

САМЧУК ЛЮДМИЛА

Луцький національний технічний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-2516-045X>Samchuk204@gmail.com

ПОВСТЯНА ЮЛІЯ

Луцький національний технічний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-5426-4157>yuliapovstyana@ukr.net

ЛІЩИНА НАТАЛІЯ

Луцький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-5200-536X>lishchyna@gmail.com

КЛІМЕНКО АРТЕМ

Луцький національний технічний університет

artemklimenko427@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ UML ДІАГРАМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ВИРОБНИЦТВІ

У статті використано уніфіковану мову моделювання UML для візуалізації елементів виробництва. Дана робота містить UML діаграми та таблиці опису, що дають змогу структурувати діяльність технологічного процесу на виробництві. Показаний технологічний процес виготовлення продукції, який детально представлений на діаграмі станів.

Ключові слова: UML-діаграми, виробнича система, об'єктно-орієнтоване програмування, технічне обладнання, процес.

SAMCHUK LUDMILA, POVSTIANA YULIA, LISHCHYNA NATALIYA, KLYMENKO ARTEM
Lutsk National Technical University

USING UML DIAGRAMS FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN PRODUCTION

The article uses the unified UML modeling language to visualize production elements. To show some of the advantages of the proposed approach, the main components of the production system are defined: technological machines, operators, materials, products and the production process. A class diagram is used to represent the components. Defined attributes and methods of each class: attributes and methods to each class that define its properties and behavior. The Machine class can have attributes such as machine ID and Destination, and methods such as start() and stop(). Relationships between classes are established: association, aggregation, and composition to represent relationships between classes. The Production Process class can have an aggregation relationship with the Machine class, indicating that the production process consists of multiple machines. This work contains UML diagrams and description tables that make it possible to structure the activity of the technological process in production. The technological process of manufacturing products is shown, which is presented in detail on the state diagram.

Keywords: UML diagrams, production system, object-oriented programming, technical equipment, process.

Постановка проблеми

Для того щоб створити діаграму UML для виробництва, потрібно визначити ключові компоненти системи та зв'язки між ними. Наприклад, як можна створити базову діаграму UML для виробничої системи [1]:

1. Визначаємо основні компоненти виробничої системи: це може включати машини, операторів, матеріали, продукти та виробничий процес.

2. Використаємо діаграму класів для представлення компонентів: створимо діаграму класів і додамо класи для кожного компонента системи. В даному випадку будуть такі класи: Machine, Operator, Material, Product і ProductionProcess.

3. Визначимо атрибути та методи кожного класу: атрибути та методи до кожного класу, які визначають його властивості та поведінку. Клас Machine може мати такі атрибути, як machineID і Destination, а також такі методи, як start() і stop().

4. Визначимо зв'язки між класами: асоціацію, агрегацію та композицію для представлення зв'язків між класами. Клас ProductionProcess може мати зв'язок агрегації з класом Machine, вказуючи, що виробничий процес складається з кількох машин.

5. Використаємо діаграму послідовності, щоб показати взаємодію між компонентами: діаграма послідовності, щоб показати взаємодію між компонентами під час виробничого процесу. Оператор запускає машину, завантажує матеріали та запускає виробничий процес [2].

6. Використаємо діаграму станів, щоб показати поведінку компонентів: діаграма станів, щоб показати поведінку компонентів під час виробничого процесу. Наприклад, різні стани, в яких може перебувати технологічна машина, як-от бездіяльність, робота або зупинка [3, 4].

Загалом, ключем до створення виробничої діаграми UML є визначення ключових компонентів та їхніх зв'язків, а також використання відповідних діаграм UML для представлення поведінки та взаємодії системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автором роботи [5] показано, що інтеграція нового керування виробничими системами в існуючу виробничу систему вимагає звернення до методу, який забезпечує моделювання взаємодії між апаратними та програмними компонентами, моделювання їх поведінки та їх використання виробничим персоналом. Запропоновано використовувати уніфіковану мову моделювання UML для візуалізації елементів виробництва.

Автором роботи [6] представлено використання підходу UML для специфікації системи PDM (управління даними про продукт) впровадження, має мету в тому, щоб підкреслити додаткову цінність використання об'єктно-орієнтованого підходу для моделювання, специфікації та впровадження системи PDM на бізнес-кейсі. Обраний об'єктно-орієнтований підхід та використані діаграми UML для моделювання та інтеграції даних про продукт, процес і ресурси.

Мета роботи є використання UML діаграм для створення структури підприємства, самої діяльності та компонентів функціонування системи.

Викладення основного матеріалу

Виробництво – це процес виготовлення товарів за допомогою машин, інструментів і праці. Він передбачає перетворення сировини на готову продукцію, яку потім можна продавати споживачам або використовувати в інших галузях. Виробничий процес зазвичай включає декілька етапів, включаючи проектування, вибір матеріалу, виготовлення, складання, випробування та контроль якості. Точний процес може відрізнятися залежно від типу продукту, що виготовляється, а також матеріалів та інструментів, що використовуються.

Щоб почати виробничий процес, компанія, як правило, спочатку створює дизайн продукту. Це може включати роботу з інженерами, дизайнерами та іншими експертами для розробки креслення або прототипу. Після завершення дизайну компанія вибере матеріали, необхідні для створення продукту, наприклад метали, пластмаси чи іншу сировину. Наступним кроком є виготовлення, яке передбачає формування та формування сировини у потрібну форму та розмір. Це може включати різання, зварювання, згинання або інші методи, залежно від використовуваних матеріалів і продукту, який виготовляється. Після виготовлення виріб, як правило, проходить процес складання, під час якого різні частини та компоненти збираються разом, щоб створити кінцевий продукт. Це може передбачати використання спеціалізованих інструментів і обладнання, наприклад, роботів або автоматизованих складальних ліній.

Як виріб буде зібрано, його перевіряють, щоб переконатися, що він відповідає необхідним стандартам якості. Це може включати тестування на довговічність, функціональність, безпеку та інші фактори. Готовий продукт буде упакований і відправлений клієнтам або дистриб'юторам для продажу. Протягом усього виробничого процесу компанії, як правило, застосовують заходи контролю якості, щоб гарантувати, що продукція відповідає їхнім стандартам і є безпечною для споживачів (рисунки 1).

Параметр	Значення
Клас Operator	
Коментар	Оператор, особа яка керує машиною та технологічним процесом.
Атрибути	ID: String – Ідентифікатор особи; Position: String – посада.
Операції	startMachine() – запускає машину; stopMachine() – зупиняє роботу машини; repairMachine() – відновлює роботу машини, в разі поломки.
Клас Machine	
Коментар	Машина, технічне обладнання, що виконує задані операції.
Атрибути	ID: String – ідентифікатор обладнання; DestinationOperation – призначення операцій.
Операції	startOperation() – почати операцію; stopOperation() – зупини операцію; checkValidity() – перевірити відповідність.
Клас Material	
Коментар	Матеріал, сировина для виготовлення продукції.
Атрибути	Type: String – тип сировини; ID: String – ідентифікатор; Supplier: String – постачальник; Quantity: Real – кількість; Unit price: Real – ціна за одиницю; Mass: Real – маса; Density: Real – щільність.
Операції	
Клас ProductionProcess	
Коментар	Процес виробництва, виготовлення кінцевої продукції.
Атрибути	ProcessState: String – стан процесу; OverallInfo: String – загальна інформація.
Операції	stateSuccess() – визнати процес успішним; stateFailure() – визнати процес провальним.
Клас Product	
Коментар	Продукт, готовий виріб.
Атрибути	Description: String – опис товару; Price: Integer – ціна; Quantity: Real – кількість.
Операції	

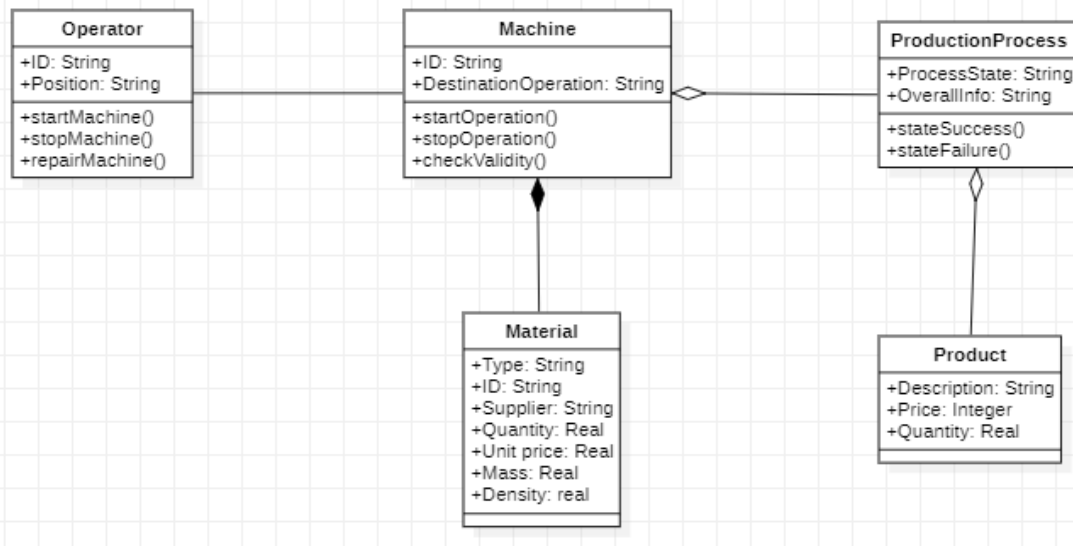


Рис. 1. Діаграма класів, робота виробництва

Оператор, головна особа яка керує технологічною машиною на підприємстві, вмикає або вимикає чи перевіряє справність. Технологічна машина виконує певну операцію яка запрограмована, переробляє сировину в готовий продукт. А сам продукт, повністю в готовий виріб (рисунок 2).

Параметр	Значення
Software part	
Коментар	Програмна частина даної машини.
Атрибути	Software version – версія програмного забезпечення.
Операції	Associate – асоціювати команди програми; Version with same part number – версія з таким же номером частини; Version with different part number – версія з різним номером частини; Promote – розповсюдити; Demote – понизити; Open – відкрити.
Performer	
Коментар	Робітник, який керує машиною.
Атрибути	Name – ім'я працівника; Data group – група даних про працівника; Organization – організація; Process group – розподілення працівника на певний виробничий процес.
Операції	Query in VPM – запит у приватну мережу; Realize an action – виконати дію; Import – імпортувати; Export – експортувати.
Activity	
Коментар	Діяльність, абстрактна частина виробництва
Атрибути	Name – назва діяльності; Creator – автор виробу; Relevant data: List – відповідні дані про виробництво; Generic software name – генерувати дані про програмне забезпечення; Duration – дані про тривалість.
Операції	Instantiate – ініціювати зібрані дані.
Action	
Коментар	Дія, описує основне, що відбувається на виробництві.
Атрибути	Name – назва операції; Creator – інформація про виробника; Input relevant data: List – імпортувати відповідні дані; Output relevant data: List – вивести відповідні дані; Software name and version – назва та версія програмного забезпечення; Status – статус операції; Start date – інформація про початок операції; End date – інформація про кінець операції.
Операції	Promote – поширити операцію; Demote – виконати зворотну дію операції; Add output data – додати вихідні дані.
Process	
Коментар	Процес, містить інформацію про діяльність.
Атрибути	Name – ім'я процесу; Comment – коментар; Iteration – повторення процесу; Owner – власник процесу; Creator – виконавець процесу.
Операції	Instantiate – ініціювати зібрані дані.

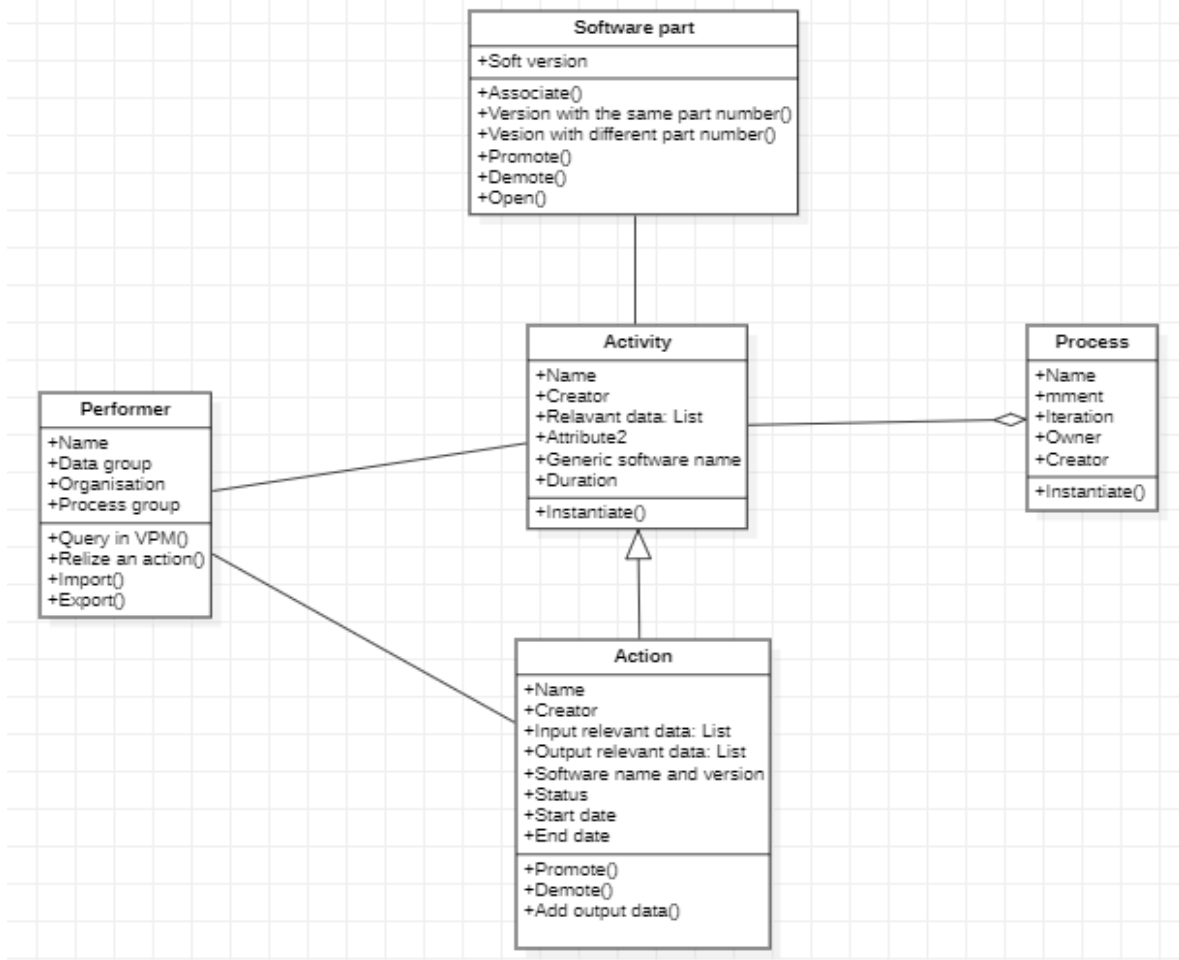


Рис. 2. Принцип роботи виробничої машини

Діаграма станів чітко відображено роботу технологічної машини і проблеми які можуть трапитись під час процесу. Машинна здійснює процес, потім робітник вибирає потрібну операцію, далі відбувається перевірка дійсності операції, наприклад, якщо виникне проблема з неправильною роботою машини тоді виріб не буде якісним, після всього машина чекає на сировину, робітник завантажує машину сировиною, якщо машина перенавантажена, тоді відбувається перезавантаження всієї системи. Потрібна кількість сировини обробляється в потрібний продукт за заданою технологією, звичайно ж тестування, неналежної якості товар або переробляється або викидається, якщо все відповідає нормам, тоді відбувається пакування і доставка готової продукції (рисунок 3).

Starting machine	Початок роботи машини
Expecting state	Режим очікування
Init process	Ініціювати процес, запустити машину
Run the operation	Запустити операцію
Production	Процес виготовлення
Checking validity	Перевірити відповідність
Finding hardware issues	Пошук помилок в устаткуванні
Replace damaged element	Заміна пошкодженого елемента
Testing	Тестування роботи машини
Repairing and testing script	Налаштування і тестування скрипта
Waiting for materials	Очікування на сировину
Load with materials	Завантаження машини сировиною
Reboot system	Перезавантаження системи
Processing	Обробка
Produce according to documentation	Виготовлення щодо технології
Testing product	Тестування продукту
Remake or discard	Переробити або викинути не ліквідний виріб
Packaging	Пакування
Deliver	Доставка виготовленої продукції

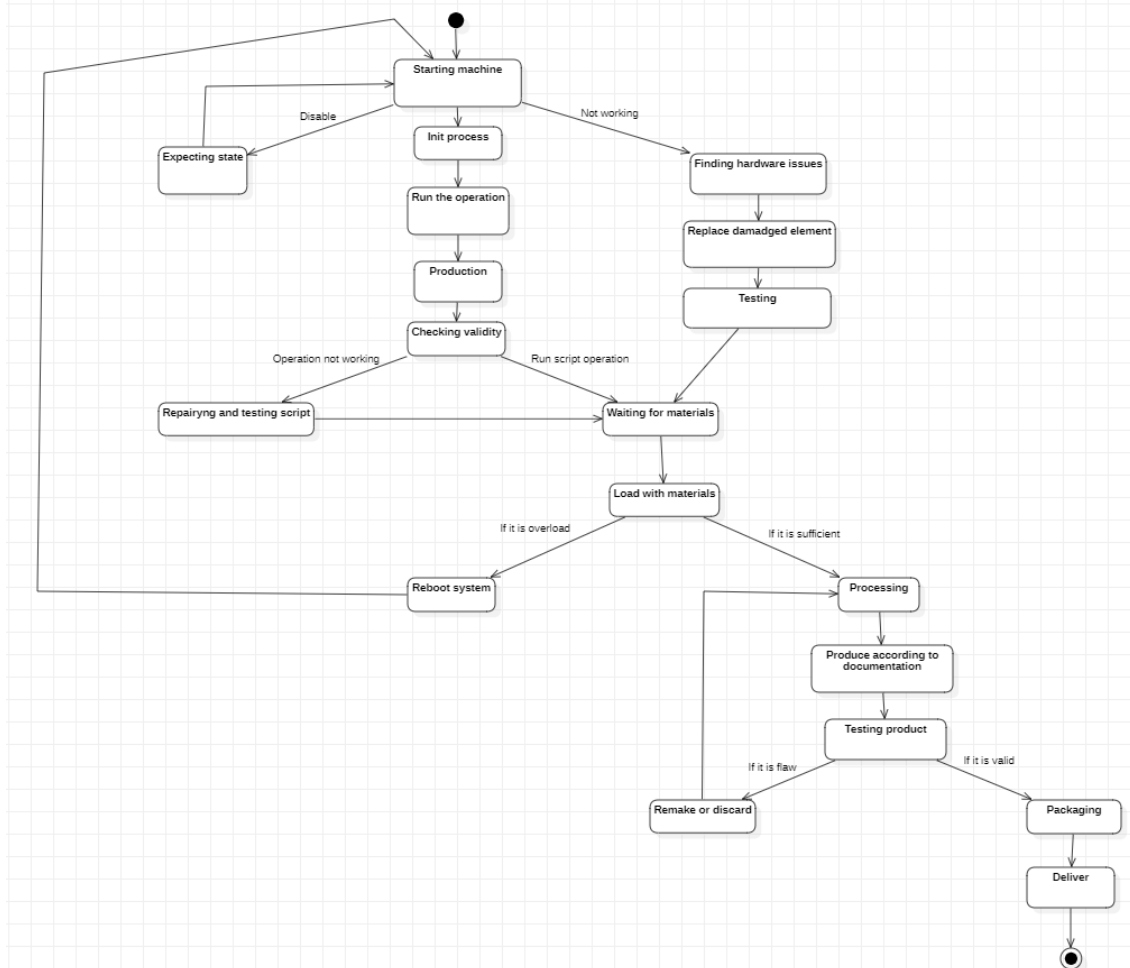


Рис. 3. Діаграма станів, робота технологічної машини

Діаграма послідовності показує взаємодію між компонентами, їхню роботу разом. Оператор запускає машину, отримує сировину для переробки, далі завантажує її в машину, машина в свою чергу робить певні операції, перевіряє чи сировини достатньо для переробки, якщо все гаразд починає свою роботу, вже після виконання операції отримаємо готовий виріб (рисунок 4).

Номер повідомлення	Об'єкт-відправник повідомлення	Об'єкт-одержувач повідомлення	Назва
1	Operator	Machine	Запустити операцію
2	Material	Operator	Отримати сировину
3	Operator	Machine	Завантажити машину сировиною
4	Machine	Material	Перевірити відповідність
5	Machine	ProductProcess	Обробити сировину
6	ProductProcess	Product	Готовий продукт

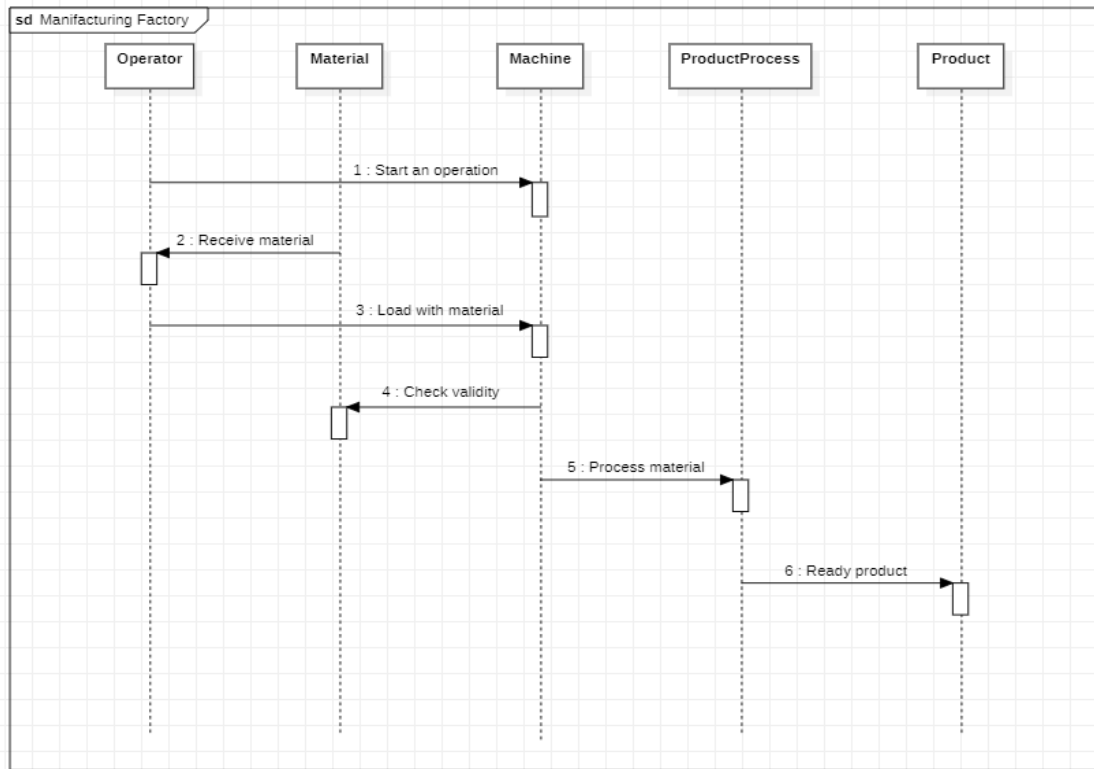


Рис. 4. Діаграма послідовності, взаємодія між компонентами

На рисунку 5 показано діаграму коли технологічна машина зупинена, як здійснюється процес та перевіряється на справність.

Stopped	Машина зупинена
Initprocess	Ініціювати процес, перевірити чи все справне
Idle	Режим очікування
Startproduction	Почати виробництво
Production	Процес виготовлення
Stop the production	Зупинити виробництво
Breakasked	Запит на перерву
Break	Перерва
Emergencystopped	Зупинка при надзвичайній ситуації

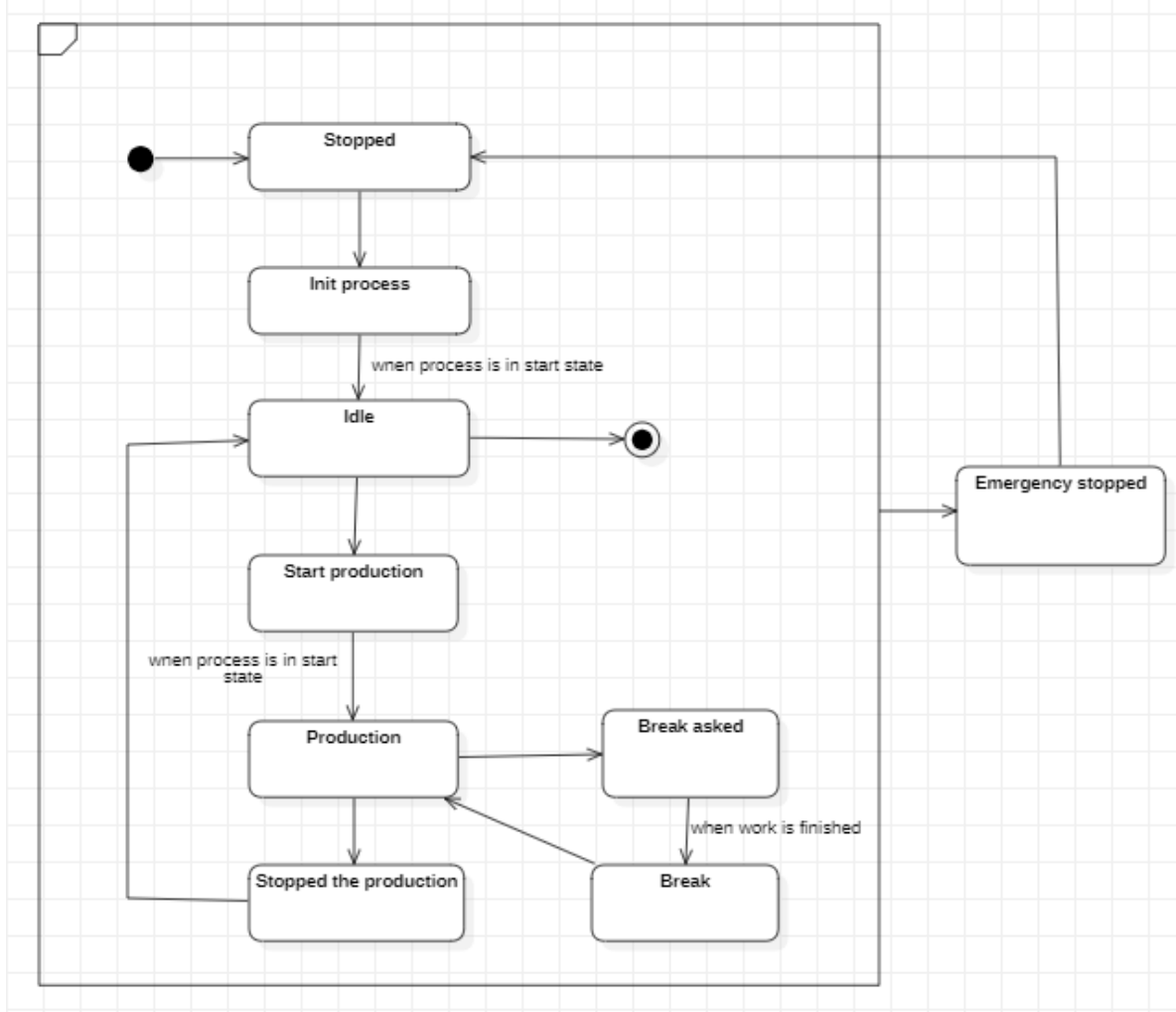


Рис. 5. Принцип процесу технологічної машини з зупинкою

Висновок

Щоб зрозуміти сучасні технології моделювання виробництва, проводиться огляд наукових статей. Існуючі методи моделювання мають обмеження для забезпечення виконання виробничого процесу. З використанням уніфікованої мови UML, було представлено декілька варіантів діаграм, які детально описують процес виробництва, опис всіх компонентів та проблеми які можуть трапитись під час виробничого процесу. Також було представлено взаємодію елементів системи та роботу між ними. Наприклад, діаграма послідовності показує взаємодію між компонентами, їхню роботу разом. Діаграма станів чітко відображено роботу машини і проблеми, які можуть трапитись під час здійснення процесу.

Література

1. Fang M. Process Modeling and Execution in Non-Enterprise System Integration, Master Thesis Software Engineering, Thesis no: MSE2012:107, 05 2012.
2. Witsch M., Vogel-Heuser B. Modeling of Manufacturing Execution Systems: an Interdisciplinary Challenge, 15th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2010.
3. Приклади UML діаграм. URL: <https://www.uml-diagrams.org/index-examples.html>.
4. UML для бізнес-моделювання: для чого потрібні діаграми процесів. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/uml-diagrams.html>.
5. Pietrac L., Levevé A., Henry S. On the use SysML for Manufacturing Execution System design. 2013. URL: <https://hal.science/hal-00767991/document>.
6. Eynard B., Gallet T., Nowak P., Roucoulesa L. UML Based Specifications of PDM Product Structure and Workflow. 2019. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/231948316.pdf>.

References

1. Fang M. Process Modeling and Execution in Non-Enterprise System Integration, Master Thesis Software Engineering, Thesis no: MSE2012:107, 05 2012.
2. Witsch M., Vogel-Heuser B. Modeling of Manufacturing Execution Systems: an Interdisciplinary Challenge, 15th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2010.
3. Pryklady UML diahram. URL: <https://www.uml-diagrams.org/index-examples.html>.

-
4. UML dlia biznes-modeliuvannia: dlia choho potribni diahramy protsesiv. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/uml-diagrams.html>.
 5. Pietrac L., Levé A., Henry S. On the use SysML for Manufacturing Execution System design. 2013. URL: <https://hal.science/hal-00767991/document>.
 6. Eynard B., Gallet T., Nowak P., Roucoules L. UML Based Specifications of PDM Product Structure and Workflow. 2019. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/231948316.pdf>.