

УДК 539.3

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОНВЕЙЕРНІЙ УСТАНОВЦІ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ РІДКИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНЮ ВИРОБІВ

Стругинський С.В., Семенчук Р.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

***Анотація:** Наведено конструктивне рішення установки для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів. Основою установки є конвейерна система, що забезпечує періодичне занурення виробів у ванну. Електропривід конвейера має конічний редуктор і ланцюгову передачу. Розроблена динамічна модель установки та складені диференціальні рівняння переміщення окремих мас. З використанням диференціальних рівнянь побудована математична модель установки у вигляді структурної схеми. Проведено математичне моделювання установки при навантаженнях конвейера різного виду. Враховані випадкові імпульсні навантаження в ланцюгах конвейера. Розраховані перехідні процеси та випадкові зміни швидкості конвейера. Для поліпшення динамічних характеристик установки запропоновано введення головного зворотнього зв'язку із включенням пропорційно-інтегруючо-диференціюючого регулятора. Введення зворотнього зв'язку суттєвим чином знижує випадкові зміни швидкості переміщення конвейера.*

***Ключові слова:** установка, конвейер, динаміка, математична модель, імпульсні навантаження, корекція характеристик.*

Розроблення ефективного технологічного обладнання є актуальною науково-технічною проблемою. Представником такого обладнання є установка для нанесення покриття на поверхню виробів. Обладнання реалізовано у вигляді конвейерної установки.

Установка забезпечує ефективний технологічний процес нанесення рідких покриттів на поверхню виробів. Це здійснюється періодичним зануренням виробу у ванну з рідиною при переміщенні підвіски, на якій встановлено виріб, ланцюговим конвейером. Основною проблемою розроблення установки є забезпечення плавного переміщення підвіски. Тому дослідження динамічних процесів у конвейерній установці є актуальним.

Проблема в загальному вигляді полягає у забезпеченні необхідної плавності переміщення конвейера із закріпленими на ньому підвісками. Дослідження динамічних процесів у ланцюгових конвейерах присвячено ряд робіт. Встановлена нерівномірність руху ланцюгового конвейера, особливості віброакустичних характеристик. Результатів комп'ютерного моделювання динамічних процесів у ланцюговому конвейері в літературних джерелах не виявлено.

До невирішених раніше частин загальної проблеми віднесено визначення шляхом комп'ютерного моделювання особливостей динамічних процесів у конвейерній установці для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів.

Метою досліджень поставлено встановлення особливостей динамічних процесів у конвейерній установці для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів. Задачами досліджень є розроблення комп'ютерної моделі для визначення динамічних процесів, проведення моделювання із аналізом одержаних результатів та розроблення пропозицій по вдосконаленню установки для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів.

Установка для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів має ланцюговий конвейер з приводом (рис. 1).

Установка включає електродвигун 1 який з'єднано клинопасовою передачею 2 із конічним редуктором 3. На вихідному валу редуктора встановлена зірочка приводної ланцюгової передачі 4 яка приводить в рух конвейерну систему. Конвейер має ряд зірочок 5..18, які служать для встановлення та направлення ланцюга 19 конвейера. Для забезпечення строго вертикального переміщення рамки служить кривошипний механізм 20 який взаємодіє із рамкою 21 встановленій на ланцюзі. На рамці розміщується виріб на який наноситься рідке

покриття. Установа забезпечує рівномірне вертикальне переміщення виробу при зануренні його у ванну яка знаходиться під зірочками 12 та 15.

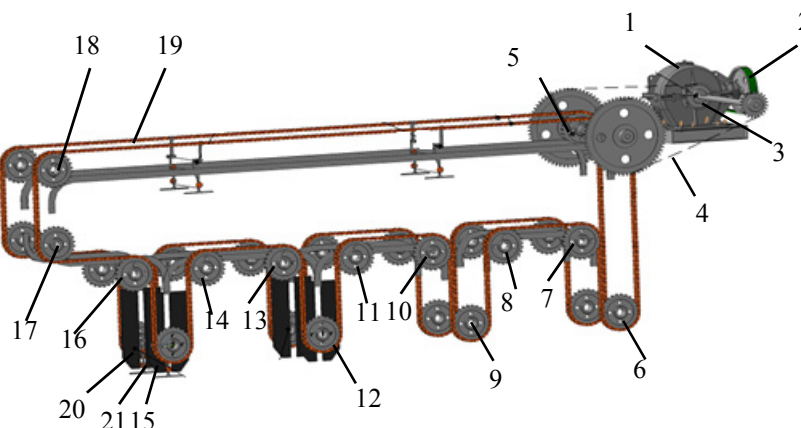


Рис. 1. Компонівка установки для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів

Основною проблемою розроблення установки є забезпечення необхідної стабільності швидкості переміщення ланцюга конвейера v . При цьому необхідно здійснювати плавне регулювання швидкості, виключивши резонансні явища та обмежити максимальне пере регулювання в пускових режимах та при гальмуванні установки.

Для вирішення проблеми стабілізації швидкості руху конвейера в динамічних режимах проведені дослідження шляхом математичного моделювання динамічних процесів у конвейерній установці.

Математична модель створена на основі динамічної моделі установки (рис. 2).

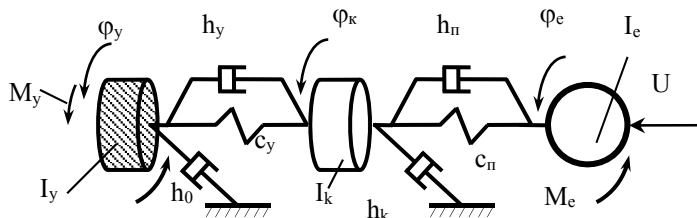


Рис. 2. Динамічна модель конвейерної установки з приводом

Динамічна модель установки подана у вигляді еквівалентної крутильної системи приведеної до вала електродвигуна. Вона включає три інерційні елементи I_e , I_k , I_y відповідні моменту інерції електродвигуна I_e , еквівалентному моменту інерції кінцевого редуктора I_k та приведеного до вала електродвигуна момента інерції I_y ланцюгового конвейера із встановленими на ньому виробами. В динамічній моделі враховано пружні і дисипативні властивості пасової передачі від вала електродвигуна до приводного вала кінцевого редуктора. Це здійснено заданням еквівалентної жорсткості c_p і еквівалентного коефіцієнта опору передачі h_p . Дисипативні процеси в редукторі враховано коефіцієнтом опору h_k . Ланцюгова передача від кінцевого редуктора до конвейера в математичній моделі подана у вигляді еквівалентної крутильної жорсткості c_y , та коефіцієнта опору h_y . Конвейер, що включає ланцюг, приводну зірочку та всі зірочки які забезпечують рух ланцюга подані у вигляді моменту інерції I_y . При переміщенні конвейера має місце значний опір, який описано коефіцієнтом опору h_0 . В конвейері виникають значні динамічні навантаження. Вони описані моментом зовнішніх навантажень M_y який включає випадкові складові.

Відповідно динамічній моделі системи для кожного інерційного елемента складено рівняння динаміки. Наприклад рівняння динаміки кінцевого редуктора:

$$I_k \frac{d^2 \varphi_k}{dt^2} = (\varphi_e - \varphi_k) c_{II} + (\dot{\varphi}_e - \dot{\varphi}_k) h_{II} - \dot{\varphi}_k h_k + (\varphi_y - \varphi_k) c_y + (\dot{\varphi}_y - \dot{\varphi}_k) h_y.$$

Після перетворення системи рівнянь по Лапласу знайдені передавальні функції та побудована структурна математична модель установки (рис. 3)

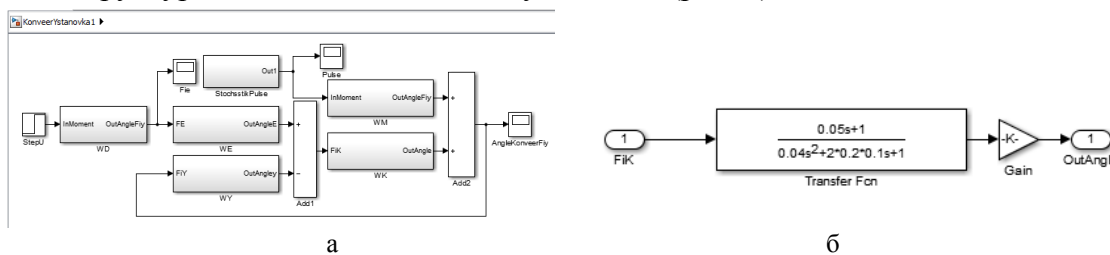


Рис. 3. Структурна математична модель конвейерної установки (а) та структура блока WK математичної моделі конвейерної установки (б)

Модель включає вхідний блок WD для моделювання процесів у приводному електродвигуні із системою його керування. Блоки WE і WY призначені для визначення динамічного кута повороту вихідного вала конічного редуктора, а блоки WM і WK призначені для розрахунку швидкості переміщення конвейера в динаміці.

Блоки моделі побудовані ідентично і включають засоби моделювання у вигляді відповідних передавальних функцій. Наприклад структура блока WK має вигляд відношення двох операторів (рис. 3б).

Розроблена математична модель динамічних навантажень у ланцюговому конвейері. Прийнято, що навантаження мають характер періодичних імпульсів випадкової амплітуди частота яких відповідає кроку взаємодії ланок ланцюга конвейера із зубцями зірочок. Для розрахунку випадкових моментних навантажень служить блок StochasticPulse математичної моделі (див. рис. 3). Розроблена структура блока (рис. 4а) та виконано розрахунок імпульсних навантажень (рис. 4б).

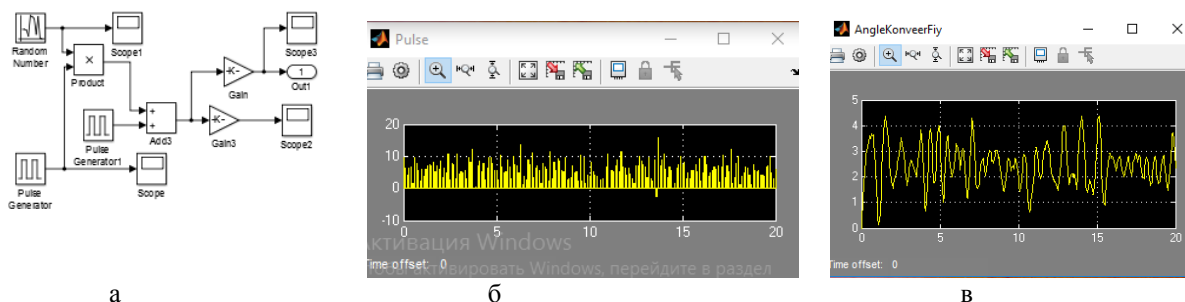


Рис. 4. Структура блока (а), розрахункова реалізація випадкових імпульсних навантажень (б) в конвейерній установці та результати моделювання швидкості руху ланцюга конвейера (в)

Відповідно розробленій моделі (див. рис.3) виконано моделювання перехідного процесу при розгоні конвейера внаслідок включення електродвигуна також одержано зміни в часі швидкості переміщення ланцюга конвейера (рис. 4 в).

Із результатів математичного моделювання випливає що перехідний процес розгону ланцюга є слабо затухаючим, а швидкість переміщення ланцюга періодично змінюється випадковим чином.

Для поліпшення якості регулювання приводу установки запропоновано здійснити її корекцію шляхом введення регулятора в систему зворотнього зв'язку (рис. 5).

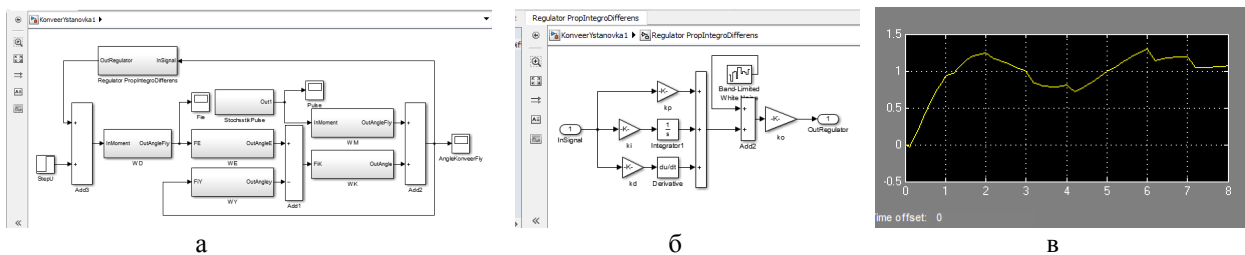


Рис.5. Введення головного зворотного зв'язку з метою корекції динамічних характеристик конвейерної установки (а), структурна схема регулятора який використано в системі головного зворотного руху конвейерної установки для поліпшення її динамічних характеристик (б) та перехідний процес конвейерної установки після корекції її динамічних властивостей введення пропорційно-інтегро-диференціуючого регулятора в систему головного зворотного зв'язку (в)

В якості коригуючого пристрою використано пропорційно-інтегруючо-диференціуючий регулятор (рис.5б).

Введення регулятора в систему головного зворотного зв'язку установки суттєво поліпшує її динамічні характеристики. Перехідний процес розгону ланцюга конвейера згладжується (рис. 5в).

Корекція суттєво знижує випадкові пульсації швидкості ланцюга конвейера. Тому даний спосіб регулювання привідного електродвигуна можна вважати ефективним.

Висновки

1. Конвейерна установка для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів є ефективним технологічним обладнанням, але вона має незадовільні динамічні характеристики обумовлені виникненням слабо затухаючих коливань конвейера під дією випадкових імпульсних навантажень у ланцюгових передачах установки

2. Для поліпшення динамічних характеристик установки рекомендується ввести систему головного зворотного зв'язку по швидкості переміщення ланцюга конвейера в систему керування привідного електродвигуна використавши в системі зворотного зв'язку пропорційно-інтегруючо-диференціуючий регулятор.