

Выводы

Анализ решения дифференциальных уравнений движения системы с динамическим гасителем колебаний показал: 1. Амплитуда A_1 грузовой подвески равна 0, когда частота вибрирующего устройства Ω равна собственной частоты динамического гасителя колебаний ω_2 , и при $m_2/M_1 = 0.5$ в интервале отношений

частот $0,78..1,28$ величина A_1/ξ_0 меньше, чем в исходной недеформированной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивович В. А., Онищенко В. Я. Защита от вибраций в машиностроении. — М.: Машиностроение. 1990. 272 с.
2. Шульман З. П., Кордонский В. И. Магнитореологический эффект. — Минск: 1982. — 184 с.

пост.08.07.14

Розробка імітаційної моделі процесу виробництва змійовиків

Т. О. ДОВГОПОЛА, Л. О. ЧЕРНОМУРОВА

Дніпродзержинський державний технічний університет

В данной работе создана имитационная модель производственной системы по изготовлению змеевиков для водного экономайзера котлоагрегата. Разработанная модель позволяет определять оптимальные параметры и конфигурацию системы.

У даній роботі створена імітаційна модель виробничої системи з виготовлення змійовиків для водного економайзера котлоагрегату. Розроблена модель дозволяє визначити оптимальні параметри і конфігурацію системи.

In this paper we set up a simulation model of the production system for the manufacture of coil threads for water economizer of the boiler unit. The developed model allows to determine the optimal parameters and system configuration.

Вступ. Одним із найбільш ефективних методів дослідження процесів і систем різної природи та ступеню складності є метод імітаційного моделювання. Використовуючи результати імітаційного моделювання, можна описати поведінку системи, оцінити вплив різних параметрів системи на її характеристики, виявити переваги та недоліки можливих змін, прогнозувати поведінку системи.

Найкращою ілюстрацією області застосування імітаційного моделювання є системи масового обслуговування (СМО), у термінах яких описуються різні реальні системи: обчислювальні системи, торговельні комплекси, виробничі дільниці – будь-які системи, де можливі черги та відмови у обслуговуванні [1].

Для моделювання виробничих систем використовуються як універсальні програми (GPSS, AutoMod, ProModel та AnyLogic), так і спеціально розроблені пакети.

Постановка задачі. Існуюча на даний час структура виробництва одного з цехів хімічного підприємства не забезпечує випуск необхідної кількості змійовиків на протязі заданого періоду. Необхідно надати ре-

комендації щодо змін структури для виконання плану виробництва.

Виробництво складається з чотирьох дільниць, на кожній з яких вробляються окремі комплектуючі змійовиків. На першій дільниці за допомогою спеціалізованого обладнання (роботизовані верстати) відбувається гнуття трубної заготовки ($\varnothing 35$, L125). На другій дільниці відбуваються токарні роботи з виготовлення допоміжних деталей, а саме фланцевих з'єднань. На третій дільниці відбувається термічна обробка трубних заготовок ($\varnothing 40$, L280). На четвертій дільниці відбувається шліфування базових плит, до яких у подальшому будуть приварюватися відповідні трубні заготовки.

Заготовки, що пройшли пункти контролю і відповідають усім вимогам якості, надходять до пунктів комплектації виробів – безпосередньо самих змійовиків. Потім готові змійовики надходять до пункту контролю, що являє собою шаблон для перевірки геометричних параметрів виробу, а також у ньому виконується кольорова дефектоскопія зварних з'єднань. Вироби, що пройшли контроль, надходять до пункту прийому, після чого транспортуються до складу готової продукції.

У виробництві присутні фактори випадковості [1]: час виготовлення та час контролю блоків і виробів, кількість бракованих блоків і виробів. Кожен фактор описується певним законом розподілу (таблиця 1).

Таблиця 1. Фактори випадковості

Фактор випадковості	Закон розподілу
Час виготовлення блоків	експоненційний
Тривалість контролю блоків	експоненційний
Кількість бракованих блоків	трикутний
Кількість бракованих виробів	трикутний
Час комплектації виробу	експоненційний
Час перевірки виробу	експоненційний

У даній роботі було розглянуто характеристики і можливості існуючих засобів моделювання такого роду систем. Для комп'ютерної реалізації була обрана сучасна система моделювання AnyLogic [2, 3]. Ця система була створена у 2000 році, і базувалася на останніх перевагах інформаційних технологій: об'єктно-орієнтований підхід, елементи стандарту UML, мова програмування Java.

Продукт отримав назву AnyLogic насамперед тому, що він підтримував усі три відомі методи моделювання:

- системна динаміка;
- дискретно-подійне (процесне) моделювання;

- агентне моделювання;
- будь-яка комбінація цих підходів у межах однієї моделі.

Суттєвий крок вперед був зроблений у 2003 році, коли була створена AnyLogic 5 з орієнтацією на бізнес-моделювання. За допомогою AnyLogic стало можливим розробляти моделі у наступних сферах діяльності: виробництво, логістика та ланцюги постачання, ринок та конкуренція, та інші.

На початку 2010 року вийшла в світ нова версія програми AnyLogic 6.5 та AnyLogic 6, написана на мові програмування Java у популярному середовищі Eclipse. AnyLogic 6 є крос-платформним програмним забезпеченням, що працює як під керівництвом операційної системи Windows, так і під Mac OS і Linux.

Результати роботи. Представлена в даній роботі модель дозволяє отримати рекомендації щодо організації виробничого процесу виготовлення необхідної кількості змійовиків за мінімальний час. Для отримання результатів було проведено ряд чисельних експериментів за допомогою системи AnyLogic.

У відповідності із можливостями AnyLogic розроблена імітаційна модель складається із 7 сегментів [2]:

- імітація роботи дільниць по виготовленню блоків;
- імітація роботи постів контролю блоків;
- імітація роботи пунктів комплектації виробів;
- імітація роботи стендів контролю зібраних виробів;
- імітація роботи пунктів прийому виробів;
- імітація складу готових виробів;
- імітація складу бракованих блоків та виробів.

Перелічені сегменти зображені на *рис. 1* на вкладці «Предприятие».

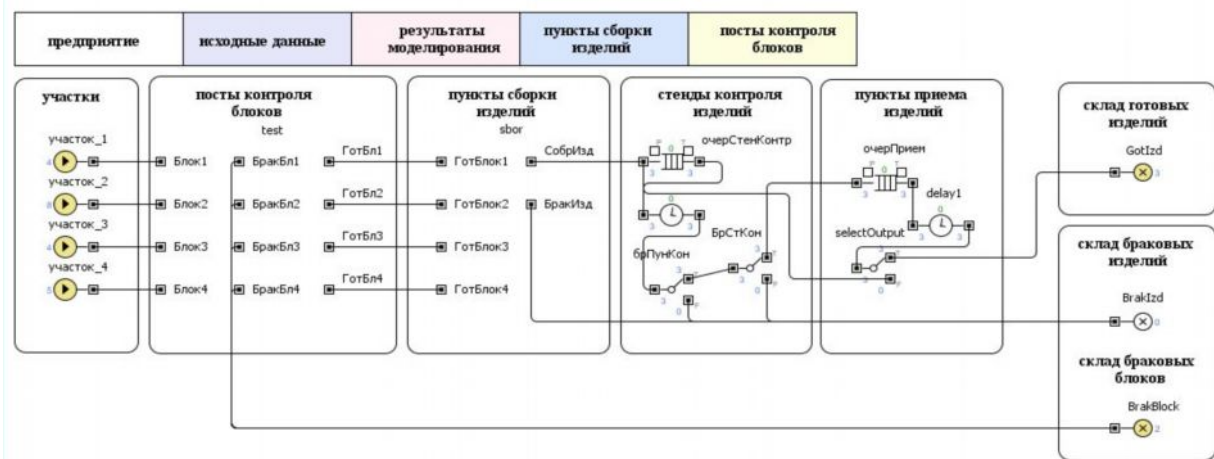


Рис. 1. Сегменти імітаційної моделі

Для введення початкових даних в області «Исходные данные» використовують елементи **Параметр** та **Бегунок** (рис. 2).



Рис. 2. Початкові дані експерименту

Одна технологічна операція імітується за допомогою об'єктів **queue** і **delay**, що показують довжину черги блоків на обробку та час виконання даної операції. Для проведення контролю якості блоків в імітаційну модель включені об'єкти **selectOutput**, що містять

значення ймовірностей проходження перевірок. У випадку відсутності браку блок транспортують на наступний етап виробництва. Якщо виявлено брак, то блок відправляють на склад бракованих блоків (рис. 3).

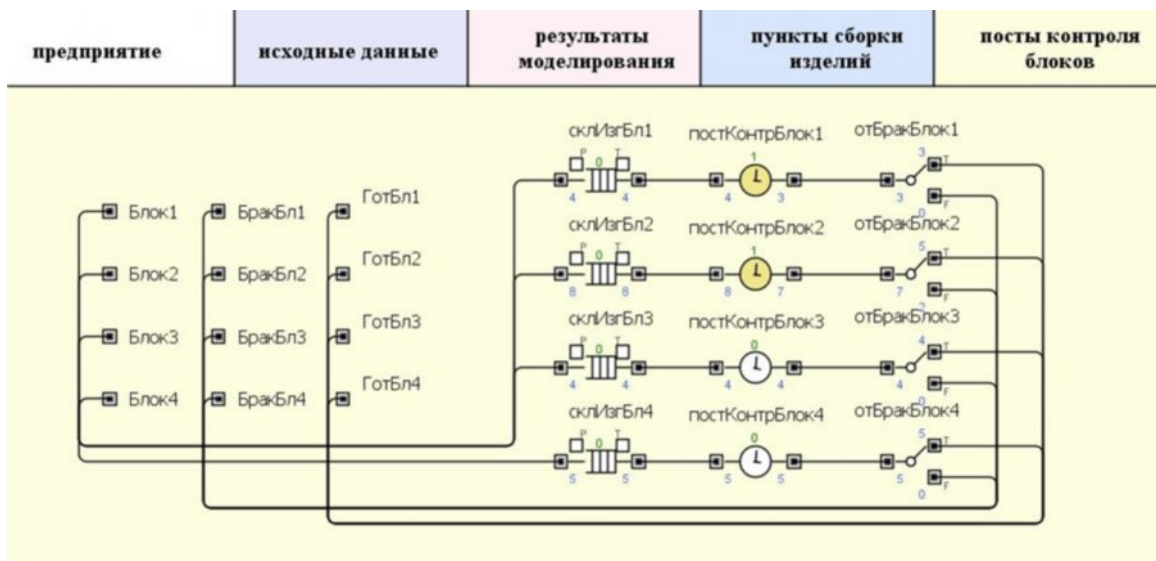


Рис. 3. Імітація роботи постів контролю блоків

AnyLogic дозволяє представити комплектуючі, деталі та вироби у вигляді заявок на обслуговування зі своїми параметрами. По мірі виконання технологічних операцій деталі та комплектуючі об'єднуються у більш

складні вироби, які представляються в імітаційній моделі відповідними типами заявок. Об'єднати заявки в AnyLogic можна за допомогою об'єкту **combine**. На рис. 4 представлено роботу пунктів комплектації виробів.

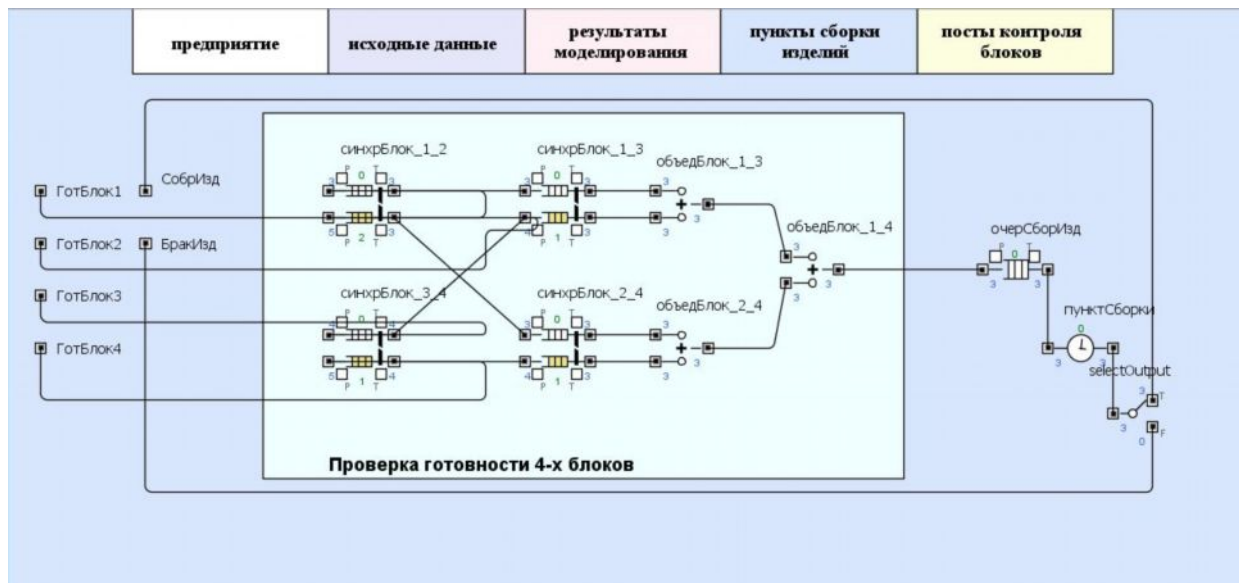


Рис. 4. Імітація роботи пунктів комплектації виробів

У разі виявлення браку виріб відправляють на склад бракованих виробів, в іншому випадку – на склад готових виробів.

Для виведення результатів моделювання використовувався елемент **Простая переменная**. На рис. 5 зображено фрагмент результатів, що визначають кількість готових та бракованих блоків і виробів.

предприятие	исходные данные	результаты моделирования	пункты сборки изделий	посты контроля блоков
Данные о количестве подготовленных и забракованных блоков и изделий				
V lolzgblock.1 379	V lolTestBlock.1 379	V bral.Bloc.1 12	V gotBlock.1 367	V ostGotBlock.1 234
V lolzgblock.2 641	V lolTestBlock.2 641	V bral.Bloc.2 117	V gotBlock.2 524	V ostGotBlock.2 391
V lolzgblock.3 224	V lolTestBlock.3 224	V bral.Bloc.3 52	V gotBlock.3 172	V ostGotBlock.3 39
V lolzgblock.4 322	V lolTestBlock.4 322	V bral.Bloc.4 12	V gotBlock.4 310	V ostGotBlock.4 177
		V alBral.Bloc. 193	V alBral.Izd 39	V lolGotIzd 133

Прогон: 0 Пауза | Время: 28349.60 | Прогон: Время остановки не задано | Панель:

Рис.5. Результаты моделирования

У якості показників оцінювання використовувались: кількість готових виробів, кількість бракованих виробів, кількість бракованих блоків, інтенсивність поставок блоків, середній час виготовлення виробів,

кількість днів виготовлення виробів. Результати чисельних експериментів, що представлені у таблиці 2, дозволяють визначити найбільш вдалий експеримент.

Таблиця 2. Результати експериментів

Показники	Експерименти		
	1	2	3
Кількість готових виробів, шт.	133	132	132
Кількість бракованих виробів, шт.	39	86	74
Кількість бракованих блоків, шт.	193	181	320
Інтенсивність поставок блоків, шт./год.	2,9	3,3	3,2
Середній час виготовлення виробів, год.	472,5	340,7	369,2
Кількість днів виготовлення виробів	59	43	46

Як видно з таблиці 2, найбільш вдалим експериментом виявився експеримент №2: кількість бракованих виробів – 86 шт., кількість бракованих блоків складає 181 шт., найменший час виготовлення виробів – 340,7 год., інтенсивність поставок блоків – 3,3 шт./год. Тобто є доцільним застосувати ще одне устаткування на дільниці № 3 для виготовлення блоку №3. Отже, виготовлення 132 змійовиків можливо виконати за 43 робочі дні.

Висновки

У даній роботі проаналізовано процес виробництва змійовиків для водяного економайзера котлоагрегату. На основі аналізу процесу виробництва розроблена імітаційна модель, яка дозволяє, завдяки формальному опису, оцінити можливості виробничої системи.

Базуючись на концептуальному та формальному описі, представлена модель дозволяє:

- виконувати різні зміни у структурі виробничої системи та аналізувати показники, що нас цікавлять;
- оцінювати процес виробництва на великому проміжку часу, тим самим знаходити проблемні місця виробничої лінії.

За допомогою імітаційної моделі були проведені чисельні експерименти. В результаті експериментів була виявлена найбільш ефективна конфігурація виробничої системи. Зокрема, на дільницю № 3 необхідно

додати один верстат для пришвидшення поставок блоків.

Імітаційна модель була розроблена за допомогою програмного продукту AnyLogic.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. — СПб. : Питер.; Киев : Издательская группа BHV. 2004. — 847 с.
2. Боев В. Д., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики: Учеб. Пособие. — СПб. : ВАС. 2009. — 349 с.
3. Боев В. Д., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование : Учебный курс. — ИНТУИТ. РУ. 2010. — 250 с.
4. www.anylogic.ru.

пост.06.10.14

Контактна взаємодія важкої смуги з багатопаровою основою

Н. Л. КОЗАКОВА, В. Д. ЛАМЗЮК

Україна, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

В статье рассмотрена математическая модель процесса отставания весомой полосы от основания. Разработан алгоритм нахождения участков отрыва весомой полосы от основания и значения контактных напряжений на границе полосы и основания. Методом исследования математической модели является метод регуляризации сингулярных интегральных уравнений и метод конечных сумм решения интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода. Сделаны выводы о возможности отставания участков контакта и разработан алгоритм вычисления контактных напряжений.

В статті розглянуто математичну модель процесу відставання вагової смуги від основи. Розроблено алгоритм знаходження ділянок відриву вагової смуги від основи і значення контактних напружень на межі смуги і основи. Методом дослідження математичної моделі є методрегуляризації сингулярних інтегральних рівнянь і метод скінченних сум розв'язання інтегральних рівнянь Фредгольма 2-го роду. Зроблено висновки про можливість відставання ділянок контакту та розроблено алгоритм обчислення контактних напружень.

The article describes the mathematical model of a process of backlog of a weighty band from the base. An algorithm for finding the areas of separation of a weighty band from the base and values of contact stresses on the border between the band and the base is developed. The method for researching a mathematical model is the method of regularization of singular integral equations and the method of finite sums of solutions of Fredholm integral equations of the 2nd kind. Conclusions about the possibility of the backlogging of the contact areas and an algorithm for calculating contact stresses is developed are made.