

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Нестеренко А.О., Вислоух С.П.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В статті розглядається питання використання імітаційного моделювання в приладобудуванні. Наведено можливості імітаційного моделювання та його переваги. Представлено етапи імітаційного моделювання. Розроблено імітаційну модель автоматизованої лінії складання хвильового редуктора за допомогою системи AnyLogic. Проведено дослідження процесу складання за допомогою отриманої моделі, результатами яких є коефіцієнти завантаження обладнання, а також його часові та кількісні характеристики. Наведено рекомендації щодо покращення роботи автоматизованої лінії.

Ключові слова: імітаційне моделювання, автоматизована лінія, складання хвильового редуктора, завантаження обладнання, кількісні та часові характеристики роботи лінії.

Постановка питання. Нині багато промислових виробництв представляють собою складні динамічні системи, що характеризуються високим рівнем невизначеності початкової інформації і складністю їх поведінки. Для вирішення багатьох проблем, що пов'язані з керуванням такими системами, а також для його спрощення доцільно використовувати імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання – це метод дослідження, при якому система що досліджується, замінюється моделлю, що з достатньою точністю описує реальну систему, і з нею проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему [1].

Сучасне імітаційне моделювання виробничих процесів дозволяє відтворювати послідовність виконання операцій або етапів виробничого процесу шляхом моделювання його окремих елементів, а також визначити найкращий тип виробничої лінії з отриманням оптимальних показників, можливість виконати тестування з множиною параметрів виробництва, включаючи пропускну здатність потоку і кількість необхідного обладнання. Це дозволяє визначити тип виробництва, що буде найбільш ефективним для виготовлення виробу, та факторів, які впливають на кінцеві показники якості створюваного продукту. Завдяки імітаційному моделюванню і проведенню експериментів із застосуванням моделі можна досягти підвищення ефективності використання обладнання, оптимізації виробництва, скорочення часу виробничого циклу, збільшення обсягів виробництва та поліпшення якості виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання імітаційного моделювання розглянуто в джерелах [1–3], де розв'язано практичні задачі моделювання та наведено результати вирішення надскладних великих за обсягом задач, що часто реалізувати і прорахувати аналітично в реальному часі неможливо, занадто складно або недоцільно.

Нові розробки та технології в імітаційному моделюванні, а саме їх поява, дають шанс підвищити ефективність технологічного процесу та його постановки на потрібний виробничий рівень. Це дасть змогу покращити рівень вже існуючого виробництва шляхом вдосконалення або шляхом часткового його реконструкції.

Вибір методу моделювання і необхідна деталізація моделей істотно залежать від етапу розробки складної системи [4–5]. Аналітичні розрахунки не є точними і не можуть враховувати всі необхідні показники, це є важливим недоліком, що заважає поставити виробничий процес, який розрахований таким методом на відповідний очікуваний високий рівень. Завжди існує ймовірність того чи іншого включення неврахованого фактору, як, наприклад, розташування деталей чи заготовок на лінії або біля робочого місця, виконання іншої роботи на вказаній позиції тощо. Оптимальним рішенням цієї задачі є використання імітаційного моделювання задля створення моделі необхідного виробничого процесу, його аналізу та подальшого налагодження. Визначення раніше наведених небажаних ситуацій в такій моделі можливе за рахунок аналізу проведеного експерименту, що не потребує додаткових витрат і надає можливість проводити нескінченну кількість таких експериментів змінюючи параметри та дозволяє більш точно і якісно визначити найбільшу кількість таких ситуацій.

Імітаційне моделювання широко використовується у виробництві для вирішення різних проблем від оптимізації проміжних процесів до стратегічного управління. Моделювання дозволяє аналізувати не тільки конкретний процес, а й систему виробництва в цілому, що дає можливість перевірити капіталомісткість тієї чи іншої стратегії управління. Проведення експериментів з використанням моделі позбавляє від необхідності проведення експериментів в реальному житті і не заважає роботі виробництва [6].

Однією з переваг моделі при імітаційному моделюванні є врахування та поєднання всіх етапів виготовлення виробу: розробку виробничого процесу, його моделювання, технологічну підготовку виробництва та управління виробництвом. Результати виконання експерименту по даній моделі є продуктом статистичної обробки даних, які спостерігаються та фіксуються в процесі проведення експерименту.

Типовий експеримент імітаційної моделі включає в себе наступні етапи:

- створення абстрактної моделі;
- реалізація моделі з використанням обраного програмного продукту;

- аналіз створеної моделі;
- запуск імітаційної моделі та проведення експериментів;
- аналіз та оцінка отриманих результатів.

Аналіз сучасних засобів імітаційного моделювання показав, що для цього доцільно застосувати багатфункціональне середовище імітаційного моделювання AnyLogic. За допомогою системи AnyLogic є можливість оптимізувати та побудувати моделі ділянки виготовлення деталей та ліній складання складних виробів шляхом імітації всіх елементів технологічних процесів ще до початку запуску їх реального виробництва. Перевагами програмного засобу AnyLogic є те, що це середовище моделювання підтримує проектування, розробку та документування моделі, дозволяє виконати комп'ютерні експерименти з моделлю, включаючи різні види аналізу – від аналізу чутливості параметрів моделі до їх оптимізації щодо вибраного критерію [7].

Даний програмний продукт має можливість створювати моделі за допомогою всіх трьох сучасних підходів: дискретно-подієвого, агентного та системної динаміки.

Ці три методи можуть використовуватися в будь-якій комбінації на базі одного програмного забезпечення, щоб змоделювати систему будь-якої складності. У AnyLogic є різні візуальні мови моделювання: діаграми процесів, діаграми стану, блок-схеми та діаграми потоків і накопичувачів.

AnyLogic – інструментарій, який надає можливість багатопідхідного імітаційного моделювання [8].

Незважаючи на велику кількість наукової літератури та публікацій, де розглядається питання імітаційного моделювання, існує необхідність проведення додаткових досліджень роботи технологічних систем в приладобудуванні в умовах автоматизованого виробництва.

Метою даної статті є розробка імітаційної моделі функціонування автоматизованої лінії складання хвильового редуктора засобами системи AnyLogic, дослідження процесу складання за допомогою отриманої моделі, визначення результатів моделювання та їх аналіз для розробки рекомендацій щодо покращення роботи автоматизованої лінії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Імітаційне моделювання складання будь якого виробу виконується в такій послідовності:

- побудова функціональної, кількісно адекватної оригіналу, моделі ділянки складання виробу за допомогою одного з інструментів імітаційного моделювання;

- створення імітаційної моделі, яка відповідає особливостям функціонування системи і завданнями візуалізації;

- планування і проведення модельних експериментів;

- внесення змін до моделі та проведення нових випробувань в залежності від результатів експериментів;

- підведення підсумків за результатами виконаних експериментів моделювання та надання рекомендацій щодо покращення та вдосконалення виробничого процесу.

Як приклад застосування можливостей імітаційного моделювання в приладобудуванні розглянемо процес складання хвильового редуктора на автоматизованій лінії.

Хвильовий редуктор, імітаційне моделювання технологічного процес складання якого наводиться в статті, складається з двох основних складальних одиниць – вхідний вал та вихідний вал, що komponуються в готовий виріб. Для успішної побудови імітаційної моделі, згідно з поставленою задачею, з урахуванням технологічної схеми складання редуктора, лінія складання повинна мати три робочі позиції, кожна з яких буде імітувати процес складання окремої складальної одиниці.

В процесі складання хвильового редуктора використовують автоматизоване обладнання: автоматичний прес, робот-маніпулятор та автоматичний гайковерт.

Початковими вхідними даними для імітаційного моделювання є коефіцієнти часу, які залежать від тривалості складання виробу.

Кожне зі значень коефіцієнтів відповідає часу виконання окремої операції, а саме: час складання вхідного валу $t_1=220$ с.; складання вихідного валу $t_2=160$ с.; загальне складання редуктора $t = 45$ с.

За допомогою «агентів» та змінних, що представлені в бібліотеці системи AnyLogic, а також на основі їх зв'язків побудовано схему роботи автоматизованої лінії, відповідно до поставлених задач (рис. 1).

Для зручності та наочності процесу складання редуктора створено область перегляду функціонування автоматизованої лінії, яка надає більш детальне представлення про процес моделювання. Графічна схема ділянки автоматизованої лінії складання хвильового редуктора представлена на (рис. 2).

На рис. 3 представлено значення коефіцієнтів завантаження обладнання, а на рис. 4 – часові та кількісні характеристики процесу для автоматизованого складання 50-ти хвильових редукторів.

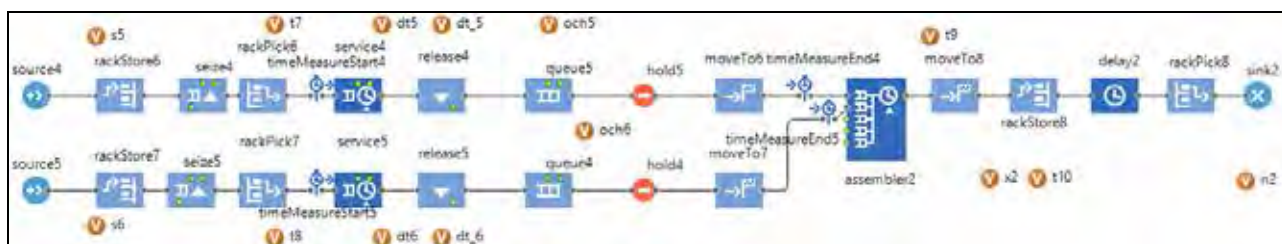


Рис. 1. Схема роботи автоматизованої лінії складання в AnyLogic

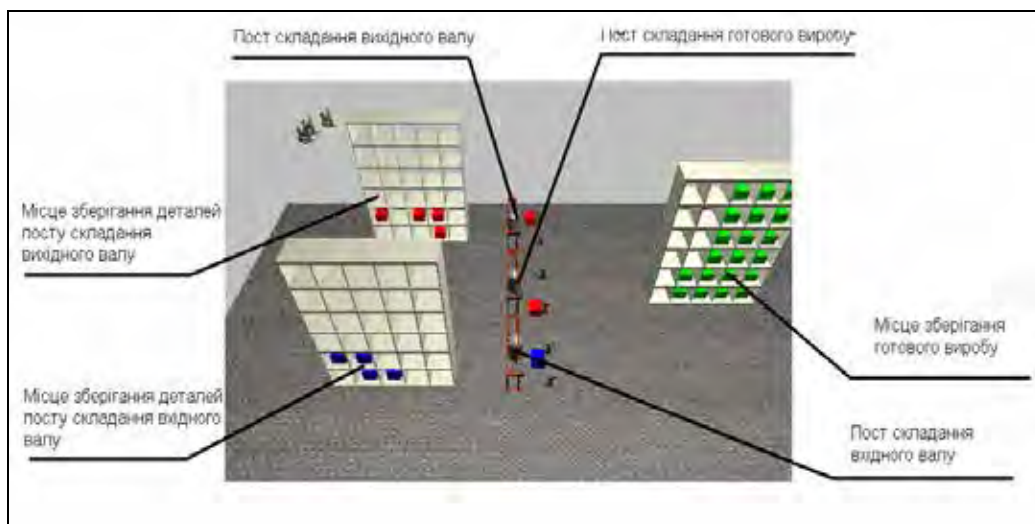


Рис. 2. Графічна схема дільниці автоматизованої лінії складання хвильового редуктора

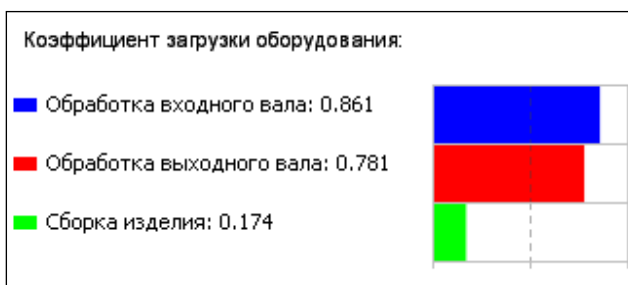


Рис. 3. Коефіцієнти завантаження виробничого обладнання

Общее время сборки от входного вала до готового изделия	273
Общее время сборки от выходного вала до готового изделия	215
Очередь входных валов перед сборкой	0
Очередь выходных валов перед сборкой	12
Количество изготовленных изделий (шт.)	50
Скорость изготовления изделий (шт./час)	5.615512610618406

Рис. 4. Часові та кількісні характеристики виробничого процесу складання

Представлена імітаційна модель лінії складання надає результати виконання технологічних операцій, завантаження обладнання кожного робочого посту, наявність черги виконаних операцій та ефективність процесу виготовлення редукторів.

Проведення експерименту з технологічним процесом складання редукторів на основі використання імітаційної моделі показало, що при виготовленні 50-ти готових одиниць хвильового редуктору завантаженість кожного з постів складає:

- пост складання вхідного валу – 86,1% навантаження;
- пост складання вихідного валу – 78,1% навантаження;
- пост складання готового виробу – 17,4% навантаження.

Крім того, аналіз результатів проведеного експерименту шляхом імітаційного моделювання показав, що за таких умов складання 50-ти редукторів виникає черга на посту зі складання вихідного валу в 12 складальних одиниць.

Висновки за отриманими результатами. Таким чином, за результатами імітаційного моделювання роботи автоматизованої лінії складання хвильових редукторів можна зробити наступні висновки:

- з метою забезпечення оптимального виробництва потрібно враховувати чергу на кожному з постів складання, а для запобігання про-

стою обладнання потрібно змінити час початку виробництва на посту складання вхідного валу з врахуванням кількості редукторів, що складаються;

- використовуючи систему імітаційного моделювання AnyLogic можлива реалізація достовірного та результативного експерименту, що дозволяє вирішити задачу оптимізації завантаження робочих місць;

- результати виконання моделювання складання 50-ти хвильових редукторів показали на нераціональне використання робочих ресурсів обладнання, що може призвести до зайвих фінансових та часових витрат;

- встановлено очевидні недоліки автоматизованої лінії при побудові постів складання, зафіксовано утворення черги на позиції складання вихідного валу;

- для виправлення встановлених недоліків в роботі автоматизованої лінії складання пропонується зміна роботи обладнання, враховуючи час складання кожного з вузлів. Це дозволить усунути або звести до мінімуму можливість утворення черги при заданих початкових вхідних параметрах шляхом необхідного корегування технологічного процесу.

Таким чином, імітаційне моделювання дає можливість швидко, не витрачаючи значних матеріальних та часових ресурсів, виконати аналіз параметрів автоматизованої лінії з врахуванням поставлених завдань та прийняти рішення з її подальшого впровадження.

Список літератури:

1. Куприяшкин А.Г. Основы моделирования систем [Текст]: учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с.
2. Замятина О.М. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.
3. Боев В.Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.
4. Системное обеспечение пакетов прикладных программ / Под ред. А.А. Самарского. – М.: Наука, 1990.
5. Советов Б.Я. Моделирование систем : учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 7-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 343 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
6. Производство – инструмент имитационного моделирования AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.anylogic.ru/manufacturing/>.
7. Нестеренко А.О., Вислоух С.П. Оптимізація процесів приладобудівного виробництва шляхом імітаційного моделювання [Текст] / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали тез доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 24–27 квіт. 2017 р.) : у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – Т. 2. – С. 143.
8. Возможности – инструмент имитационного моделирования AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.anylogic.ru/features/>.

Нестеренко А.О., Вислоух С.П.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Аннотация

В статье рассматривается вопрос использования имитационного моделирования в приборостроении. Представлены возможности имитационного моделирования и его преимущества. Представлены этапы имитационного моделирования. Разработана имитационная модель автоматизированной линии сборки волнового редуктора с помощью системы AnyLogic. Проведено исследование процесса сборки с помощью полученной модели, результатами которых являются коэффициенты загрузки оборудования, а также его временные и количественные характеристики. Приведены рекомендации по улучшению работы автоматизированной линии.

Ключевые слова: имитационное моделирование, автоматизированная линия сборки волнового редуктора, загрузки оборудования, количественные и временные характеристики работы линии.

Nesterenko A.O., Vysloukh S.P.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»

SIMULATION OF THE PRODUCTION BUILD PROCESS

Summary

The article discusses the use of simulation in engineering. The possibilities of simulation modeling and its advantages are presented. The stages of simulation modeling are presented. The simulation model of an automated line of assembly of a wave reducer with the help of AnyLogic system is developed. The study of the assembly process by using the obtained model, the load factors of the equipment and its temporal and quantitative characteristics. The recommendations for improvement of the automated line are given.

Keywords: simulation modeling, automated line, drawing of a wave reducer, equipment loading, quantitative and time characteristics of the line operation.