

УДК 621.391

В.І. Юрковець, аспірант гр. ПБ-01ф, к.т.н., доц. Вислоух С.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ

Анотація. Розроблено математичну модель руху деталей в процесі складання. Наведено схему сил що впливають на деталь, що приєднується, при її взаємодії з базовою поверхнею. Описано динаміку руху деталі за координатами суміщення та відносної адаптації. Надана модель може бути корисна при аналізі надійності виробу складання.

Ключові слова: автоматизоване складання, математична модель, схема сил при складанні, відносна адаптація розташування деталей.

ВСТУП

В останні роки значно підвищились розробки теоретичних основ і практична реалізація способів і пристроїв автоматизованого складання. Однак невисокий рівень автоматизації складальних операцій свідчить про те, що на сьогодні залишається не вирішеними ряд питань, що мають велике наукове і практичне значення для складального виробництва. Однією з важливих проблем автоматизованого складання є відмови процесу складання через неякісно виготовлених деталей. Якщо ж кількість деталей у виробі велике, то процес складання часто затримується, що істотно знижує продуктивність автоматизованого складання [1]. Неякісно виготовлені деталі є однією з основних причин (близько 80%) відмов складального обладнання. Відмови самого обладнання з причин його зносу і їх конструктивної недосконалості більш рідкісні.

Тому актуальним є розв'язання задачі, що спрямована на дослідження процесу руху деталей, що з'єднуються при автоматизованому складанні, а також виявленню неякісно виготовлених деталей.

Основою системного підходу до вирішення цієї складної задачі є математичне моделювання.

На підставі вищесказаного можна зробити висновок, що розробка математичної моделі, яка описує динаміку руху деталі за координатами суміщення і адаптації (відносної і кутової) в процесі автоматизованого складання [2], дозволяє забезпечити запобігання складання дефектних деталей в процесі її адаптації та підвищити продуктивність виробничого процесу. Для цього поставлені наступні задачі дослідження:

- побудувати схеми сил, що діють на приєднувану деталь при взаємодії з поверхнею базової деталі; .
- виконати аналіз параметрів схеми з метою дослідження параметрів, що впливають на надійність процесу складання;
- на основі аналізу схеми, розробити математичну модель, яка буде вказувати на те, що приєднувальна деталь не матиме фізичних відхилень від еталонних параметрів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Опишемо процес руху приєднувальної деталі при взаємодії з базовою деталлю. Схема сил, що діють на приєднувану деталь при контакті з поверхнею базової деталі, представлена на рис. 1. У початковий момент часу пристрою переміщення повідомили зміщення q_3 . За допомогою адаптуючого пристрою[3] було перетворено в точці С силовий вплив $F_{\partial\partial}$, під дією якого приєднувальна деталь рухалася в напрямку до базової уздовж осі z аж до контактної межі з поверхнею.

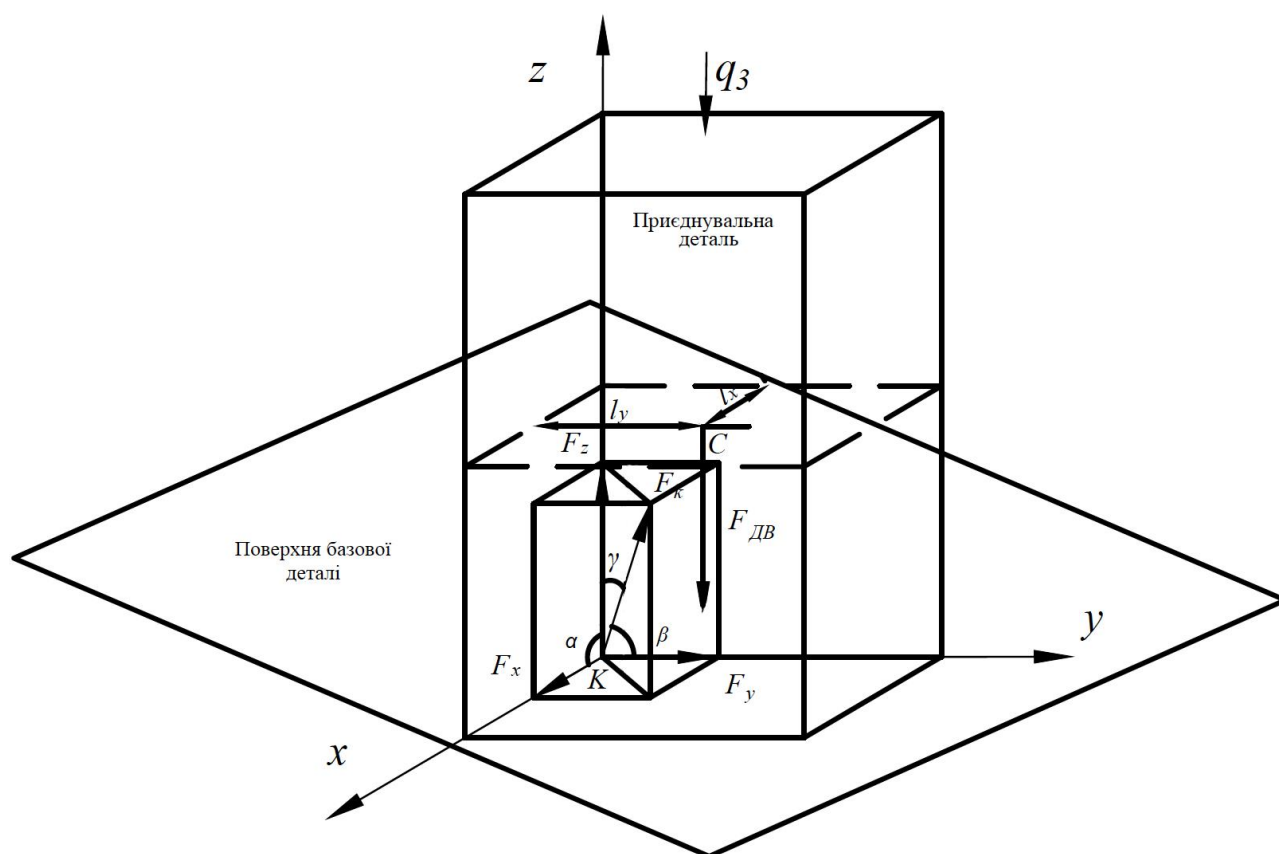


Рисунок 1. Схема сил, що діють на приєднувану деталь при контакті з поверхнею базової деталі

Розглянемо випадок, коли взаємодія деталей відбувається в точці K . При контакті виникає сила реакції F_k , що спрямована по нормалі до поверхні (нормаль орієнтована в системі координат $x y z$ під кутами: α - до осі x , β - до осі y , γ - до осі z) базової деталі. У найпростішому випадку - це площина. Якщо площини не перпендикулярні у напрямку осі z , то реакція F_k буде мати проекції на осі: F_x, F_y, F_z . Складові сили F_k що спричинить виникнення лінійних зсувів за координатами x та y . Таким чином, з'являється можливість відносної адаптації положення деталі за координатами x і y .

На основі аналізу сил, що описують рух деталі за координатами зміщення, можна отримати відповідну математичну модель.

Тоді рівняння, що описує динаміку руху деталі по координаті z , має вигляд:

$$F_{\partial\partial} = m\ddot{z} + b_z\dot{z} + c_z z, \quad (1)$$

де m - маса приєднується деталі; b_z - коефіцієнт в'язкого тертя при переміщенні деталі по координаті z ; c_z - коефіцієнт, що описує наведену жорсткість взаємодії приєднувальної і базової деталей по координаті суміщення z (див. рис.2) ($c_z = \frac{c_{dz} \cdot c_{bz}}{c_{dz} + c_{bz}}$, де c_{dz} , c_{bz} - жорсткість приєднувальної і базової деталей, до моменту торкання деталей $c_z = c_{dz}$); $F_{\partial\partial}$ - силова дія на деталь з боку пристрою переміщення, яке може бути представлено у вигляді суми пружних - $F_{пр}$ і дисипативних - $F_{дис}$ сил:

$$F_{\partial\partial} = c_{прив} (q_z - z) + b_{прив} (\dot{q} - \dot{z}), \quad (2)$$

Тоді, рівняння руху (1) приєднується деталі по координаті z представимо у вигляді:

$$m\ddot{z} + b_z\dot{z} + c_z z = c_{прив} (q_z - z) + b_{прив} (\dot{q} - \dot{z}), \quad (3)$$

де q_z - задає переміщення приводу; $b_{прив}$ і $c_{прив}$ - коефіцієнти в'язкості і твердості відповідно для пристрою переміщення (приводу) приєднуваної деталі.

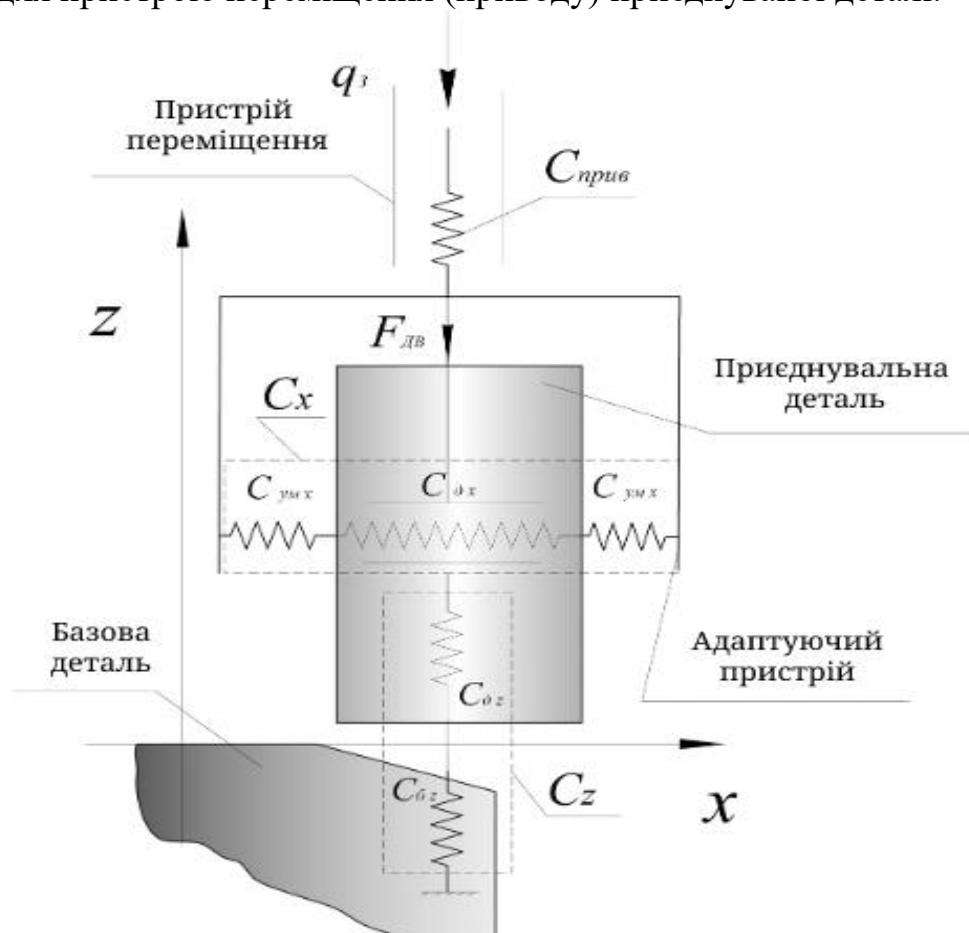


Рисунок 2 - До опису лінійних жорсткостей складального пристрою з урахуванням взаємодії приєднувальної і базової деталей

Представимо рівняння (3) в такому вигляді:

$$\ddot{z} + \frac{(b_z \dot{z} + b_{\text{прив}})}{m} \dot{z} + \frac{(c_z z + c_{\text{прив}})}{m} z = \frac{c_{\text{прив}}}{m} \dot{q}_3 + \frac{b_{\text{прив}}}{m} q_3, \quad (4)$$

Скористаємося способом математичного опису в змінних стану динаміки деталі по координаті z відповідно до методики [4].

Перейдемо від змінної z до змінних стану системи ($z = x_{11}$, $\dot{z} = x_{12}$):

$$\begin{cases} \dot{x}_{11} = x_{12} \\ \dot{x}_{12} = -\frac{(b_z + b_{\text{прив}})}{m} x_{12} - \frac{(c_z + c_{\text{прив}})}{m} x_{11} + \frac{c_{\text{прив}}}{m} \dot{u}_1 + \frac{b_{\text{прив}}}{m} u_1 \end{cases} \quad (5)$$

Керування по координаті $z \in u = q_3$ - задає переміщення.

Перетворимо рівняння (5) у векторно-матричній формі:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = A_1 x_1 + B_1 u_1 \\ y_1 = C_1 x_1 + D_1 u_1 \end{cases}, \quad x_1(t_0) = x_{01};$$

$$X_1 = \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} -\frac{c_z + c_{\text{прив}}}{m} & -\frac{b_z + b_{\text{прив}}}{m} \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} \frac{b_{\text{прив}}}{m} \\ \frac{c_{\text{прив}}}{m} - \frac{b_{\text{прив}}(b_z + b_{\text{прив}})}{m^2} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$C_1 = [1 \quad 0], D_1 = [0]$$

де A_1 – матриця підсистеми $q \rightarrow z$ розмірність 2×2 ; B_1 – матриця керування; C_1 – матриця виходу; D_1 – матриця прямого зв'язку, $\dot{x}_1 = \frac{dx_1}{dt}$;

Надана модель (6) дозволяє виконати аналіз керованості системи складання (тобто можливість автоматичного режиму [4]), а також, якщо є дефектна деталь, то допомагає визначити рухомість системи і запобігти виникненню зупинки процесу складання а також проаналізувати надійність виробу.

ВИСНОВКИ

У статті приведено опис математичної моделі автоматизованого складання, що описує динаміку руху деталі під час з'єднання з базовою деталлю в процесі автоматизованого складання за допомогою методів адаптації[5]. Отримано структурна схема сил. Запропоновані моделі можуть бути корисні при дослідженнях за допомогою імітаційного моделювання процесів зміни координат адаптації та суміщення приєднувальної деталі відносно базової при

складанні. З їх використанням можна проводити оцінку впливу параметрів системи або початкових умов на точність, швидкодію, стійкість, керованість, ефективність а також допомагає визначити рухомість системи і запобігти виникненню зупинки процесу складання і проаналізувати надійність виробу. Перспективним напрямком використання розробленої моделі в змінних стану може бути синтез системи, що забезпечує необхідні характеристики процесу складання а також комп'ютерному моделюванні процесу складання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Симаков А.Л., Согласование этапов ориентации присоединяемой детали при движении по поисковой программной траектории совмещения / А.Л.Симаков, Д.А.Симаков //Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – С. 20-22.
- [2] Симаков А.Л., Кузнецова С.В., А.Н. Рожков. Показатели эффективности методов и средств автоматизированной сборки деталей. / Вестник Брянского государственного технического университета, – 2016. –С. 131-137.
- [3] Симаков А.Л. Обоснование методов и средств адаптации соединяемых деталей на базе принципов автоматического управления и выявленных взаимосвязей при автоматизированной сборке: дисс....докт. техн. наук. Ковров, 2003. 373 с.
- [4] Кузнецова С.В., Симаков А.Л. Анализ условий управляемости для систем автоматизированной сборки // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2016. №3. – С. 7-15.
- [5] Юрковець В.І., Вислоух С.П. Аналіз критеріїв ефективності методів і засобів автоматизованого складання виробів. / Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні ”, 08-09 грудня 2020 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 137-141.