

Скоркін А. О.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМ ДРІБНОСЕРІЙНОЇ ЗБОРКИ СКЛАДНИХ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБІВ

У даній статті розглянута методика оптимізації організаційно-технологічної та технічної підготовки складального виробництва складних машинобудівних виробів. Ефективне вирішення оптимізації організаційно-технологічної та технічної підготовки складального виробництва є впровадження автоматизованих систем проектування складальних процесів на основі методів імітаційного моделювання. В статті розглянуто принцип роботи системи імітаційного моделювання, яка дозволяє розробити структуру технологічних операцій.

Ключові слова: технологічність, гідроагрегат, коефіцієнт складання, 3-D модель, базування, імітаційне моделювання.

1. Вступ

Процес складання є заключним етапом виготовлення машини, який в значній мірі визначає її основні експлуатаційні якості. Умови досягнення високих експлуатаційних якостей машини не обмежуються створенням її вдалої конструкції або застосуванням високоякісних матеріалів для виготовлення її деталей [1]. Не гарантує цих якостей і високоточне виготовлення деталей із забезпеченням оптимального стану поверхневих шарів їх сполучених або робочих поверхонь. Процес виготовлення машини може гарантувати досягнення всіх необхідних її експлуатаційних показників, а також її надійності і довговічності в експлуатації лише за умови високоякісного проведення всіх етапів зборки машини (тобто складання і регулювання окремих складальних одиниць-вузлів і загальної збірки і випробувань виготовленого виробу в цілому).

Це пов'язано з тим, що в процесі складання цілком доброякісних виробів з різних причин можуть виникати похибки взаємного розташування деталей, істотно знижують точність і службові якості виробу, що збирається [2].

Велика трудомісткість слюсарно-складальних робіт не тільки істотно збільшує загальну трудомісткість виготовлення машин, але і призводить до значного погіршення економічних показників роботи підприємства.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

При визначенні способу забезпечення точності процесу зборки необхідно вирішити наступні основні завдання: побудувати схему базування виробу; виявити і розрахувати розмірні ланцюги для визначення розмірів компенсаторів, припусків під механічну обробку у зборі та ін.; виявити деталі-компенсатори (якщо вони не вказані конструктором) і визначити умови їх постановки до моменту зборки.

Світова наука і практика машинобудування орієнтована на рішення завдань точності виготовлення машин

в задані терміни. Про це свідчить велика кількість наукових робіт в цій галузі знань [1 – 6]. Відмінна особливість завдання забезпечення якості зборки машин полягає в протиріччі між вимогою теорії, при якій помилка при зборці не допустима, і практикою зборки, при якій вірогідність її появи найбільш висока. Усунення цього протиріччя створює теоретичну основу забезпечення якості складальних процесів [6 – 9].

Велика різноманітність конструкцій, габаритних характеристик, технічних вимог, матеріалів у виробі машинобудування ускладнює вивчення закономірностей і взаємозв'язків, характерних для складних складальних операцій, і сприяє розробці оптимальних складальних операцій на основі уніфікованих комплексів.

На сьогодні ці проблеми по-різному вирішуються з використанням САПР ТП (АСТПП). Розробки в області САПР ТП зборки сильно розрізнені, відсутня найбільш наближена до реальних вимог концепція системи в цілому. Нині до САПР ТП (системам автоматизованого проектування технологічних процесів) зборки пред'являють наступні вимоги [3, 4]:

- 1) Вибір методу досягнення заданої точності зборки.
- 2) Декомпозиція виробу (складальної одиниці) відповідно до їх технологічної структури.
- 3) Вибір базових деталей для вузлової і загальної зборки.
- 4) Виділення у вузлі розмірних ланцюгів та їхній розрахунок.
- 5) Формування технологічного процесу зборки та його складових.
- 6) Вибір і оптимізація варіантів ТП зборки відповідно до заданих критеріїв.
- 7) Оформлення технологічної документації на ТП, що спроектовано.

Практично усі технічні завдання, що вирішуються шляхом маніпуляцій з предметом виробництва, мають на увазі зміну числа його ступенів свободи. При цьому треба враховувати, що предмет машинно-ручних операцій втрачає їх на користь свободи з тією технічною системою, в яку він включений [5]. Тому ступінь свободи

об'єкту машинно-ручної роботи є базовим у визначенні усіх технічних властивостей системи обробки, а, отже, подібність між функціональними характеристиками робітника і використовуваними їм технічними об'єктами відкриває доступ до них для подальшого використання і корекції [5].

3. Основний зміст системи імітаційного моделювання

Вхідними даними для аналізу і відпрацювання конструкції вузла «Гідроагрегат» (рис. 1) і його складальних одиниць на технологічність є опис роботи гідросистеми та системи охолодження, дерево побудови вузла «Гідроагрегат» (рис. 2) в SolidWorks та креслення в форматі 3D. Суть методики полягає в тому, що на вході системи моделювання задається тривимірна модель виробу, організаційна структура диланки у вигляді планування і задається програма випуску даного виробу. В системі імітаційного моделювання здійснюється пошук такої структури технологічного процесу, при яких прийнята цільова функція буде приймати екстремальні значення [6, 7].

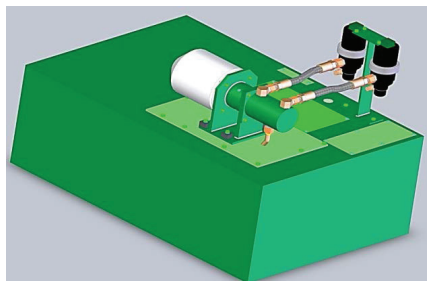


Рис. 1. Вузол «Гідроагрегат»

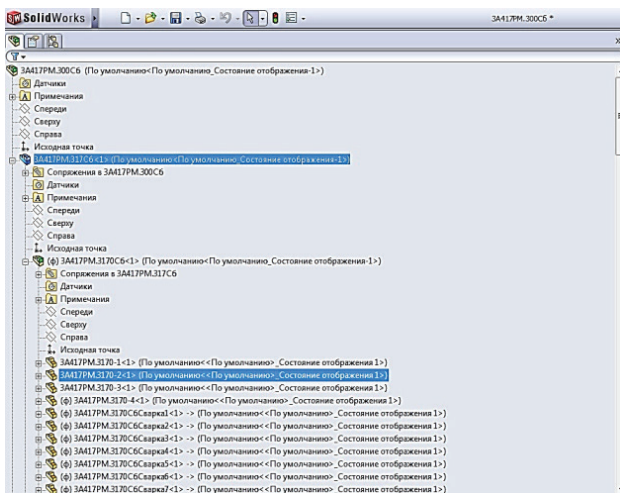


Рис. 2. Дерево побудови вузла «Гідроагрегат» в SolidWorks

Розрахунок коефіцієнту складання для деталей вузла «Гідроагрегат» починається з роботи в програмі Microsoft Excel (рис. 3). Спочатку потрібно визначитись, яка кількість деталей входить в збірку. Потім, які з них являються базовими, а які кріпильними.

Після перевірки масиву за допомогою програми розрахунку коефіцієнту складання для деталей вузла «Гідроагрегат» в системі Mathcad представленою на рис. 4 розраховуємо коефіцієнт складання та зводимо

всі дані в одну матрицю в системі Mathcad представленою на рис. 5.

№	Назва	Код	Вартість	Кількість	Вартість	Вартість
1	Гідробак	3A417P.3000	0	0	14707866.35	0
2	Лист	3A417P.3000	0	1	957734.51	0
3	Лист	3A417P.3001	0	2	957734.51	0
4	Лист	3A417P.3002	0	3	957734.51	0
5	Кришка	3A417P.3003	0	4	957734.51	0
6	Штуцер	3A417P.3006-1	0	13	251.33	0
7	Штуцер	3A417P.3006-2	0	18	957734.51	0
8	Штуцер	3A417P.3006-3	0	60	110.59	1
9	Штуцер	3A417P.3006-4	0	61	110.59	1
10	Ніпель	3A417P.3007-1	0	62	110.59	1
11	Ніпель	3A417P.3007-2	0	63	110.59	1
12	Ніпель	3A417P.3007-3	0	64	110.59	1
13	Ніпель	3A417P.3007-4	0	65	110.59	1
14	Труба ЛБЗ ГОСТ 494-76 ДКРНМ 18x1 5x550	3A417P.3014-2	0	66	110.59	1
15	Рукав ГОСТ 6296-73 1-16-10 5-y L=700	3A417P.3016-2	0	67	110.59	1
16	Рукав ГОСТ 6296-73 1-16-10 5-y L=700	3A417P.3016-2	0	68	110.59	1
17	Фільтр напорний 1ФНМ 16-10К	TY 2-953-1778-86 N#1	0	69	110.59	1
18	Фільтр напорний 1ФНМ 16-10К	TY 2-953-1778-86 N#2	0	70	110.59	1
19	Основа	3A417P.3101/1	0	71	110.59	1
20	Уголок	3A417P.3101/3	0	72	110.59	1
21	Планка	3A417P.3101/2	0	73	110.59	1
22	Слітка	3A417P.3170/1	0	74	110.59	1
23	Слітка	3A417P.3170/2	0	75	110.59	1
24	Труба	3A417P.3170/3	0	76	62.83	1

Рис. 3. Таблиця для розрахунку коефіцієнту складання

0	0	14707866.35	0
0	1	957734.51	0
0	2	957734.51	0
0	3	957734.51	0
0	4	957734.51	0
0	13	251.33	0
0	18	957734.51	0
0	60	110.59	1
0	61	110.59	1
0	62	110.59	1
0	63	110.59	1
0	64	110.59	1
0	65	110.59	1
0	66	110.59	1
0	67	110.59	1
0	68	110.59	1
0	69	110.59	1
0	70	110.59	1
0	71	110.59	1
0	72	110.59	1
0	73	110.59	1
0	74	110.59	1
0	75	110.59	1
0	76	62.83	1
0	77	62.83	1
0	78	62.83	1

Рис. 4. Програма розрахунку коефіцієнту складання

Матриця K_{sb} , що складається з:

0-я колонка коефіцієнти $3 \sqrt{\frac{V_m}{V_{max}}}$ для всіх деталей, які входять у з'єднання;

1-я колонка коефіцієнти $\sqrt{\frac{S_m}{S_{max}}}$ для всіх деталей, які входять у з'єднання;

2-я колонка коефіцієнти $\frac{n_m}{n_{max}}$ для всіх деталей, які входять у з'єднання;

3-я колонка коефіцієнти $\sqrt[3]{\frac{V_m}{V_{\max}}} + \sqrt{\frac{S_m}{S_{\max}}} + \frac{n_m}{n_{\max}}$ для

всіх деталей, які входять у з'єднання.

	0	1	2	3
0		1	1	0.857
1	0.475		0.219	0.429
2	0.168	0.099		0.143
3	0.205	0.133	0.143	
4	0.085	0.035	0.143	0.263
5	0.093	0.012	0.143	0.248
6	0.093	0.012	0.143	0.248
7	0.093	0.024	0.286	0.402
8	0.093	0.024	0.286	0.402
9	0.104	0.03	0.286	0.419
10	0.104	0.03	0.286	0.419
11	0.104	0.03	0.286	0.419
12	0.104	0.03	0.286	0.419
13	0.117	0.078	0.286	0.481
14	0.199	0.049	0.286	0.533
15	0.199	0.049	0.286	0.533
16	0.433	0.027	0.286	0.746
17	0.433	0.027	0.286	0.746
18	0.168	0.07	0.286	0.524
19	0.249	0.016	0.286	0.551
20	0.131	0.072	0.429	0.632
21	0.311	0.125	0.429	0.864
22	0.266	0.084	0.429	0.778
23	0.227	0.104	0.571	0.903
24	0.284	0.222	1	1.505
25	0.103	0.018	0.286	0.407

Рис. 5. Матриця в системі Mathcad з розрахованими коефіцієнтами складання для деталей вузла «Гідроагрегат»

Розробка послідовності складання вузла «Гідроагрегат» за переходами розпочинається в системі Mathcad завдяки програмі представленої на рис. 6.

```

Por := i ← 0
Pi,2 ← 0
Kd ← rows(Ksb)
Ks ← rows(Ps)
for k ∈ 0..Kd - 1
  for j ∈ 0..Ks - 1
    if Pj,0 = k ∧ Pj,3 = 0 ∧ Pj,0 = Pj,1 ∧ Ksbk,3 > Pi,2
      Pi,0 ← k
      Pi,1 ← -1
      Pi,2 ← Ksbk,3
      break if Pj,0 > k
    KsbPi,0,3 ← 0
  i ← 1
  Pi,2 ← 0
  Pi,1 ← -1
  Pi,0 ← -1
  while i < Kd
    for j ∈ 0..i - 1
      for r ∈ 0..Ks - 1
        if Pr,3 = 0 ∧ Pr,0 ≠ Pr,1 ∧ Pi,2 < KsbPr,1,3 ∧ Pr,0 = Pj,0
          Pi,0 ← Pr,1
          Pi,1 ← Pj,0
    
```

Рис. 6. Програми для розробки послідовності складання вузла «Гідроагрегат» за переходами

Алгоритм організації послідовності складання (P_{or}) на основі розрахунку коефіцієнта збірки K_{sb} :

1. В циклі «for k» визначаємо нульову базу деталей виходячи з того, що значення K_{sb} для неї має бути максимальним;

2. Отримуємо 0-й етап збоку. Для пошуку деталі, придатної для подальшого етапу зборки виконуємо подальші операції в циклі «for j»:

– Для всіх, вже встановлених у вузол, деталей знаходимо деталі, які ще можна до них приєднати.

– Для кожної з них визначаємо коефіцієнт збірки.

– Знаходимо, які базуються деталі з максимальним значенням коефіцієнта збірки. Знайдені деталі встановлюються поетапно в порядку їх виявлення.

– Після додавання в збірку чергової деталі перевіряють умова кріплення деталей між собою. Якщо воно виконується, додаю кріпильну деталь з max K_{sb} .

3. В циклі «for i» добавляється нова база деталей у якої max K_{sb} . Етапів установки у вузол деталей стільки, скільки деталей у вузлі (включаючи кріпильні).

4. Остаточне формування матриці і вивід значень.

Після того, як прорахований коефіцієнт складання, необхідно вибудувати переходи [8, 9]. Перше з чого необхідно починати, це знайти базову деталь. Базова деталь буде деталь з максимальним значенням коефіцієнта зборки. Після того, як була побудована структура переходів послідовності зборки, з'являється можливість приєднання до базових деталей інших деталей або в режимі паралельної зборки, або в режимі інших послідовної зборки. У результаті ми отримуємо послідовність переходів, які забезпечують формування жорсткої конструкції виробу в процесі її зборки і враховує особливості входження деталей в складальний вузол. Однак, якщо виконати ці переходи послідовно, то ми отримуємо занадто тривалий цикл складання вузла в цілому. Аналіз послідовного формування переходів показує, що деякі з напрямків формування під вузлів можна виконувати паралельно за рахунок чого можна серйозно скоротити тривалість зборки. Для цього ми на основі матриці послідовних переходів і матриці вихідних даних будемо нову структуру, в якій на основі аналізу зв'язків між деталями визначається ті структурні компоненти, які можуть збиратися паралельно. Тому отримана структура відображає максимально можливі паралельні процеси складання наведеного вище вузла, і вона відповідає умовам, при яких сумарний час складання буде мінімальним (рис. 7).

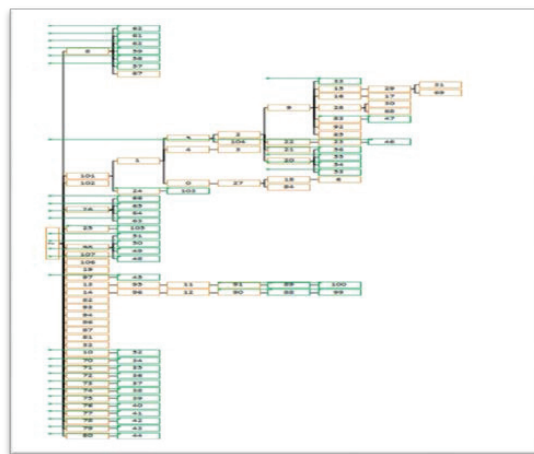


Рис. 7. Структура та послідовність виконання складальних операцій

Однак такій побудові технологічного процесу відповідає максимальна кількість витрат на складальний процес, тому що збільшується кількість складальників, а так само робочих місць і кількість обладнання, що призводить до збільшення собівартості зборки [10, 11].

Тому на наступному етапі необхідно знайти таку структуру технологічного процесу, яка б відповідала мінімальним приведеними витратами, за яких буде виконаний виробничий процес, в неї входять як складові часу зборки, так і складові певної кількості робочих місць і площа займану обладнанням.

4. Висновки

В даній статті розглянуто питання підвищення ефективності збирання складних машинобудівних виробів в умовах дрібносерійного виробництва за допомогою імітаційного моделювання. Розглянуто принцип формування структури складальних операцій для складних машинобудівних виробів на прикладі вузла «Гідроагрегат». Проведена оцінка програми складання вузла та вибір типу виробництва дозволили сформулювати вихідні дані для розробки технологічних операцій, що забезпечують мінімальний час складання вузла «Гідроагрегат». Аналіз і відпрацювання конструкції вузла «Гідроагрегат» і його складальних одиниць на технологічність дозволили розробити схему технологічного процесу складання вузла «Гідроагрегат». Створено алгоритм та імітаційну модель структурно-параметричного синтезу системи дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів, які засновані на об'єктно-орієнтованому підході та цілеспрямованому пошуку і оцінці варіантів структур і параметрів непотокових систем дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів.

Література

1. Корсаков, В. С. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении [Текст] / В. С. Корсаков, Н. М. Капустин; под ред. Н. М. Капустина. — М.: Машиностроение, 1985. — 304 с.
2. Соломеицев, Ю. М. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении [Текст] / Ю. М. Соломеицев, В. Г. Митрофанов, А. Ф. Прохоров и др.; под ред. Ю. М. Соломенцева, В. Г. Митрофанова. — М.: Машиностроение, 1986. — 255 с.
3. Балакшин, Б. С. Теория и практика технологии машиностроения [Текст] : в 2-х кн. / Б. С. Балакшин; под ред. Б. М. Базрова, И. М. Колесова, Ю. М. Соломенцева и др. — М.: Машиностроение, 1982. — 367 с.
4. Филонов, И. П. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] : учеб. пос. для вузов / Г. Я. Беляев, Л. М. Кожуро и др.; под общ. ред. И. П. Филонова. — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — 910 с.
5. Челищев, Б. Е. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении [Текст] / Б. Е. Челищев, И. В. Боброва, А. Гонсалес-Сабатер. — М.: Машиностроение, 1987. — 264 с.
6. Вавилов, А. А. Имитационное моделирование производственных систем [Текст] / под общ. ред. А. А. Вавилова. — М. — Берлин: Машиностроение, 1983.
7. Адгаманов, Р. И. Автоматизация мелкосерийного машиностроительного производства и качество продукции [Текст] / Р. И. Адгаманов, В. М. Белоног, Ю. Н. Блощинин и др. — М.: Машиностроение, 1983. — 280 с.

8. Алексеев, П. И. Гибкие производственные системы сборки [Текст] / П. И. Алексеев, А. Г. Герасимов, Э. П. Давыденко и др.; под общ. ред. А. И. Федотова. — Л.: Машиностроение, 1989. — 349 с.
9. Manola, F. Object-oriented knowledgebases [Text] / F. Manola. — Apr. 1990. — P. 46–57.
10. Myers, W. Interactiv Graphics: Flying High [Text] / W. Myers // Computer. — July 1979. — P. 8–11.
11. Shigley, J. E. Mechani [Text] / J. E. Shigley // Eng. Design. — 3rd ed. — McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ МЕЛКОСЕРИЙНОЙ ЗБОРКИ СЛОЖНЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В данной статье рассмотрена методика оптимизации организационно-технологической и технической подготовки сборочного производства сложных машиностроительных изделий. Эффективное решение оптимизации организационно-технологической и технической подготовки сборочного производства является внедрение автоматизированных систем проектирования сборочных процессов на основе методов имитационного моделирования. В статье рассмотрен принцип работы системы имитационного моделирования, которая позволяет разработать структуру технологических операций.

Ключевые слова: технологичность, гидроагрегат, коэффициент сборки, 3-D модель, базирование, имитационное моделирование.

Скоркин Антон Олегович, ассистент, кафедра металлоріжучого обладнання та транспортних систем, Українська інженерно-педагогічна академія, Україна, e-mail: Andrameda862@mail.ru.

Скоркин Антон Олегович, ассистент, кафедра металлоріжучого обладнання та транспортних систем, Украинская инженерно-педагогическая академия, Украина.

Skorkin Anton, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Ukraine, e-mail: Andrameda862@mail.ru