

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



Наукові праці
Донецького національного технічного університету
Серія: «Проблеми моделювання
та автоматизації проектування»

№ 2 (16), 2020

Покровськ – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАУКОВІ ПРАЦІ

**ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

**Серія «Проблеми моделювання та автоматизації
проектування»**

Всеукраїнський науковий збірник

Заснований у червні 1999 року

Виходить 2 рази на рік

№ 2 (16), 2020

Покровськ – 2020

ЗМІСТ

Рашевський М.О. Асимптотичне розв'язування задачі оптимального керування системами з повільно змінними параметрами	5
Філер З. Ю. Аналіз стійкості лінійних систем	12
Polska O. V., Kudermetov R. K., Shkarupilo V. V. The approach for QoS based web service selection with user's preferences	19
Пархоменко А. В., Туленков А.В., Залюбовський Я.І. Метод віддаленого моніторингу параметрів електрощитового обладнання системи домашньої автоматизації	28
Голуб Т.В., Зеленцова І.Я., Грушко С.С., Котенко А.О. Розробка інтерфейсного модуля для програмно-апаратного комплексу автоматичної класифікації текстів	38
Любимов А. С., Святний В. А. Формальні описи складних динамічних систем і специфікації симуляторів, побудованих засобами мов моделювання	49
Мінзоров О. В. Послідовні симулятори мережевих динамічних об'єктів з розподіленими параметрами	60
Diahyleva O., Leshchenko A., Yurzhenko A. Formation of teachers' readiness to project activities in the context of scientific and methodological work of international affairs department of higher maritime establishment	69
Зінченко О. В. Моделювання DDOS-атак на хмарні обчислювальні системи	75
Ковальов С. О., Тихонова О. А., Тихонова Ю. Г. Концепція симулятора стрічки конвеєра, з виробництва деталей з подальшим розпізнаванням і сортуванням деталей	86

КОНЦЕПЦІЯ СИМУЛЯТОРА СТРІЧКИ КОНВЕЄРА, З ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ З ПОДАЛЬШИМ РОЗПІЗНАВАННЯМ І СОРТУВАННЯМ ДЕТАЛЕЙ

Ковальов С. О., Тихонова О. А., Тихонова Ю. Г.

Розглянуто сучасне становище питань моделювання та реальні приклади на виробництві. Розглянуто основні складові моделювання, а саме розробка симулятора і наближення його роботи до реальної системи. Запропоновано концепцію симулятора конвеєра, наведено структуру, алгоритм роботи та регулювання його роботи в реальному часі, з урахування розпізнавання і сортування деталей. Виділено проблему взаємодії симуляторів та їх інтерфейсів, і врахувавши це, надано концепт графічного інтерфейсу розроблюваного симулятора.

Ключові слова: моделювання, конвеєр, симулятор, Simulink, багатоагентна система.

Вступ. Сучасний розвиток виробництва і технологічних процесів все більше вимагає розвитку пристроїв і технологій. Досить часто у виробництві використовуються промислові роботи і програмні комплекси, і вони також вимагають поліпшень, як технічної бази, так і програмної. Але при модифікації будь-якого виробництва можуть бути допущені помилки, або може бути викликаний збій технологічного процесу, або відходження від норми, що виготовляється. Такі помилки і налаштування спричинять за собою зайві витрати і втрати виробництва, в особливо небезпечних випадках збою технологічних процесів, можуть бути людські жертви. Тому, щоб уникнути таких ситуацій, з розвитком обчислювальної техніки, стало можливо моделювання таких процесів, шляхом побудови апаратних або програмних симуляторів виробництва, або технологічних процесів.

Функціонування симулятора залежить від моделювання робочого процесу. Наприклад, реальна система не може бути зайнята, тому що вона не може бути доступна, або це може бути небезпечним. Або вона розробляється, але ще не побудована, або вона може просто не існувати, але необхідно дізнатися, як буде себе вести при певних умовах, тоді і з'являється необхідність в моделюванні.

Моделювання - це імітація роботи реального процесу або системи з плином часу [1]. Процес імітації, перш за все, передбачає, що буде розроблена модель, дана модель являє ключові характеристики поведінки обраної фізичної або абстрактної системи або процесу. Модель системи або процесу

використовується в багатьох контекстах, таких як моделювання технологій для оптимізації продуктивності, техніки безпеки, тестування, навчання, освіти, відео ігор. Часто комп'ютерні експерименти використовуються для дослідження імітаційних моделей. Моделювання також використовується для наукового моделювання природних систем або організму людини, щоб розібратися в їх функціонуванні. Моделювання може бути використано для відображення можливих реальних наслідків альтернативних умов і напрямків діяльності.

Ключові проблеми в моделюванні включають достовірність інформації і коректність ключових характеристик і їх поведінки, використовуються спрощують наближення і припущення, в рамках моделювання, з визначенням точності і достовірності результатів моделювання. У багатьох випадках у вигляді джерел інформації і представленні результатів - виступають симулятори, спеціально розроблені для необхідного процесу.

Основною складовою моделювання є розробка симулятора і наближення його роботи до реальної системи. Симулятор - імітатор (зазвичай механічний або комп'ютерний), задача якого полягає в імітації управління будь-яким процесом, апаратом або транспортним засобом. Найчастіше зараз слово «симулятор» використовується стосовно до комп'ютерних програм (зазвичай ігор) [1].

У наш час симулятори застосовуються в усіх сферах життєдіяльності. Наприклад, автомобільні симулятори представляються у

вигляді моніторів і керма управління, де людина керує машиною за допомогою керма, а монітори служать лобовим і бічними стеклами автомобіля. Програмно встановлюється певний маршрут прямування і встановлюються перешкоди. Симуляція навчання техніки польоту використовується для навчання пілотів на землі. У порівнянні з тренуванням в реальній авіації, моделювання навчання дозволяє навчити маневрів або ситуацій, які можуть бути небезпечні для виконання в літаку. Наприклад, збої в електричній системі, відмови апаратури, відмови гідравлічної системи, і навіть управління польотом, збої можуть бути змодельовані без ризику для пілотів і літаків. Такі симулятори це кабіна літального апарату реальних розмірів, закріплену певним чином, що дозволяє її переміщати в певних межах. Лобове скло літального апарату знову ж за допомогою комп'ютерного моделювання відображає політ і моделює певні ситуації.

Все частіше стали використовувати симулятори цифрової логіки і цифрових схем. Використання моделювання протягом усього життєвого циклу продукції, особливо на більш ранній концепції і етапі проектування, має потенціал забезпечити істотні вигоди. Успішне застосування моделювання, на початку життєвого циклу, було в значній мірі обумовлено збільшенням інтеграції інструментів моделювання з CAD, CAM і PLM-рішень-набору. Можливість використання моделювання через весь життєвий цикл було покращено за рахунок поліпшення користуальницьких інтерфейсів, таких як адаптивності призначених для користувача інтерфейсів, які дозволяють всім відповідним учасникам PLM взяти участь в процесі моделювання.

Концепція симулятора конвеєра. Величезну популярність набирають симулятори автоматизованих ліній виробництва. Вони спрямовані на дослідження оптимізації роботи лінії, дослідження розподілу завантаженості лінії. Здійснення моделювання лінії конвеєра дає компаніям працюючим зі споживчими товарами можливість імітації виробництва, упаковки і процесів відвантаження на ранньому етапі на виробничій лінії. Моделювання підтримує прогресивні ідеї, які можуть забезпечити конкурентні переваги і оптимізувати використання цінних ресурсів. За допомогою моделювання виробничої лінії,

можуть бути використані стандартні галузеві показники, такі як середній час ремонту, середній час між відмовами, і загальної ефективності обладнання, які дозволять прогнозувати, наскільки добре буде працювати, виявляти потенційні недоліки і вузькі місця, і робити перевірку альтернативних рішень на основі даних.

Незважаючи на такий технологічний прогрес, до сих пір залишаються лінії виробництва, де для розподілу предметів на стрічці і їх сортування використовуються люди.

У наш час конвеєри застосовуються практично у всіх сферах виробництва товарів, технологічних процесів складання пристроїв і т.д. Але в більшості випадках за конвеєрами працюють люди для його розвантаження і подальшої роботи виробництва. У зв'язку з цим була поставлена мета - розробка системи розпізнавання рухомих предметів на конвеєрі, яка б дозволила спростити завдання розподілу і сортування предметів на конвеєрі. Для перевірки роботи даної системи буде розроблений симулятор. Симулятор дозволить перевірити роботу системи і визначити оптимальні характеристики конвеєра для коректної роботи системи.

Розроблюваний симулятор призначено для моделювання роботи стрічки конвеєра, з виробництва деталей з подальшим розпізнаванням і сортуванням деталей. Симулятор складається з таких блоків:

- Об'єкти - даний блок задає об'єкти, які будуть генеруватися Генератором;
- Генератор - даний блок буде генерувати об'єкти із заданою частотою для видачі на конвеєр;
- Конвеєр - даний блок отримує згенеровані об'єкти і виводить на конвеєр і відображає їх в інтерфейсі, також передає дані в блок формування кадрів;
- Джерела світла - це блок роботи з джерелами світла у конвеєра;
- Камери - це блок роботи з камерами у конвеєра;
- Блок формування кадрів - даний блок отримує інформацію від блоків Конвеєра, Джерел світла і Камер, формує кадри і передає в UI і Систему розпізнавання;
- UI - блок інтерфейсу, отримує і відображає інформацію користувачеві з різних блоків;
- Система розпізнавання - блок, який відповідає за розпізнавання кадрів, які

отримує з блоку формування кадрів, розпізнані об'єкти з кадрів оброблює, сортує і передає дані в блок UI.

Таким чином, дане моделювання дасть можливість знаходження необхідних ресурсів і характеристик роботи конвеєра для виготовлення та сортування необхідної продукції та контролю її якості шляхом розпізнавання. Структура симулятора зображена на рис.1:

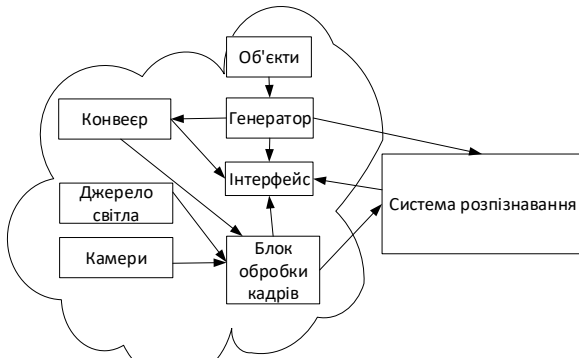


Рис. 1. Структура симулятора конвеєра

Блоки структури конвеєра також представляють собою багатоагентну систему. У вигляді агентів представляються: система розпізнавання, генератор об'єктів, конвеєр і блок формування кадрів. Перед початком моделювання задаються об'єкти, їх кількість і частота появи на конвеєрі. Після цього додаються і розставляються камери і джерела світла навколо конвеєра. Після цього проводиться запуск моделювання. В процесі моделювання інформація з камери і джерел світла передається в блок формування кадрів, він формує підсумкові фрагменти для розпізнавання і передає їх системі розпізнавання. Система розпізнавання виконує розпізнавання об'єктів на зображенні і після закінчення розпізнавання пакета зображень, які прийшли за один раз, передає інформацію в інтерфейс. Після закінчення моделювання, інформація про моделювання видається користувачеві на екран для ознайомлення. Блок-схема алгоритму роботи конвеєра зображена на рис. 2:

Регулювання роботи конвеєра. При роботі конвеєра необхідно підтримувати його постійну задану швидкість роботи з урахуванням поступово поступаючих на нього об'єктів. Для вирішення даної проблеми використовується ПД-регулятор. Складемо математичну модель роботи конвеєра з урахуванням ПД-регулятора. В

якості вхідних параметрів у нас буде маса об'єктів, а в якості вихідних - швидкість роботи конвеєра. Таким чином ПД-регулятор буде управляти потужністю двигуна, який приводить в рух конвеєр.

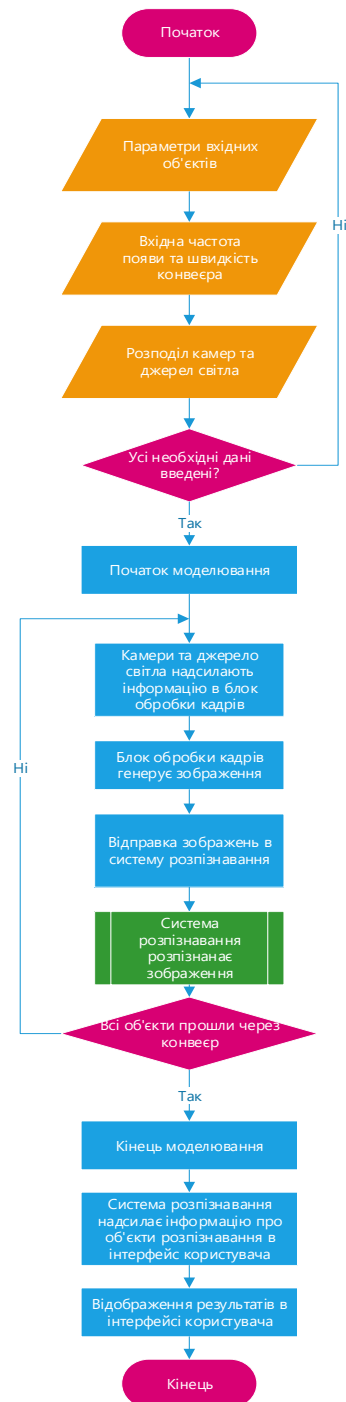


Рис. 2. Блок-схема алгоритму роботи конвеєра

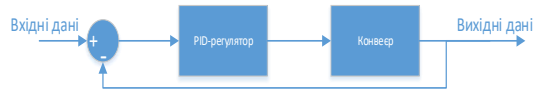


Рис. 3. Схема взаємодії ПІД-регулятора з конвеєром. ПІД-регулятор на основі отриманої маси об'єктів повинен корегувати потужність двигуна, для того, щоб не змінювалася швидкість руху конвеєра.

Таким чином формула ПІД-регулятора має вигляд:

$$U(t) = K * (Err + \left(\frac{1}{Ti}\right) * Int + Td * dErr), \quad (1)$$

де U -потужність, яку слід видати, K -пропорційний коефіцієнт, Ti -постійна часу інтегрування, Td -постійна часу диференціювання, Err -поточна неузгодженість (різниця мас), $dErr$ - похідна неузгодженості (різниця мас з помилкою), Int -накопичувальний інтеграл неузгодженості.

Поточна неузгодженість для управління конвеєром за допомогою мас:

$$Err(t) = Err_{const} - Err_{in}(t), \quad (2)$$

де $Err_{const} = 0$ - початкова маса конвеєра без предметів, $Err_{in}(t)$ - поступаюча маса на конвеєр в одиниці часу.

Необхідно постійно підтримувати швидкість конвеєра з урахуванням поступаючих на нього об'єктів. Нехай m - маса об'єктів, v - швидкість, f - коефіцієнт тертя і F - сила двигуна, тоді модель конвеєра має вигляд:

$$F = m\dot{v} + bv \quad (3)$$

Виходячи з моделі необхідно отримати передавальну функцію, це можливо після перетворення Лапласа:

$$F(s) = msV(s) + bV(s) \quad (4)$$

В результаті отримана наступна передавальна функція:

$$\frac{V(s)}{U(s)} = \frac{1}{ms+b} \quad (5)$$

Так як необхідно відстежувати швидкість конвеєра, функція має наступний вигляд:

$$V(s) = \frac{U(s)}{ms+b} \quad (6)$$

Тепер провівши моделювання даної моделі в системі Simulink і підбравши необхідні параметри регулятора за допомогою авто-налагодження, отримаємо таку систему контролю швидкості конвеєра зі зворотним зв'язком:

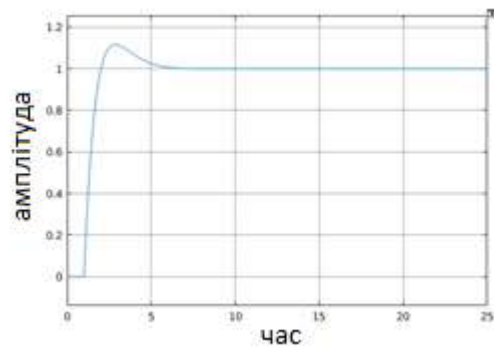


Рис. 4. Система контролю швидкості конвеєра

Окрему і дуже важливу роль в якості моделювання грає інтерфейс системи. Інтерфейс даного симулятора подано у вигляді програмного продукту і має деякі відмінності з урахуванням вибору режиму роботи конвеєра. Прогнозується можливість установки швидкості конвеєра, режиму роботи, списку деталей, які приходять на конвеєр. Також планується доступність Додавання / видалення / переміщення камер і джерел світла в районі конвеєра, які будуть використані для розпізнавання виготовленої продукції. Інтерфейс зображений на рис.5

Висновки. З інтерфейсу видно, що всі необхідні функції і характеристика відображаються відразу і в окремих «модальних» вікнах мають можливість редагування. Також відображено вибір режимів і вся інша необхідна інформація для роботи з симулятором і подальшого моделювання процесів. На малюнках відображені два основні режими - це розпізнавання і сортування, які можливі в статичному і динамічному режимах. Можливість управління камерами, лампами, створення об'єктів, швидкості конвеєра, частоти появи об'єктів дасть можливість якомога точніше задати параметри вже існуючих конвеєрів і їх продукції, для того, щоб краще визначити які умови освітлення і яку кількість камер необхідно для найкращого результату розпізнавання, що дозволить отримати необхідні умови для роботи заданого конвеєра і його подальшої автоматизації разом з системою розпізнавання.

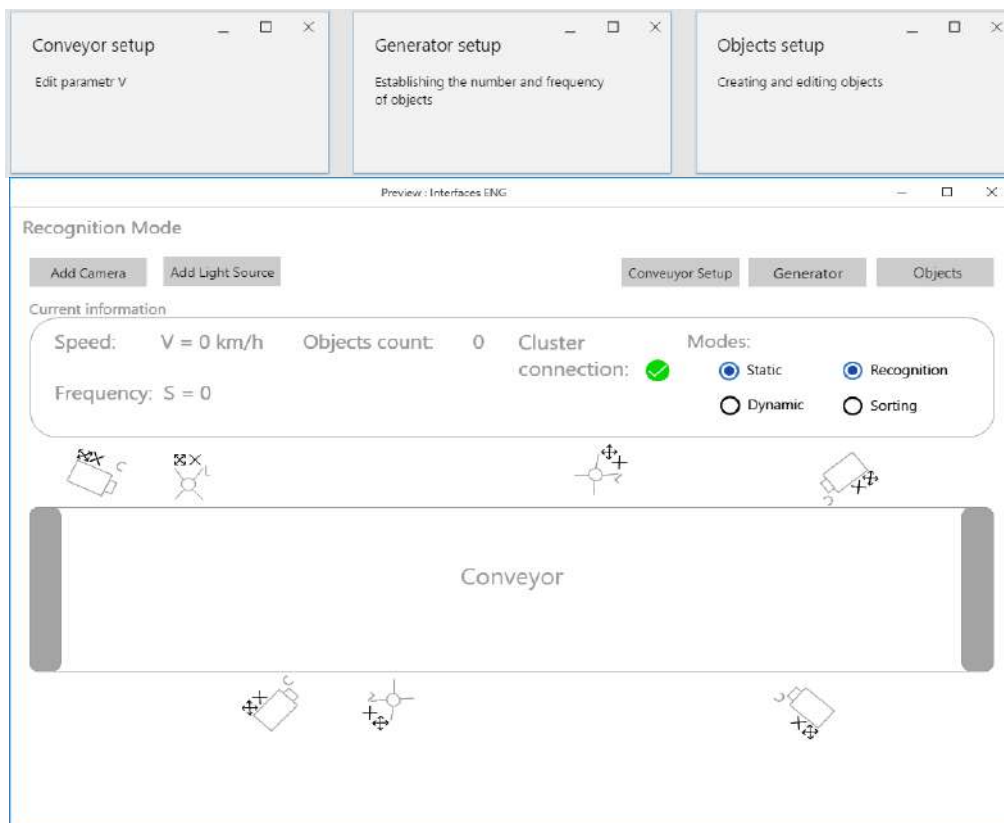


Рисунок 5 - Інтерфейс симулятора (частина 1)

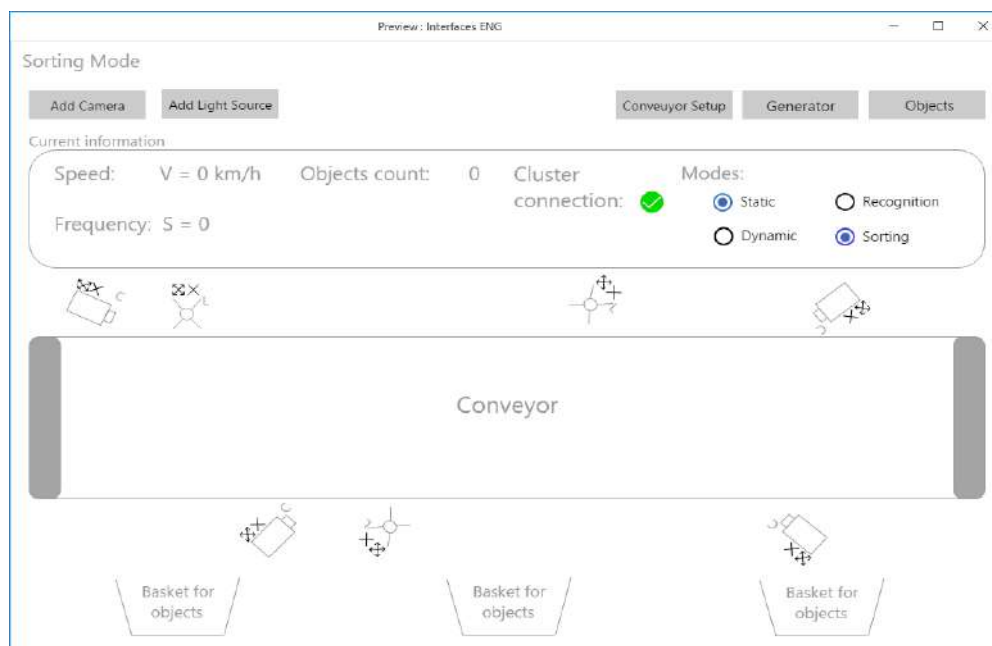


Рисунок 6 - Інтерфейс симулятора (частина 2)

Література

- [1] Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>
- [2] AMERICAN TRUCK SIMULATOR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://www.modsats.com/category/american-truck-simulator-mods/ats-cars/>.
- [3] Flight simulator [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_simulator.
- [4] Digital continuity: simulation & PLM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://uk.c-s.fr/Digital-continuity-simulation-PLM_a519.html.
- [5] Digital Lifecycle Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.plm.automation.siemens.com/ko_kr/Images/12906_tcm72-56245.pdf.
- [6] Dr. Enrique Ares, Dr. Gustavo Pelaez, Dr. Luis Pinto Ferreira, Mr. Daniel Prieto, Mr. Antonio Chao, "Optimisation of a production line using simulation and lean techniques" Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2012 (SW12).
- [7] Jaspreet Kaur, "Automobile cruise control systems using Matlab/Simulink". International journal of science, engineering and technology. 2014.

References

- [1] Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>
- [2] AMERICAN TRUCK SIMULATOR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://www.modsats.com/category/american-truck-simulator-mods/ats-cars/>.
- [3] Flight simulator [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_simulator.
- [4] Digital continuity: simulation & PLM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://uk.c-s.fr/Digital-continuity-simulation-PLM_a519.html.
- [5] Digital Lifecycle Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.plm.automation.siemens.com/ko_kr/Images/12906_tcm72-56245.pdf.
- [6] Dr. Enrique Ares, Dr. Gustavo Pelaez, Dr. Luis Pinto Ferreira, Mr. Daniel Prieto, Mr. Antonio Chao, "Optimisation of a production line using simulation and lean techniques" Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2012 (SW12).
- [7] Jaspreet Kaur, "Automobile cruise control systems using Matlab/Simulink". International journal of science, engineering and technology. 2014.

Надійшла до редакції 25.04.2020 р.

Ковальов Сергій Олександрович – к. т. н., доцент, Донецький національний технічний університет (пл. Шибанкова, 2, г. Покровськ, 85300, Україна).

E-mail: sergiy.kovalov@donntu.edu.ua.

Тихонова Оксана Анатоліївна – асистент, старший викладач, Донецький національний технічний університет (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, 85300, Україна).

E-mail: oksana.tykhonova@donntu.edu.ua

Тихонова Юлія Григорівна – студент, Донецький національний технічний університет (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, 85300, Україна).

E-mail: yuliia.tykhonova@donntu.edu.ua

THE CONCEPT OF A CONVEYOR BELT SIMULATOR FOR THE PRODUCTION OF PARTS WITH FURTHER RECOGNITION AND SORTING OF PARTS

The article considers the current state of modeling issues and real examples in production. The operation of the simulator depends on the simulation of the workflow. For example, a real system cannot be occupied because it cannot be accessed, or it can be dangerous. The main component of modeling is the development of the simulator and the approximation of its operation to the real

system. The main components of modeling are considered, namely the development of the simulator and the approximation of its operation to the real system. Simulators of automated production lines are gaining huge popularity. They are aimed at studying the optimization of the line, the study of the distribution of line load. Implementation of the conveyor line modeling gives companies working with consumer goods the opportunity to simulate production, packaging and shipment processes at an early stage on the production line. The concept of the conveyor simulator is offered, the structure, algorithm of work and regulation of its work in real time, taking into account recognition and sorting of details are resulted. During the operation of the conveyor it is necessary to maintain its constant set speed, taking into account the objects gradually coming to it. To solve this problem, a PID controller is used. Let's make a mathematical model of the conveyor operation taking into account the PID-regulator. As input parameters we will have a mass of objects, and as output - the speed of the conveyor. A separate and very important role as a simulation is played by the system interface. The interface of this simulator is presented in the form of a software product and has some differences due to the choice of the mode of operation of the conveyor. The ability to control cameras, lamps, object creation, conveyor speed, frequency of objects will allow you to specify the parameters of existing conveyors and their products, in order to better determine what lighting conditions and how many cameras are needed for the best recognition result, which will provide the necessary conditions for the operation of a given conveyor and its subsequent automation together with the recognition system.

Keywords: *simulation, conveyor, simulator, Simulink, multi-agent system, PID-controller.*

Kovalov Serhii – PhD, Associate Professor, State Higher Education Establishment — Donetsk National Technical University, (Shybankova square, 2, Pokrovsk, Donetsk region, 85300, Ukraine).

E-mail: sergiy.kovalov@donntu.edu.ua.

Tykhonova Oksana – assistant, senior lecturer, Donetsk National Technical University, (Shybankova square, 2, Pokrovsk, Donetsk region, 85300, Ukraine).

E-mail: oksana.tykhonova@donntu.edu.ua

Tykhonova Yuliia – student, Donetsk National Technical University, (Shybankova square, 2, Pokrovsk, Donetsk region, 85300, Ukraine).

E-mail: yuliia.tykhonova@donntu.edu.ua