

8. Электромиографический аппаратный комплекс «НЕЙРО-МИОГРАФ» [Текст]: техническое описание и инструкция по эксплуатации. — Москва, 2003. — 7 с.
9. Шишкин, Г. Г. Приборный компьютеризированный комплекс для диагностики функционального состояния операторов радиоэлектронных станций [Текст]: тез. докл. / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев, С. М. Еськин и др. // 15-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». — Севастополь, 2005. — С. 892–893.
10. Кравченко, М. Ф. Использование аналитического комплекса АКС-ЭНОФИТ для обследования больших групп населения [Текст] / М. Ф. Кравченко, Р. В. Ставицкий, Л. А. Лебедев и др. // Медицинская техника. — 2006. — № 4. — С. 41–43.
11. Кнорринг, В. Г. Диагностико-лечебный комплекс с перестраиваемой структурой [Текст] / В. Г. Кнорринг, Л. Н. Кнорринг, В. Н. Мартынов, В. Ю. Сальников // Медицинская техника: двухмесячный научно-технический журнал. — М.: Медицина, 1997. — № 1. — С. 17–20.
12. Черняк, А. Н. Нейрокомпьютеринг психофизиологического состояния человека [Текст] / А. Н. Черняк, Е. Н. Довгялло, Ю. Г. Выхованец, Г. И. Миронова // Вестник гигиены и эпидемиологии. — ДонДМУ, 2005. — Т. 5, № 1. — С. 41–43.
13. Кочина, М. Л. Подходы к моделированию функционального состояния зрительной системы [Текст] / М. Л. Кочина, С. Н. Лад, Л. Ф. Сайковская и др. // Кибернетика и вычислительная техника. — 2009. — Вып. 159. — С. 19–27.
14. Кочина, М. Л. Атоматизированный комплекс для диагностики функционального состояния пользователей ПК [Текст] / М. Л. Кочина, Л. Ф. Сайковская // Радиотехника: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. — 2006. — Вып. 146. — С. 49–54.
15. Виленкин, С. Я. Статистическая обработка результатов исследований случайных функций [Текст] / С. Я. Виленкин. — М.: Энергия, 1979. — 320 с.
16. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа [Текст] / Э. Ферстер, Б. Ренц. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 302 с.
17. Навакатикян, А. О. Физиология и гигиена умственного труда [Текст] / А. О. Навакатикян, В. В. Крыжановская, В. В. Кальниш. — К.: Здоров'я, 1987. — 152 с.
18. Navakatikyan, A. O. VDT-users; efficacy: Methods of investigation and assessment criteria [Text] / A. O. Navakatikyan, V. V. Kalnish, V. M. Martirosova et al. // Proceedings of International Conference on Work with Display Units. — Stockholm, 1986. — P. 10–13.
19. Спосіб діагностики і інформаційного навантаження друкованих видань для дітей та підлітків [Текст]: Патент України № 43719А, МПК А 61 В 10/00 / Кривоносов М. В., Подрігало Л. В., Кочина М. Л., Яворський О. В., Маслова Н. М. — № 2001063812; заявл.06.06.2001; опубл. 17.12.2001, Бюл. № 11. — 1 с.

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЗРИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

В статье представлена информационная технология оценки функционального состояния оператора зрительного профиля. Технология позволяет регистрировать показатели функционального состояния, осуществлять отбор информативных показателей и прогнозировать изменение функционального состояния человека в процессе зрительного труда с различными видами визуальной нагрузки. Представленная технология может быть использована для профессиональной деятельности и для прогнозирования течения какого-либо заболевания или эффективности лечения.

Ключевые слова: информационная технология, оператор зрительного профиля, оценка функционального состояния, утомление, программно-аппаратный комплекс.

Сайківська Лілія Федорівна, кандидат технічних наук, кафедра радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, e-mail: lily_s_f@mail.ru.

Сайковская Лилия Федоровна, кандидат технических наук, кафедра радиотехнологий информационно-коммуникационных систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина.

Saikivska Liliia, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: lily_s_f@mail.ru

УДК 621.727

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47919

**Чибіряк Я. І.,
Федотова Н. А.,
Думанчук М. Ю.**

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ

Запропоновано математичні моделі, що відображають зв'язки базування та розмірні зв'язки між складальними елементами, враховують обмеження доступу, конструкторсько-технологічні та екологічні критерії складальних процесів. З їх використанням розроблено метод синтезу раціональної послідовності складання виробів, який відрізняється тим, що при побудові варіантів послідовності складання враховується комплекс технологічних та екологічних обмежень, що дозволяє забезпечити задану якість виробу та мінімізувати тривалість виробничого циклу.

Ключові слова: тривалість виробничого циклу, екологічні обмеження, послідовність складання, метод, алгоритм.

1. Вступ

Забезпечення високої конкурентоспроможності випускаючих виробів вимагає підвищення якості їх виготовлення з одночасним зниженням виробничих затрат. Процес складання являється заключним і визначним етапом виробничого процесу. Дослідження оптимізації

складальних виробництв показують, що від обраного варіанту складання залежить трудомісткість технологічного процесу, собівартість обладнання, витрати на процес складання. При цьому важливо проектувати саме такий варіант складання виробу, що дозволяє скоротити виробничий цикл, так як це призводить до збільшення продуктивності праці, зменшення виробничих площ, зниження

собівартості продукції, до прискорення обігу коштів, вкладених у виробництво. Скорочення тривалості і підвищення якості проектування технологічних процесів забезпечується використанням ЕОМ. Раціональне використання ЕОМ пов'язано з потребою формального опису задачі визначення раціональної послідовності складання. У зв'язку з цим тема роботи є актуальною.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Аналіз сучасного стану складальних процесів дозволяє відмітити [1–6]:

- зростання трудомісткості складальних робіт, що є наслідком ускладнення конструкції виробів машинобудування;
- відставання рівня механізації та автоматизації складальних процесів від заготівельних та механообробних;
- значне використання одноманітної та низько-ефективної ручної праці;
- низький рівень якості та організації складальних процесів.

Тому удосконалення технології, організації, механізації та автоматизації складальних процесів є основним науковим напрямком розвитку технологічних процесів складання. Приклади удосконалення складальних процесів [7–9] показують, що при рішенні даної задачі необхідно, з використанням системного підходу, враховувати всі складові виробничого процесу. Важливим завданням при оптимізації складальних процесів являється знаходження раціонального варіанту технологічного процесу складання. Від обраного варіанту складання виробу залежить його якість, продуктивність робіт, собівартість, тривалість виробничого циклу [10].

Задачу визначення раціональної послідовності складання відносять до класу слабо структурованих та таких, що важко піддаються формалізації [11, 12]. В [12] для рішення даної задачі було використано теорію підтримки і прийняття рішень. В роботах [2, 13–15] для проектування технологічних процесів складання застосовують методи штучного інтелекту, теорію графів, матриць, множин. В [16, 17] запропонована оптимізація виробничого циклу із застосуванням часових ланцюгів технологічного процесу.

Проведений аналіз показує наявність теоретичних та практичних напрацювань в області удосконалення складальних процесів. Однак запропоновані методи не дозволяють отримати таку послідовність складання, яка б забезпечувала мінімізацію тривалості виробничого циклу з урахуванням комплексу технологічних та екологічних факторів.

Тому виникає потреба у розробці математичних моделей, що відображають ряд конструкторсько-технологічних та екологічних вимог до процесу складання, представленні даних моделей у вигляді, зручному для збереження в пам'яті ЕОМ; та розробці алгоритму побудови раціональної послідовності складання виробів.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження – технологічний процес складання виробів.

Мета дослідження – розробити математичне та алгоритмічне забезпечення рішення задачі побудови раціональ-

ної послідовності складання виробів з метою мінімізації тривалості виробничого циклу.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- з використанням теорії матриць графів та ієрархічної будови виробів розробити математичні моделі, що дозволяють врахувати зв'язки базування, обмеження доступу, розмірні зв'язки між складальними елементами, можливості виробничої системи, екологічно несприятливі складальні операції;
- розробити правила раціоналізації процесу складання виробів;
- розробити метод визначення раціональної послідовності складання виробів.

4. Розробка математичного забезпечення рішення задачі

Проектування всіх теоретично можливих варіантів складання виробу супроводжується значними обчислювальними витратами. Оскільки цінність представляють саме ті варіанти, які можуть бути реалізовані у заданій виробничій системі, то необхідно сформувати ряд обмежень, які дозволять у процесі проектування відсіювати не придатні для практичної реалізації варіанти складання. В якості таких обмежень використовується комплекс технологічних та екологічних критеріїв складального процесу, представлених у вигляді матриць.

Визначимо матрицю $Q_{n \times m}$, що відображає зв'язок наявних операційних комплексів із складальними операціями. Елементи матриці $Q_{n \times m} = \{q_{ij}\}$ приймають значення рівні:

- $q_{ij} = 1$, якщо i -та операція може бути реалізована j -м операційним комплексом;
- $q_{ij} = 0$, у протилежному випадку.

Для врахування характеристик виробничої системи введемо матрицю $R_{n \times m}$, що відображає зв'язок транспортних засобів з операційними комплексами. Елементи матриці $T_{m \times m} = \{t_{ij}\}$ приймають такі значення:

- $t_{ij} = 1$, якщо i -й та j -й операційні комплекси працюють тільки послідовно;
- $t_{ij} = 2$, якщо i -й та j -й операційні комплекси працюють тільки паралельно;
- $t_{ij} = 3$, якщо i -й та j -й операційні комплекси можуть працювати як послідовно, так і паралельно;
- $t_{ij} = 0$, в інших випадках.

На послідовність складання також впливає ряд конструкторських обмежень, які відображаються у вигляді матриць базування і доступу. Вони задають порядок входження складальних елементів у виріб. Визначимо елементи матриці базування $B_{N \times N} = \{b_{ij}\}$:

- $b_{ij} = 1$, якщо між i -м та j -м складальним елементом існує складальна операція;
- $b_{ij} = 0$, у протилежному випадку.

Елементи матриці доступу деталей $D_{N \times N} = \{d_{ij}\}$ приймають значення:

- $d_{ij} = 1$, якщо i -й складальний елемент передуватиме j -му при складанні виробу;
- $d_{ij} = 0$, в інших випадках.

Матриця $D_{N \times N} = \{d_{ij}\}$ задає порядок входження деталей у виріб. Для визначення порядку виконання наявних складальних операцій введемо матрицю доступу з'єднань $Z_{n \times n} = \{z_{ij}\}$, елементи якої:

- $z_{ij} = 1$, якщо i -та складальна операція передеує j -й при складанні виробу;
- $d_{ij} = 0$, в інших випадках.

Крім безпосереднього контакту поверхонь, взаємне розташування деталей та порядок їх входження у виріб, задаються складальними розмірними ланцюгами (СРЛ). Як правило, виріб має кілька СРЛ. Тому для визначення порядку їх реалізації здійснюється ранжування розмірних ланцюгів. В основу ранжування покладено технологічні правила врахування СРЛ при складанні виробу [3]. Математична модель розмірних зв'язків між складальними елементами повинна забезпечити визначення методу досягнення точності та знаходження замикаючої ланки.

Елементи матриці розмірних зв'язків $R_{N \times N} = \{r_{ij}\}$ приймають наступні значення:

- $r_{ij} = 1$, якщо i -й та j -й складальні елементи пов'язані розмірним зв'язком;
- $r_{ij} = 0$, якщо i -й та j -й складальні елементи не мають розмірного зв'язку;
- $r_{ij} = p$, якщо i -й та j -й складальні елементи пов'язані замикаючою ланкою в даному СРЛ.

У залежності від методу досягнення точності замикаючої ланки параметр p набуває таких значень:

- $p = 2$ – метод повної взаємозамінності;
- $p = 3$ – метод неповної взаємозамінності;
- $p = 4$ – метод групової взаємозамінності;
- $p = 5$ – метод пригонки;
- $p = 6$ – метод регулювання;
- $p = 7$ – застосування компенсуючих матеріалів.

Для врахування точності виготовлення складальних елементів визначимо одномірний масив $K_N = \{k_i\}$. Елемент масиву k_i рівний числовому значенню якості точності виготовлення i -го складального елемента.

Значення мас складальних одиниць зберігається у одномірному масиві $M_N = \{m_i\}$, елементи m_i якого рівні числовим значенням маси (в кілограмах) відповідної i -ї складальної одиниці. Масив, що містить інформацію про габаритні розміри складальних одиниць $G_N = \{g_i\}$:

- значення $g_i = 1$, якщо i -й елемент має незначні габарити;
- $g_i = 2$, при середніх габаритах i -го елемента;
- $g_i = 3$, при значних габаритах i -го елемента.

Для врахування придатності складальних елементів до автоматизованого процесу складання визначимо масив технологічних ознак $A_N = \{a_i\}$, в якому елемент a_i рівний балу технологічності, що визначається за матрицею технологічних ознак [3] для i -го елемента.

У процесі складання деякі операції (зварювання, склеювання, спаювання) можуть здійснювати негативний вплив на навколишнє середовище та на стан здоров'я працюючих людей. З метою визначення таких операцій введемо матрицю екологічних факторів $E_m = \{e_i\}$, для якої:

- $e_i = 1$, якщо i -та складальна операція є екологічно несприятливою;
- $e_i = 0$ – у протилежному випадку.

Інформація, представлена у вигляді матриць має ряд переваг:

- відображає комплекс технологічних та екологічних факторів процесу складання;

- придатна для збереження у пам'яті ЕОМ;
- в автоматичному режимі дозволяє будувати процес рішення поставленої задачі.

5. Розробка алгоритмічного забезпечення рішення задачі

Будь-який виріб можна представити у вигляді блочно-модульної структури (рис. 1).

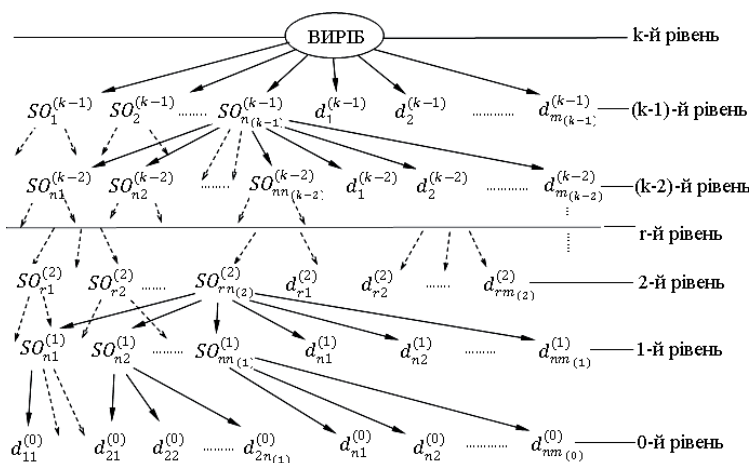


Рис. 1. Структура виробу: SO — складальна одиниця; d — деталь

Граф має $(k + 1)$ рівнів. На k -му рівні знаходиться зібраний виріб. $(k - 1)$ -й рівень утворює множина складальних одиниць (СО) $SO_i^{(k-1)}$, $(i = 1, n_{(k-1)})$ та деталей $d_{j(k-1)}$, $(j(k-1) = 1, m_{(k-1)})$, що з'являються після 1-го етапу розбирання виробу. Відповідно $(k - 2)$ -й рівень має СО — $SO_{i(k-2)}$, $i(k-2) = 1, n_{(k-2)}$ і деталі — $d_{j(k-2)}$, $(j(k-2) = 1, m_{(k-2)})$. Аналогічно утворюються рівні $(k - 3)$, $(k - 4)$, ..., 1. На 0-му рівні знаходяться елементарні деталі.

Аналіз технології складальних робіт [3–7] та ієрархічної будови виробів (рис. 1) дозволив сформулювати правила побудови раціональної послідовності складання:

1. Складальні одиниці, що знаходяться на одному рівні ієрархії (рис. 1) можуть мати довільну послідовність складання. Такі елементи мають спільні поверхні базування, а отже для їх виявлення користуються матрицею $B_{N \times N} = \{b_{ij}\}$.

2. Якщо складальні одиниці знаходяться на різних рівнях ієрархії (рис. 1) і мають спільні поверхні базування за матрицею $B_{N \times N} = \{b_{ij}\}$, то послідовність їх складання визначається наступними умовами:

- якщо складальна одиниця входить в склад іншої, то вхідна збирається раніше тієї, в яку вона входить;
- якщо складальні одиниці є незалежними, то необхідно, використовуючи матриці $Z_{n \times n} = \{z_{ij}\}$ та $Q_{n \times m} = \{q_{ij}\}$ розглянути можливість їх паралельного складання.

3. Серед наявних у виробі складальних розмірних ланцюгів (СРЛ) пріоритет у реалізації мають ті ланцюги, що містять найбільшу кількість ланок. Тобто є найскладнішими. Для виявлення таких СРЛ користуються матрицею розмірних зв'язків $R_{N \times N} = \{r_{ij}\}$.

4. При наявності кількох СРЛ однакової складності, в першу чергу реалізуються ті СРЛ, що містять ланки, які входять до складу найбільшої кількості інших розмірних ланцюгів (використовують матрицю $R_{N \times N} = \{r_{ij}\}$).

Дана умова забезпечує мінімізацію кількості установів у процесі складання, що призводить до скорочення тривалості виробничого циклу.

5. Серед кількох СРЛ, що одночасно відповідають 4-й та 5-й умовам, перевагу в послідовності складання видають тим СРЛ, до яких пред'являються підвищені вимоги точності (використовують матрицю $R_{N \times N} = \{r_{ij}\}$).

6. Реалізація окремого СРЛ звершується замикаючою ланкою (використовують матрицю $R_{N \times N} = \{r_{ij}\}$).

7. В кожному СРЛ в першу чергу з'єднанню піддають ті деталі, що мають нижчий квалітет точності (використовують масив $K_N = \{k_i\}$). Якщо почати збирання з менш точних деталей, то сумарна похибка складання деталей, виконаних з високою точністю, різко збільшується.

8. Вищий пріоритет у послідовності складання мають ті елементи, яким присвоєно більше значення балу технологічності, що визначається за методикою, приведеною в [3] (використовують масив технологічних ознак $A_N = \{a_i\}$). Дана умова дозволяє будувати таку послідовність складання виробу, при якій спочатку реалізується складання елементів, більш придатних до автоматизованого складання, а в останню чергу виконуються ті операції, що вимагають більших часових та трудових витрат (ручне складання).

9. Елементи з більшою масою та габаритними розмірами мають вищий пріоритет у процесі складання (використовують відповідні масиви $M_N = \{m_i\}$ та $G_N = \{g_i\}$).

10. Екологічно несприятливі складальні операції необхідно виконувати в кінці технологічного процесу на окремих складальних ділянках (враховується матриця екологічних факторів $E_m = \{e_{ij}\}$).

11. Мінімізувати тривалість процесу складання можна за рахунок:

- одночасної установки кількох базованих деталей на базу;
- зменшення кількості установів і позицій;
- паралельної реалізації окремих складальних одиниць.

Використовуючи розроблені матриці технологічних, екологічних ознак та правила раціоналізації процесу складання, було розроблено метод побудови раціональної послідовності складання виробів, блок-схема алгоритму якого представлена на рис. 2.

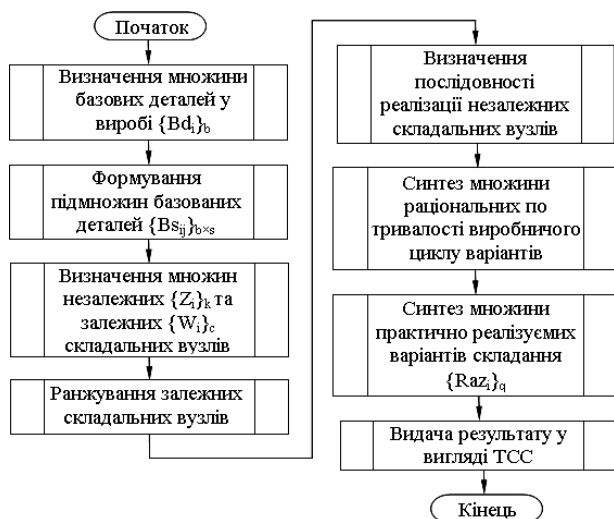


Рис. 2. Блок-схема алгоритму побудови раціональної послідовності складання виробів

Рішення задачі побудови раціональної послідовності складання має наступні етапи: визначення в загальній структурі виробу окремих складальних одиниць (складальних вузлів); визначення порядку їх входження у виріб; побудова послідовності складання елементів, які ввійшли до складу окремих вузлів; формування множини варіантів послідовностей складання всього виробу; відбір оптимальних по тривалості виробничого циклу варіантів складання; відбір множини практично реалізуємих варіантів складання у заданій виробничій системі.

Дані етапи виконуються в автоматичному режимі з використанням побудованих математичних моделей у вигляді матриць, представлених вище.

Поділ виробу на окремі складальні одиниці передбачає визначення множини базових деталей Bd_i ($i = 1, \dots, b$). Базові деталі визначають взаємне розташування інших деталей у виробі. На наступному етапі для кожної базової деталі визначається набір базованих деталей Bs_{ij} ($i = 1, \dots, b; j = 1, \dots, s$). Таким чином, кожній базовій деталі відповідає свій набір базованих.

Визначені складальні вузли поділяють на дві групи. Перша група $\{Z_i\}_k$ ($k = 1, 2, \dots, t$) – вузли, що не мають спільних базованих деталей. Дані вузли є незалежними між собою, тому існує можливість їх паралельної реалізації у заданій виробничій системі з метою скорочення тривалості виробничого циклу.

Така можливість розглядається з використанням матриці взаємозв'язку операційних комплексів $R_{n \times m}$. Друга група $\{W_i\}_c$ ($c = 1, 2, \dots, (b - t)$) – це вузли, що містять спільні деталі (залежні вузли). Їх об'єднують в одну складену групу. Такі складені групи містять кілька базових деталей. Тому вузли, що ввійшли до складених груп піддають ранжуванню з метою визначення ведучої базової деталі, з якої починають процес складання. Від вибору базової деталі залежить кількість установів і позицій, точність спряження поверхонь деталей, послідовність складання.

Отже, змінюючи базу деталі у залежних вузлах, можна впливати на дані показники і отримувати різну послідовність складання. Правила ранжування, що покладені в основу алгоритму, враховують масу складальних елементів, габарити, точність виготовлення, розмірні зв'язки, екологічні обмеження та інші правила побудови раціональних процесів складання, що були приведені вище. Наприклад, при застосуванні правил ранжування до складальної одиниці, що містить екологічно несприятливу складальну операцію, буде присвоєно останній ранг, в результаті чого реалізація даного вузла здійснюватиметься в останню чергу. Як наслідок, операції, що супроводжуються підвищенням шумом, вібрацією, температурою, застосуванням токсичних матеріалів буде винесено в кінець технологічного процесу. Це дозволить виконувати їх на окремих, спеціально обладнаних за всіма вимогами техніки безпеки виробничих ділянках, не порушуючи при цьому прямоточність процесу складання і не збільшуючи його тривалості. Якщо після проведення процесу ранжування кілька вузлів мають однаковий ранг, розглядається можливість їх паралельного складання, що призводить до мінімізації тривалості робочого циклу.

Послідовності складання представляються у вигляді ТСС (рис. 3), що є основою для розробки загального технологічного процесу складання виробу.

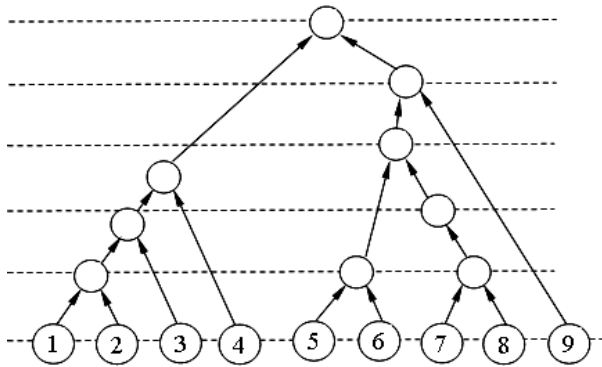


Рис. 3. ТСС виробу з 9 деталей

Кількісна оцінка отриманих структурних видів ТСС здійснюється за коефіцієнтом структурного виду k_{sv} [3]:

$$k_{sv} = \frac{2(R-1)}{N}, \quad (1)$$

де R — кількість рівнів графа ТСС.

Якщо розрахований коефіцієнт знаходиться у діапазоні:

$$\frac{2 \log_2 N}{N} \leq k_{sv} \leq 1, \quad (2)$$

це означає, що варіант складання, який відображається ТСС, що відповідає розрахованому коефіцієнту k_{sv} , є раціональним по тривалості виробничого циклу.

Отже, серед множини варіантів складання відбираються такі ТСС, що забезпечують мінімізацію тривалості складання. Вони утворюють множину $\{Raz_i\}_q$ раціональних варіантів складання.

На останньому етапі здійснюється перевірка отриманих раціональних варіантів складання $\{\{Raz_i\}_q\}$ на придатність їх реалізації у заданій виробничій системі. Для цього використовується матриця $R_{n \times m}$, яка відображає зв'язок транспортних засобів з операційними комплексами та матриця $Q_{n \times m}$, яка пов'язує наявні на виробництві операційні комплекси з виконуваними операціями. В кінцевому підсумку отримуємо множину раціональних по тривалості та практично реалізуємих варіантів складання виробу.

6. Обговорення результатів розробки методу побудови раціональної послідовності складання виробів

Запропонований метод побудови раціональної послідовності складання виробів призводить до скорочення тривалості виробничого циклу. Це дозволяє підвищити продуктивність праці, зменшити виробничі площі на підприємстві, знизити собівартість продукції.

Метод враховує технологію виконання складальних процесів за допомогою розроблених математичних моделей, представлених у вигляді матриць: матриця розмірних зв'язків $R_{N \times N} = \{r_{ij}\}$ — дозволяє врахувати складальні розмірні ланцюги; матриці $Q_{n \times m}$ і $R_{n \times m}$ — відображають структуру виробничої системи; масив $K_N = \{k_i\}$ — дозволяє врахувати квалітет точності виготовлення дета-

лей; матриці базування $B_{N \times N}$ та доступу $D_{N \times N}$ — задають порядок входження складальних елементів у виріб; масив технологічних ознак $A_N = \{a_i\}$ — враховує придатність елементів до автоматизованого процесу складання; матриця екологічних обмежень $E_m = \{e_i\}$ — дозволяє врахувати операції, що негативно впливають на стан навколишнього середовища та винести їх в кінець технологічного процесу складання для виконання на окремих, спеціально обладнаних виробничих ділянках.

Матриці мають просту будову, придатні для збереження у пам'яті ЕОМ, не потребують значних обчислювальних витрат при виконанні операцій з їх використанням у процесі реалізації методу.

Виходячи із структури виробу, розроблений метод забезпечує зменшення тривалості виробничого циклу за рахунок:

- одночасної установки кількох базованих деталей на базу;
- зменшення кількості установів і позицій;
- виділення вузлового складання.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на визначення резервів скорочення тривалості виробничого циклу за рахунок структури виробничої системи з урахуванням виду обладнання та технології виконання операцій.

7. Висновки

Аналіз закономірностей моделювання технологічних процесів складання дозволив розробити математичні моделі, що описують структуру виробу та виробничої системи. Математичні моделі враховують ряд технологічних і екологічних факторів складальних процесів та дозволяють в автоматичному режимі вирішити задачу побудови оптимальної послідовності складання виробів за критерієм економії часу.

Приведені у роботі правила раціоналізації складальних процесів дозволили обмежити перебір можливих варіантів складання з метою вибору раціонального.

На основі правил розроблено метод, що враховує складальні розмірні ланцюги, одночасне приєднання кількох базованих деталей до базової; точність виготовлення деталей; зменшення кількості установів; виділення вузлового складання.

Застосування методу дозволяє отримати раціональний по тривалості виробничого циклу варіант складання, що є придатним для реалізації у заданій виробничій системі.

Література

1. Арпентьев, Б. М. Прогнозирование качества функционирования технических систем [Текст] / Б. М. Арпентьев, А. Н. Куцын, Ю. И. Созонов // Вестник НТУ «ХПИ». — 2001. — Вып. 10. — С. 41–49.
2. Зарубин, В. Н. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства [Текст] / В. Н. Зарубин, Н. М. Капустин. — М.: Машиностроение, 1979. — 274 с.
3. Захаров, Н. В. Разработка технологических процессов сборки [Текст]: учеб. пос. / Н. В. Захаров, Ю. В. Тимофеев. — К.: УМКВО, 1992. — 152 с.
4. Лебедевский, М. С. Автоматизация процессов в машиностроении [Текст]: учеб. пос. / М. С. Лебедевский. — Л.: СЗПИ, 1977. — 81 с.
5. Савуляк, В. В. Складальні процеси в машинобудуванні [Текст]: навч. пос. / В. В. Савуляк. — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 99 с.

6. Шабайкович, В. А. Проблемы складального виробництва [Текст] / В. А. Шабайкович // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — 2011. — № 713. — С. 212–216.
7. Ванін, О. В. Сучасні підходи до проектування серійних автоматизованих складальних комплексів [Електронний ресурс] / О. В. Ванін // Матеріали 8 Міжнар. науково-практичної інтернет-конференції «Сучасність. Наука. Час. Взаємодія та взаємовплив». — Київ, 2011. — Режим доступу: \www/URL: <http://intkonf.org/vanin-ov-suchasni-pidhodi-do-proektuvannya-seriynih-avtomatizovanih-skladalnih-kompleksiv/>
8. Божидарнік, В. В. Автоматичне складання виробів [Текст]: навч. пос. / В. В. Божидарнік, Н. С. Григор'єва, В. А. Шабайкович. — Луцьк: Надстир'я, 2005. — 386 с.
9. Гриньова, В. М. Організація виробництва [Текст]: підруч. / В. М. Гриньова, М. М. Салун. — К.: Знання, 2009. — 582 с.
10. Воронин, А. В. Механізація і автоматизація сборки в машиностроєнні [Текст]: учеб. пос. / А. В. Воронин, А. И. Гречухин, А. С. Калашников и др. — М.: Машиностроение, 1985. — 316 с.
11. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений [Текст] / О. И. Ларичев. — М.: Логос, 2006. — 392 с.
12. Божко, А. Н. Выбор рациональной последовательности сборки изделия [Электронный ресурс] / А. Н. Божко // Наука и образование: электрон. журн. МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2010. — № 7. — Режим доступа: \www/ URL: <http://technomag.edu.ru/doc/147483.html>. — 08.07.2015.
13. Тимофеев, Ю. В. Математическая модель управления точностью общей сборки агрегатных станков [Текст] / Ю. В. Тимофеев, Н. В. Захаров, А. А. Мельниченко // Вісник СумДУ. — 1994. — № 1. — С. 49–54.
14. Танаев, В. С. Синтез граф-схем алгоритмов выбора решений [Текст] / В. С. Танаев, М. П. Поварич. — Минск: Наука и техника, 1974. — 112 с.
15. Хаустова, А. В. Формализация проектных решений формирования структур объектов технологического проектирования [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А. В. Хаустова. — Луганск, 2000. — 197 с.
16. Базров, Б. М. Ритмичность — путь повышения эффективности изготовления деталей на станках-автоматах и автоматических линиях [Текст] / Б. М. Базров, А. П. Шалин. — М.: ВНИИ ТЭМР, 1987. — Вып. 2. — 48 с.
17. Коноплянченко, Є. В. Підвищення надійності роботи складальних систем шляхом оптимізації часових технологічних ланцюгів [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.02.08 / Є. В. Коноплянченко. — Харків: НТУ «ХПИ», 2001. — 20 с.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

Предложены математические модели, которые отражают связи базирования и размерные связи между сборочными элементами, учитывают ограничения доступа, конструкторско-технологические и экологические критерии сборочных процессов. С их использованием разработан метод синтеза рациональной последовательности сборки изделий, отличающийся тем, что при построении вариантов последовательности сборки учитывается комплекс технологических и экологических ограничений, что обеспечивает необходимое качество изделия и минимизирует длительность производственного цикла.

Ключевые слова: длительность производственного цикла, экологические ограничения, последовательность сборки, метод, алгоритм.

Чибиряк Яна Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерних наук (секція інформаційних технологій проектування), Сумський державний університет, Україна, e-mail: chibyana@i.ua.

Федотова Наталія Анатоліївна, кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра комп'ютерних наук (секція інформаційних технологій проектування), Сумський державний університет, Україна, e-mail: fna_2000@ukr.net.

Думанчук Михайло Юрійович, старший викладач, кафедра технічного сервісу, Сумський національний аграрний університет, Україна, e-mail: m_duman@i.ua.

Чибиряк Яна Ивановна, кандидат технических наук, доцент, кафедра компьютерных наук (секция информационных технологий проектирования), Сумский государственный университет, Украина.

Федотова Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедра компьютерных наук (секция информационных технологий проектирования), Сумский государственный университет, Украина.

Думанчук Михаил Юрьевич, старший преподаватель, кафедра технического сервиса, Сумский национальный аграрный университет, Украина.

Chibiryak Yana, Sumy State University, Ukraine, e-mail: chibyana@i.ua.

Fedotova Natalia, Sumy State University, Ukraine, e-mail: fna_2000@ukr.net.

Dumanchuk Mykhailo, Sumy National Agrarian University, Ukraine, e-mail: m_duman@i.ua.