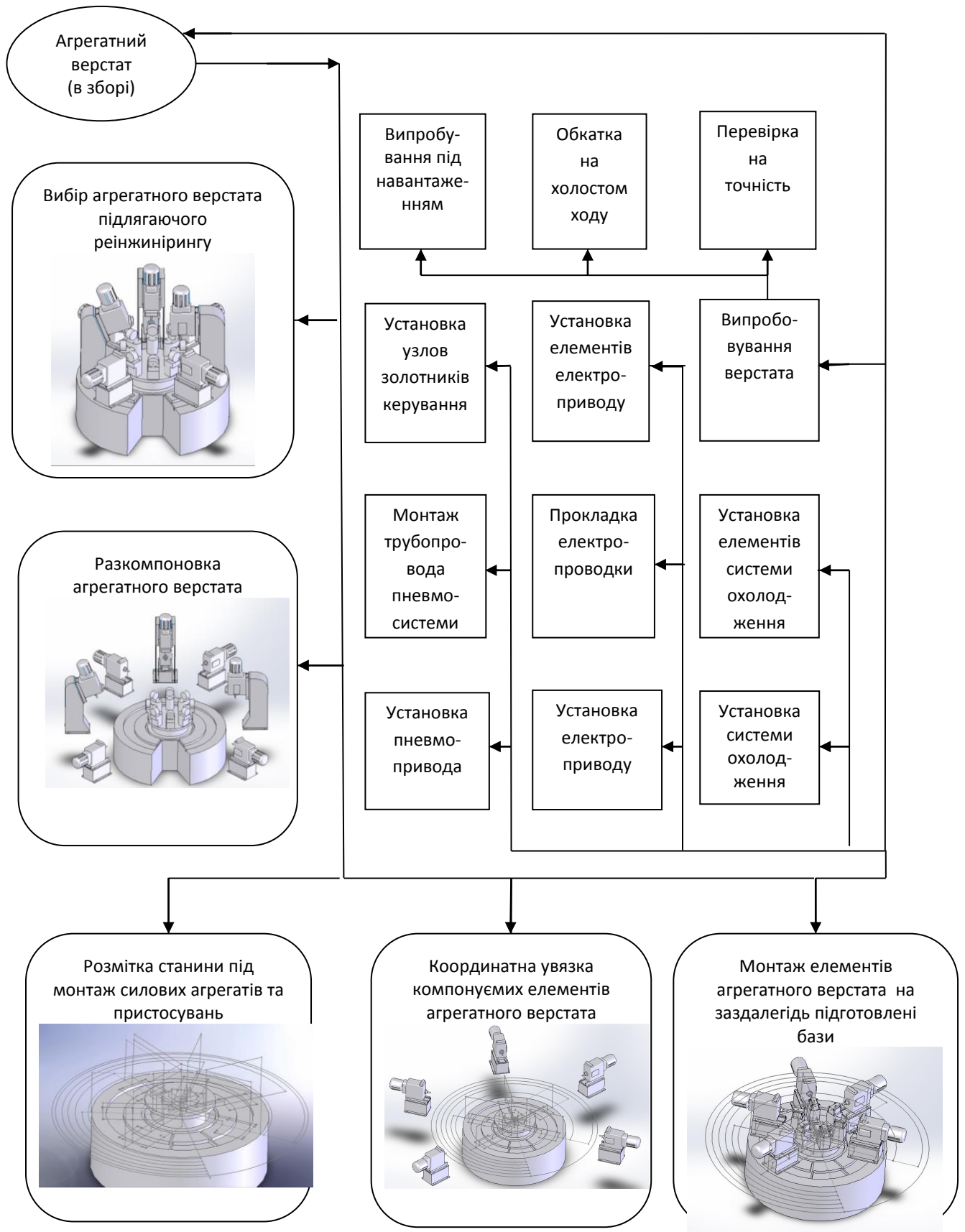


Рис. 8. Структура та візуалізація етапів складання багатопозиційних агрегатних верстатів при реінжиніринзі

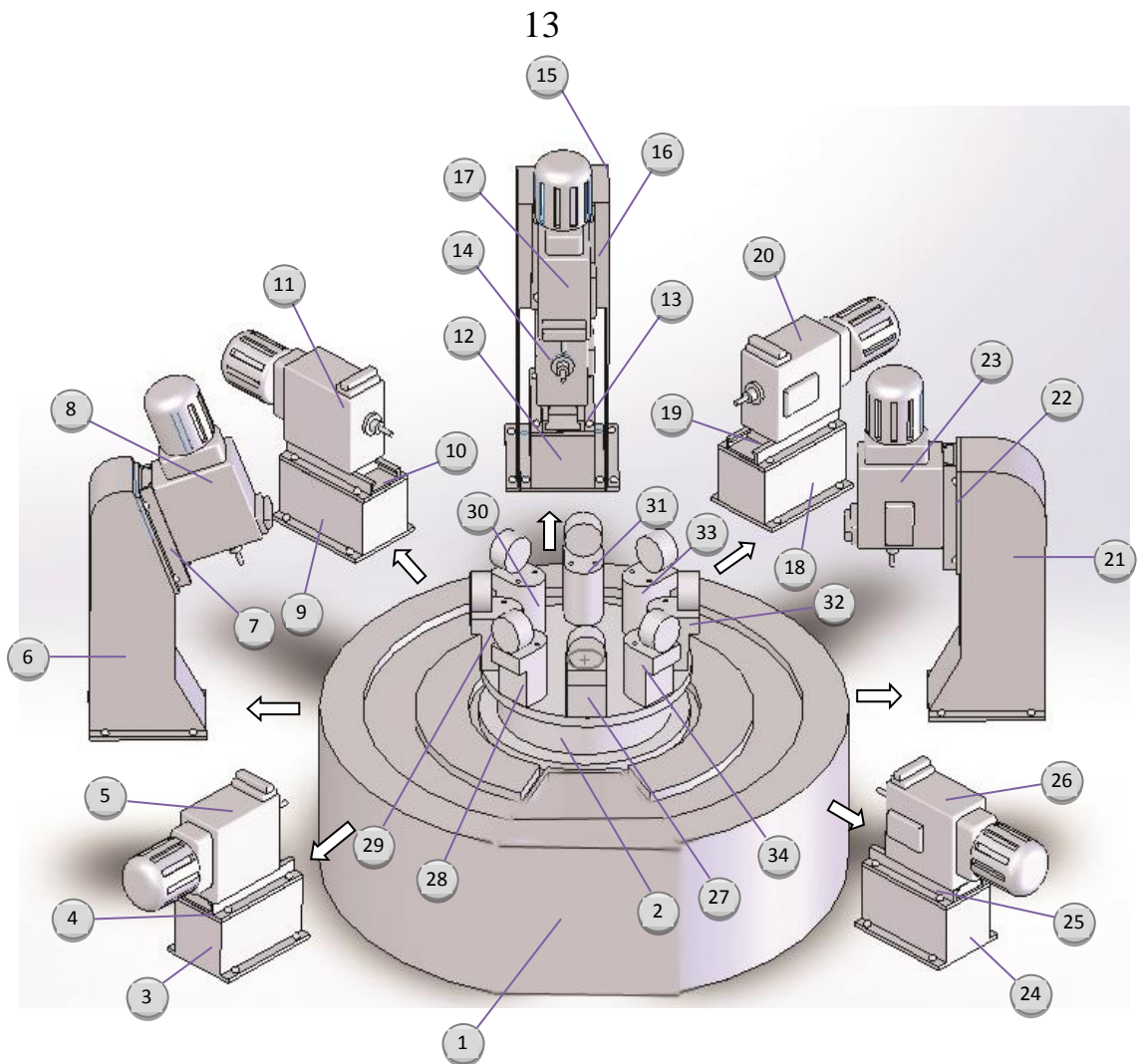


Рис.9. Разкомпоновка агрегатного верстата, підлягаючого реінжинірингу

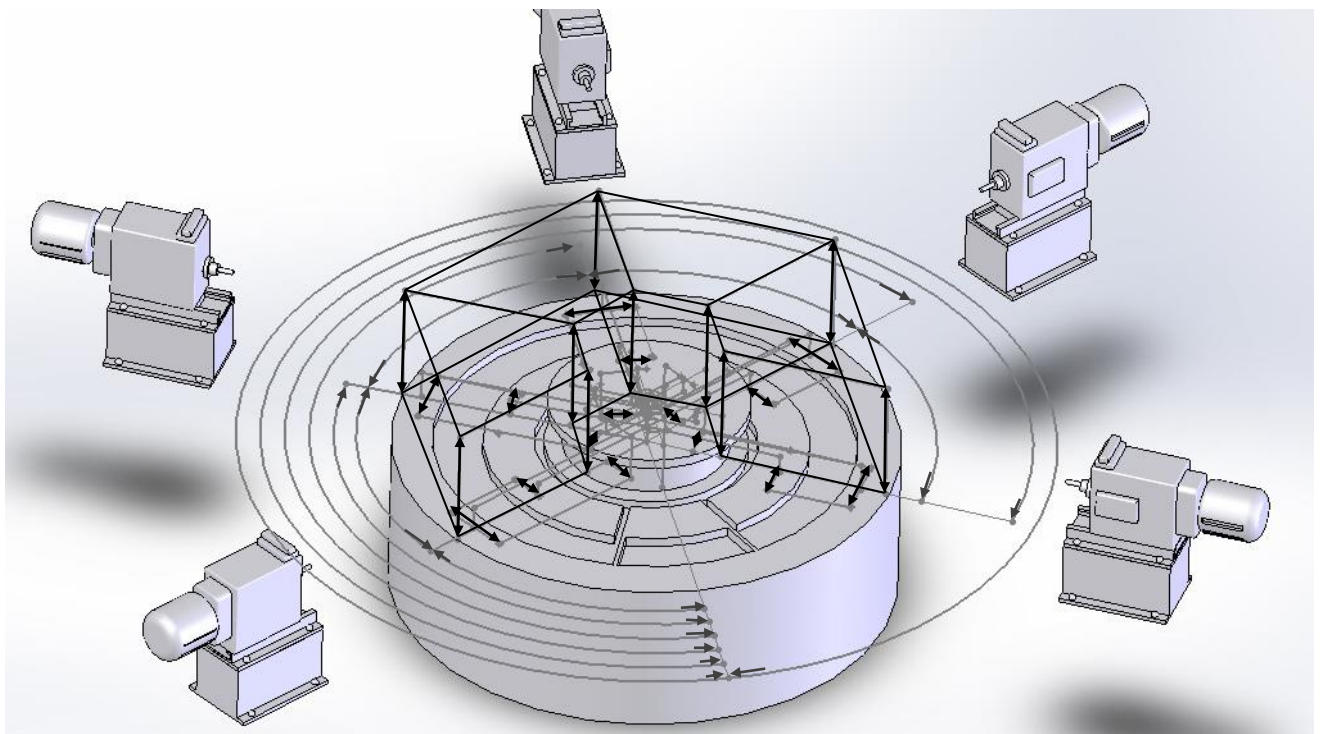


Рис.10. Розмітка станини під монтаж силових агрегатів і пристосувань нової компоновки агрегатного верстата

Розмітка станини під монтаж силових агрегатів та пристосувань здійснюється з використанням координатно-вимірювальних машин FARO Laser Tracker (рис.11), призначених для вимірювання деталей машин, контролю точності складання й позиціонування об'єктів з великою точністю. Завдяки FARO Laser Tracker можна контролювати параметри шляхом порівняння реальних поверхонь з комп'ютерною solid – моделлю.

Реалізація структури взаємозв'язків координатних розмірів позицій при монтажі елементів багатопозиційного агрегатного верстата наведена на рис.12.

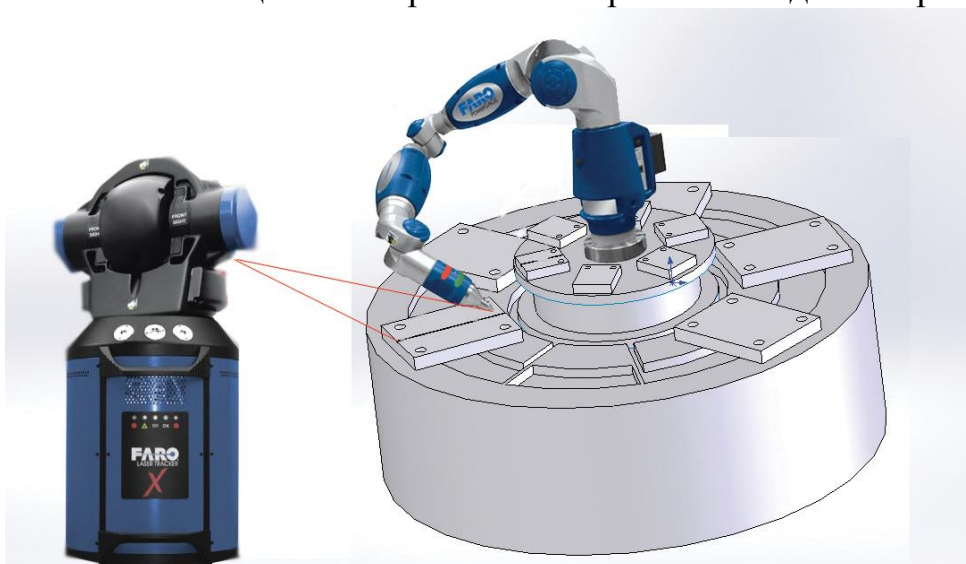


Рис.11. Установка перехідних плит для пристосувань та базування силових агрегатів з використанням координатно-вимірювальних машин FARO Laser Tracker

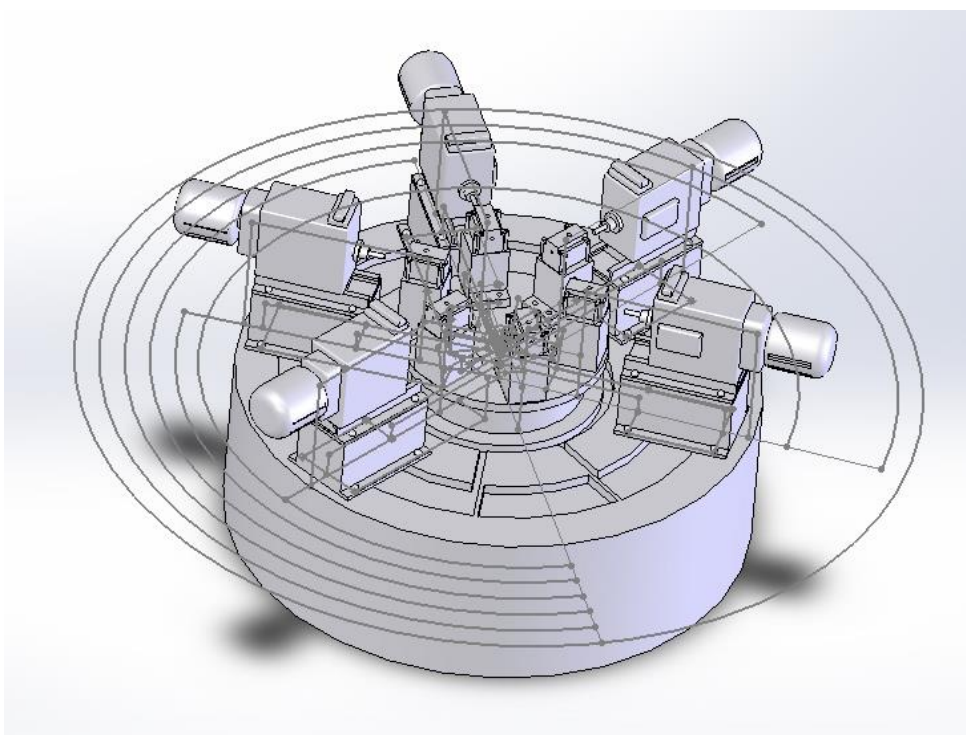


Рис.12. Монтаж елементів багатопозиційного агрегатного верстата на заздалегідь підготовлені бази

У п'ятому розділі виконане впровадження, «прив'язане» до Державного підприємства «Харківський машинобудівний завод «ФЕД»» (ДП ХМЗ «ФЕД»), яке полягає в тому, що розроблений реінжиніринговий проект переведення наявного парку агрегатних верстатів на виготовлення нових деталей, який включає: по-перше, обґрунтування необхідності проведення реінжинірингу; по-друге, аналіз характеристик багатопозиційних агрегатних верстатів, що знаходилися раніше в експлуатації і наявних у верстатному парку заводу; по-третє, проект технологічної компоновки комплексу багатопозиційних агрегатних верстатів; по-четверте, проект рішення і технологічну реалізацію компоновки кожного з верстатів з розрахунком і розробкою складальних процесів агрегатів технологічних систем з забезпеченням точної координатної ув'язки, виходячи з необхідної точності обробки, яка повинна забезпечуватися на складноструктурному металоріжучому устаткуванні.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена науково-технічна задача забезпечення точності обробки при створенні нових і реінжиніринзі діючих багатопозиційних агрегатних верстатів за рахунок зниження трудомісткості складання в умовах автоматизованого розрахунку розмірних і координатних взаємозв'язків позицій обробки з урахуванням технологічної спадковості.

1. Розроблена система розрахунку координатних взаємозв'язків компонованих у багатопозиційну технологічну систему агрегатів, що базується на вперше розробленій тривимірній моделі розмірних схем позицій обробки, яка дозволяє враховувати вимоги технологічної спадковості при виконанні технологічно пов'язаних переходів і приводить до значного зниження трудомісткості складання агрегатних верстатів при їх реінжиніринзі, підвищенню надійності забезпечення необхідної точності;

2. Запропоновані класифікатори елементів, що утворюють позицію обробки і багатопозиційну компоновку агрегатного верстата, що дозволяють розробляти схеми координатних взаємозв'язків компонованих у технологічну систему агрегатів і технологічно забезпечувати монтаж елементів при складанні складноструктурного металоріжучого устаткування;

3. Розроблена тривимірна модель розмірних взаємозв'язків позицій обробки в багатопозиційних технологічних системах і, зокрема, багатопозиційних агрегатних верстатах з круговим транспортуванням заготовки по технологічному циклу обробки, що дозволяє моделювати координатну систему складноструктурного устаткування залежно від кількості взаємозв'язаних позицій і здійснювати корегування розмірних ланцюгів складноструктурних металоріжучих верстатів з урахуванням вимог технологічної спадковості;

4. Розроблений комплекс методичного, програмного та метрологічного забезпечення процесів складання при реінжиніринзі багатопозиційних агрегатних верстатів, що дозволяє істотно зменшити трудомісткість цих етапів створення складноструктурного металоріжучого устаткування і забезпечити можливість обліку вимог технологічної спадковості при проектуванні і складанні робочих позицій і багатопозиційних технологічних систем;

5. Істотно (до 40%) зменшена трудомісткість складання багатопозиційних агрегатних верстатів і змінена структура складального процесу складноструктурного металоріжучого устаткування, яка дозволила виконати реінжиніринг вказаних технологічних систем при необхідності зміни об'єкту обробки і тим самим розширити можливості принципу агрегування у верстатобудуванні;

6. На основі виконаних розробок забезпечена можливість прогнозування кінцевого результату при проектуванні й виготовленні багатопозиційних агрегатних верстатів, що дозволило підвищити точність обробки деталей на цьому устаткуванні, забезпечити комплексність обробки, підвищити економічну ефективність і конкурентоспроможність за рахунок виключення надлишкової точності обробки або доведення її до розрахункового мінімуму, що дозволяє надійно забезпечити кінцевий результат.

7. Упровадження результатів дослідження виконано на Державному підприємстві «Харківський машинобудівний завод «ФЕД»» (ДП ХМЗ «ФЕД») у процесі реінжинірингу групи спеціальних багатопозиційних агрегатних верстатів для наступної обробки деталі «Корпус», економічний ефект від якого склав 130800 грн.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Захаров М.Н. 3D моделювання геометричної точності агрегатированного металорежущего оборудования / Ю.В.Тимофеев, М.Н. Захаров // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». - Харків : НТУ «ХПІ», 2007.- № 1,- С. 138-142. *(Здобувачем пропонується використання тривимірного моделювання для відображення розмірних ланцюгів агреатованого металоріжучого устаткування)*

2. Захаров М.Н. Проблемы повышения качества сельскохозяйственной техники на этапе изготовления / М.Н. Захаров // Вісник Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2007.- № 67,- С.55-62.

3. Захаров М.Н. Общий алгоритм определения размерных взаимосвязей в многопозиционном агрегатном станке / М.Н. Захаров // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». - Харків : НТУ «ХПІ», 2008.-№ 35,-С.126-133.

4. Захаров М.Н. Исследование технологической наследственности многопозиционного агрегатированного металорежущего оборудования с помощью пространственных размерных цепей / Ю.В.Тимофеев, М.Н. Захаров // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». - Харків : НТУ «ХПІ», 2008.-№ 4,-С.40-46. *(Здобувачем досліджується технологічна спадковість багатопозиційного агреатованого металоріжучого устаткування за допомогою просторових розмірних ланцюгів)*

5. Захаров М.Н. Технологическое обеспечение сборки многопозиционных систем механической обработки / Ю.В.Тимофеев, М.Н. Захаров // Вісник Національного

технічного університету «Харківський політехнічний інститут». - Харків : НТУ «ХПІ», 2009.-№ 2,-С.119-122. *(Здобувачем досліджено технологічне забезпечення складальних процесів багатопозиційних систем механічної обробки за допомогою просторових розмірних ланцюгів)*

6. Захаров М.Н. Проблемы реинжиниринга специального металлорежущего оборудования / Ю.В.Тимофеев, А.А. Пермяков, М.Н. Захаров // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. - Краматорск: ДДМА, 2010.- № 27,- С. 53-63. *(Здобувачем розроблено методика розрахунку точності агрегатного верстату, побудовану на аналізі просторової схеми розташування складальних одиниць та точності виготовлення і взаємного розташування окремих монтуємих елементів)*

7. Захаров М.Н. Реинжиниринг многопозиционного металлорежущего оборудования / Ю.В.Тимофеев, М.Н. Захаров // Вісник Сумського Національного аграрного університету.- Суми: СНАУ, 2012.-№ 6(24),-С.101-103. *(Досліджено технологічне забезпечення реінжинірингу спеціального металоріжучого обладнання механічної обробки за допомогою просторових розмірних ланцюгів)*

8. Захаров М.Н. Реинжиниринг многопозиционных агрегатных станков при изменении объекта обработки / Ю.В. Тимофеев, М.Н. Захаров // Вестник Волгоградского государственного технического университета. - Волгоград: ВолгГТУ,Тольятти: Ирбит: ЗАО «ОНИКС», 2013,- С. 116-122. *(Здобувачем досліджено технологічне забезпечення реінжинірингу спеціального металоріжучого обладнання механічної обробки за допомогою просторових розмірних ланцюгів)*

9. Захаров М.Н. Анализ показателей и методик оценки технологичности изделий / М.Н. Захаров // «Технології 21 сторіччя»: 13-а міжнародна науково-методична конференція:збірник праць.- Алушта, 2006,- С.109-110.

10. Захаров М.Н. Використання 3D моделювання при вирішенні питань геометричної точності агрегатованих технологічних систем /М.Н. Захаров// «Аграрний форум-2007»: міжнародна науково-практична конференція молодих учених, присвячена 30-й річниці заснування Сумського національного аграрного університету: збірник праць.- Суми, 2007,-С.196 -197.

11. Захаров М.М. Дослідження геометричної точності агрегатованих технологічних систем з використанням тривимірного моделювання / Ю.В.Тимофіїв, М.М. Захаров // «Технології 21 сторіччя»: 16-а міжнародна науково-методична конференція:збірник праць.- Алушта, 2010,-С.12. *(Запропоновано тривимірне моделювання для вирішення задач геометричної точності агрегатованих технологічних систем)*

12. Захаров М.Н. Проблемы реинжиниринга многопозиционных агрегатных станков /М.Н. Захаров// «Технології 21 сторіччя»: 17-а міжнародна науково-методична конференція:збірник праць.- Алушта, 2011.-С.27-28.

13. Захаров М.М. Дослідження геометричної точності багатопозиційних технологічних систем з використанням тривимірного моделювання /Ю.В.Тимофіїв, М.М. Захаров //«Технології 21 сторіччя»: 18-а міжнародна науково-методична конференція:збірник праць.- Алушта, 2012.-С.21-22. *(Досліджено можливості просторового моделювання геометричної точності багатопозиційних технологічних систем)*

14. Захаров М.Н. Реинжиниринг многопозиционного металлорежущего оборудования /М.Н.Захаров// «Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації і електропривід»: Всеукраїнська науково-технічна конференція, присвячена 60-річчю ДГМА: збірник праць.- Краматорськ,2012,-С.88-89.

АНОТАЦІЇ

Захаров Максим Миколайович «Підвищення ефективності складання при реінжиніринзі агрегатованих технологічних систем багатопозиційної обробки».- На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – «Технологія машинобудування». Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2013.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності складання при реінжиніринзі агрегатованих технологічних систем багатопозиційної обробки.

У роботі розроблена система розрахунку координатних взаємозв'язків компонентів у багатопозиційну технологічну систему агрегатів, що базується на вперше розробленій тривимірній моделі розмірних схем позицій обробки, яка дозволяє враховувати вимоги технологічної спадковості при виконанні технологічно пов'язаних переходів і призводить до значного зниження трудомісткості складання агрегатних верстатів при їх реінжиніринзі, підвищенню надійності забезпечення необхідної точності.

На основі виконаних розробок забезпечена можливість прогнозування кінцевого результату при проектуванні і виготовленні багатопозиційних агрегатних верстатів, що дозволило підвищити точність обробки деталей на цьому устаткуванні, забезпечити комплексність обробки, підвищити економічну ефективність і конкурентоспроможність, понизити собівартість досягнення одиниці точності, яка «закладається» в агрегатний верстат при проектуванні й виготовленні, за рахунок виключення надлишкової точності обробки або доведення її до розрахункового мінімуму, що дозволяє надійно забезпечити кінцевий результат.

Упровадження результатів дослідження виконано на Державному підприємстві «Харківський машинобудівний завод «ФЕД»»(ДП ХМЗ «ФЕД») у процесі реінжиніринга групи багатопозиційних агрегатних верстатів для обробки деталі «Корпус», економічний ефект від якого склав 130800 грн.

Ключові слова: агрегування, технологічна система, точність обробки, технологічний процес складання, технологічна спадковість, математична модель, моделювання, реінжиніринг.

Захаров Максим Николаевич «Повышение эффективности сборки при реинжиниринге агрегированных технологических систем многопозиционной обработки».- На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения». Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, 2013.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности сборки при реинжиниринге агрегатированных технологических систем многопозиционной обработки.

В работе разработана система расчета координатных взаимосвязей компонуемых в многопозиционную технологическую систему агрегатов, которая базируется на впервые разработанной трехмерной модели размерных связей позиций обработки, позволяющая учитывать требования технологической наследственности при выполнении технологически связанных переходов и приводящая к значительному снижению трудоемкости сборки многопозиционных агрегатных станков при их реинжиниринге, повышению надежности обеспечения необходимой точности.

Предложены классификаторы элементов, которые образуют позицию обработки и многопозиционную компоновку агрегатного станка, что позволяет разрабатывать схемы координатных взаимосвязей компонуемых в технологическую систему агрегатов и технологически обеспечивать эффективный монтаж элементов при сборке сложноструктурного металлорежущего оборудования, перераспределяя трудоемкость выполнения ручных и механических операций, увеличивая долю последних.

Разработана трехмерная модель размерных взаимосвязей позиций обработки в многопозиционных технологических системах и, в частности, многопозиционных агрегатных станках с круговой транспортировкой заготовки по технологическому циклу обработки, что позволяет моделировать координатную систему сложноструктурного оборудования в зависимости от количества взаимосвязанных позиций и осуществлять оптимизацию размерных цепей сложноструктурных металлорежущих станков с учетом требований технологической наследственности.

Разработан комплекс методического, алгоритмического и программного обеспечения процессов проектирования и изготовления многопозиционных агрегатных станков, позволяющий существенно снизить трудоемкость этих этапов создания сложноструктурного металлорежущего оборудования и обеспечить возможность учета требований технологической наследственности при проектировании и сборке рабочих позиций и многопозиционных технологических систем.

На основе выполненных разработок обеспечена возможность прогнозирования конечного результата при проектировании и изготовлении многопозиционных агрегатных станков, что позволило повысить точность обработки деталей на этом оборудовании, обеспечить комплексность обработки, повысить экономическую эффективность и конкурентоспособность, снизить себестоимость достижения единицы точности, которая «закладывается» в агрегатный станок при проектировании и изготовлении, за счет исключения избыточной точности обработки или доведения ее до расчетного минимума, что позволяет надежно обеспечить конечный результат.

Внедрение результатов исследования выполнено на Государственном предприятии «Харьковский машиностроительный завод «ФЭД»» (ГП ХМЗ «ФЭД»)

в процессе реинжиниринга группы многопозиционных агрегатных станков для обработки детали «Корпус», экономический эффект от которого составил 130800 грн.

Ключевые слова: агрегатирование, технологическая система, точность обработки, технологический процесс сборки, технологическая наследственность, математическая модель, моделирование, реинжиниринг.

Maksym Zaharov "Increase of efficiency of assembling at reinzhiniringe multiposition technological systems ".-Manuscript.

Dissertation on obtaining the candidate of engineering science graduate degree, specialty 05.02.08 – manufacturing engineering. National technical university «Kharkov polytechnic institute», Kharkov, 2013.

Dissertation is dedicated to the solving of the problem of the increase of efficiency of assembling at reinzhiniringe multiposition technological systems.

In process the worked out system of calculation of coordinate intercommunications in the multiposition technological system of aggregates, that is based on the first worked out three-dimensional model of size charts of positions of treatment and results in the considerable decline of stowage of aggregate machine-tools at heir reinzhiniringe, to the increase of reliability of providing of necessary exactness.

On the basis of the executed developments the provided possibility of prognostication of end-point at planning and making of multiposition aggregate machine-tools, that allowed to promote exactness of treatment of details on this equipment, to provide the complexity of treatment, promote economic efficiency, bring down prime price of unit of exactness, that is «mortgaged» in an aggregate machine-tool at planning and making, due to the exception of surplus exactness of treatment or leading to the calculation minimum, that allows reliably to provide eventual result.

The result of performed researches allowed to get a profit 130800 UAH.

Key words: unitization, technological system, exactness of treatment, technological process of assembling, technological heredity, mathematical model, design, reinzhiniringe.

Підписано до друку 15.05.2013.
Формат 60x90/16. Ум.друк.арк. 1,1. Обл.-вид.арк.0,9. Тираж 100 прим.
Замовлення № 514. Папір ксероксний. Гарнітура Times New Roman Cyr.
Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет
Вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідотцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
ДК №3062 від 17.12.2007р.