

# ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем

## ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### «Розробка імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства»

Студента 4 курсу, 8 групи,  
спеціальності  
122 «Комп'ютерні науки»

Золотарьов  
Ілля  
Андрійович

*підпис студента*

Науковий керівник  
старший викладач кафедри

Селіванова  
Анна  
Віталіївна

*підпис керівника*

Гарант освітньої програми  
кандидат технічних наук, доцент

Демідов Павло  
Георгійович

*підпис керівника*

Київ 2022

Державний торговельно-економічний університет

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем  
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

Затверджую

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

Пурський О.І.

«28» грудня 2021 р.

**Завдання**  
**на випускню кваліфікаційну роботу студенту**

**Золотарьов Ілля Андрійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

«Розробка імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства»

Затверджена наказом ректора від 29 листопада 2021 р. №3929

2. Строк здачі студентом закінченої роботи

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи

Мета роботи: Розробка імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства

Об'єкт дослідження: процеси функціонування виробничого процесу металургійного підприємства.

Предмет дослідження: інформаційні технології моделювання виробничих процесів

4. Перелік графічного матеріалу рисунки, таблиці

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів, за якими здійснюється консультування:

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали)	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Селіванова А.В.		
2	Селіванова А.В.		
3	Селіванова А.В.		

6. Зміст випускної кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом)

### ВСТУП

#### РОЗДІЛ 1. Загальна проблематика функціонування металургійних підприємств

1.1. Сучасний стан функціонування металургійних підприємств

1.2. Аналіз особливостей діяльності виробничих процесів металургійних підприємств

1.3. Інформаційні технології моделювання виробничих процесів

#### РОЗДІЛ 2. Розробка моделі виробничого процесу металургійного підприємства

2.1. Специфіка функціонування виробничого процесу металургійного підприємства

2.2. Розробка діаграм взаємодії

2.3. Розробка імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства

#### РОЗДІЛ 3. Реалізація імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства

3.1. Специфіка побудови імітаційних моделей виробничих процесів

3.2. Реалізація імітаційної моделі в середовищі AnyLogic

3.3. Проведення оптимізаційного експерименту

### ВИСНОВКИ

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## 7. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	2	3	4
1	Вибір теми випускної кваліфікаційної роботи	31.10.2021	
2	Розробка та затвердження завдання на випускну кваліфікаційну роботу	31.12.2021	
3	Вступ	31.01.2022	
4	РОЗДІЛ 1. Загальна проблематика функціонування металургійних підприємств	28.02.2022	
5	РОЗДІЛ 2. Розробка моделі виробничого процесу металургійного підприємства	31.03.2022	
6	РОЗДІЛ 3. Реалізація імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства	16.05.2022	
7	Висновки	31.05.2022	
8	Здача випускної кваліфікаційної роботи на	03.06.2022	



### 13. Висновок про випускну кваліфікаційну роботу

Випускна кваліфікаційна робота студента Золотарьов І.А.

(прізвище, ініціали)

може бути допущена до захисту в екзаменаційній комісії.

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_

Демідов П.Г.

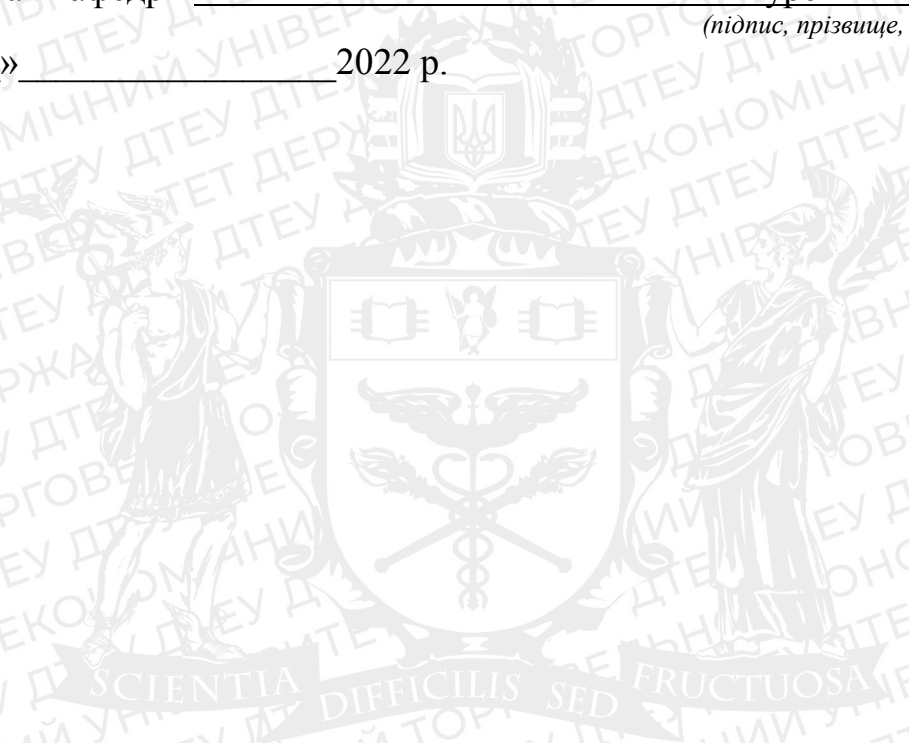
(підпис, прізвище, ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

Пурський О.І.

(підпис, прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » 2022 р.



### **Анотація.**

У випускній кваліфікаційній роботі описано теоретичні засади розробки імітаційної моделі (на прикладі виробничого процесу металургійного підприємства) та реалізовані завдяки засобам для побудови імітаційних моделей AnyLogic. Проаналізовано загальний стан металургійної галузі в Україні та металургійних підприємств, проаналізовано значення інформаційних технологій для металургійних підприємств та визначено основні проблеми приглушення розвитку цієї галузі в Україні.

У цій роботі визначено, які методи та засоби для побудови імітаційної моделі є ефективнішими від усіх, зокрема, для побудови виробничих процесів, описано процес розробки імітаційної моделі та проведення її оптимізаційного експерименту.

**Ключові слова:** імітаційна модель, металургійне підприємство, діаграма взаємодії, оптимізаційних експеримент

### **Abstract.**

The final qualification project describes the theoretical basis for the development of a simulation model (on the example of the production process of a metallurgical enterprise) and implemented through tools for building simulation models AnyLogic. The general state of the metallurgical industry in Ukraine and metallurgical enterprises is analyzed, the importance of information technologies for metallurgical enterprises is analyzed and the basis of the problem of suppressing the development of this industry in Ukraine is determined.

This paper finds out which methods and tools for building a simulation model are the most effective, in particular, for building production processes, describes the process of developing a simulation model and conducting its optimization experiment.

**Keywords:** simulation model, metallurgical enterprise, interaction diagram, optimization experiment

## ВСТУП

Металургійна галузь – одна з основних для української економіки, а, відповідно, металургійні підприємства, що виступають її суб'єктами, відіграють значущу роль у формуванні економічного потенціалу, а отже дослідження та аналіз поточного стану ефективності їх діяльності: управління, виробничих процесів, процесів збуту, тощо, є надзвичайно актуальним.

Часто буває, що дослідження, які обмежуються рекомендації, попри всю валідність авторської думки, залишаються лише не реалізованою потенційною стратегією, оскільки не несуть практичної цінності. В цій роботі ми постараємось відобразити виробничий процес металургійного підприємства саме на практиці, аби репрезентувати опрацьовану теорію поточного стану металургійної галузі.

Складно знайти більш підходящий для цього метод, як не побудова імітаційної моделі, і більш підходящий для цього інструмент, як не AnyLogic, проте до дискусії та обґрунтування вибору даних методів та засобів ми ще обов'язково повернемося.

Загалом, саме імітаційне моделювання, що виступає лейтмотивною темою цієї роботи, є перспективною темою дослідження, оскільки допомагає візуалізувати теоретично описані процеси та оцінити їх ефективність і відразу наочно побачити наслідки прийнятих рішень чи навіть функціонування цілої парадигми.

Саме парадигмою в нашому випадку і буде відображення на імітаційній моделі виробничого процесу металургійного підприємства.

**Мета даного дослідження** – Розробка імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства.

**Об'єктом дослідження** є процеси функціонування виробничого процесу металургійного підприємства.

**Предметом дослідження** є інформаційні технології моделювання виробничих процесів.

# **I. ЗАГАЛЬНА ПРОБЛЕМАТИКА ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

## **1.1. Сучасний стан функціонування металургійних підприємств**

Неабияк важливо розуміти про загальний стан діяльності металургійних підприємств та всієї галузі в цілому, особливо в умовах нашого українського етнічного контексту, оскільки для нашої вітчизняної економіки це один з головних факторів та галузей промисловості. За даними міністерства економіки, металургійна галузь складає близько третини усього промислового комплексу України, але це далеко не кінець, оцінюючи його перспективу [7].

Саме тому аналіз діяльності не металургійної галузі загалом, а конкретних підприємств, має більше практичне значення, оскільки якщо у першому варіанті ми отримуємо лише дійсну картину дійсності без розуміння її репрезентативності, то фокусуючись на другому – зможемо розгледіти деталі виробничих процесів суб'єктів металургійної галузі та визначити проблемні аспекти та надати рекомендації для покращення. Аби не перетворювати це на суху теорію подібні пропозиції, як от стосовно ефективного відображення якісного виробничого процесу, слід використати практичні засоби для їх відображення.

Аналіз останніх досліджень та невирішених питань. Дослідженням стану, проблем і перспектив гірничо-металургійного комплексу України займалися вчені А. Соколов, І. Кулик, С. Аптекарь, О. Амоша, Ю. Макогон, В. Большаков, Л. Тубольцев, О. Кириченко, О. Катаєва, М. Шпундра, О. Пасхавера, Д. Козенков, К. Плавшуда, Л. Верховодова, С. Кулицький, О. Слісєєва О., В. Волков В., С. Чернобровкіна, Л. Горошкова, І. Нечаєва. Саме цим людям можна завдячувати нашому поточному розумінню загального становища металургійної галузі та загального розуміння виробничого процесу на металургійному підприємстві [6-8].



Динаміка розвитку імпорту металургійних та гірничих ресурсів України стрімко падає, що не може не стосуватись станів ефективності діяльності та управління як адміністративними, так і виробничими процесами підприємств, а в першу чергу – державних. Не секрет, що ця галузь, як і її державні підприємства, що територіально в основному знаходяться в межах Донецького басейну, є політизованою, оскільки володіння нею вимагає, але і дозволяє з іншої сторони, впливати на перебіг політичних процесів в країні, що прямопропорційні здвигам розвитку економіки. Проте, аби не заангожувати політичною складовою наукову роботу, нам слід розглянути металургійну галузь суто з виробничої точки зору.

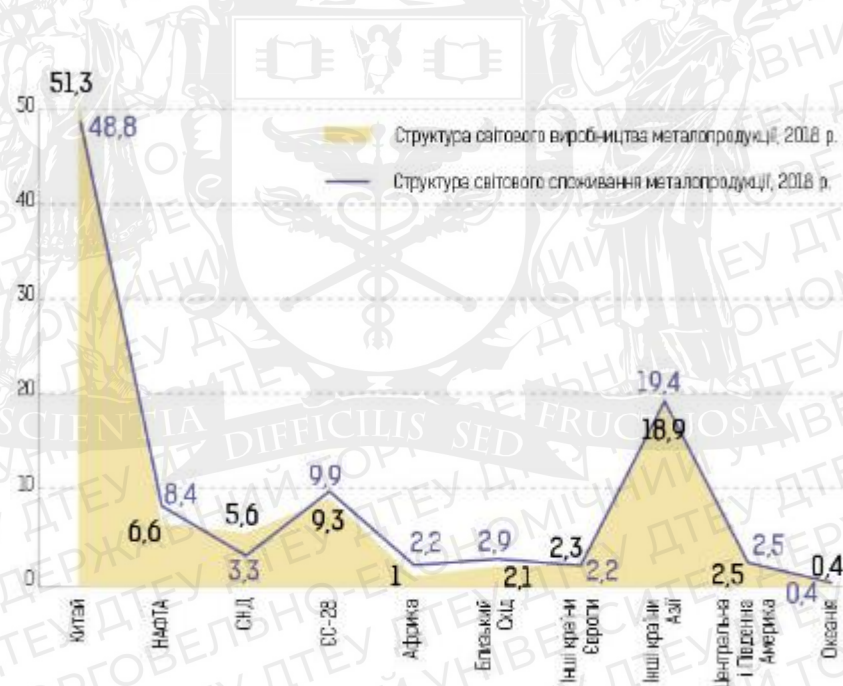


Рис. 1.1. Кореляція попиту та пропозиції на металопродукцію.

Наведену вище інформацію про порівняння можливостей виготовляти металургійну продукцію з потребою у ній в різних країнах світу, взята з досліджень відомого львівського економіста Л.Є. Фурдичко. З неї ми робимо висновки, що на даний час попит різко відрізняється та залежить від економічних потужностей і кількості населення країни, а пропозиція здатна його задовільнити всюди, крім Африки.

Загалом, стан металургійних підприємств перебуває у занепаді і при цьому, що варто відмітити, все одно значно впливає на розміри української економіки. Першою причиною цьому слід назвати той факт, що основну діяльність галузі складають саме державні, а не приватні підприємства, а вже звертаючись до економістів Австрійської Школи економіки, можна зробити висновок, що подібна манера управління є досить неефективною, оскільки має низький мотиваційний аспект успіху для її керівників. Фінансові успіхи «УкрСібБанку», «УкрЗалізниці» чи тої самої «УкрПошти» не дають цьому збрехати. По-друге, варто відмітити, що лівова частка металургійних підприємств, як і всіх джерел знаходиться на нині окупованій території, що не може відобразитися на успіхах української економіки, проте і не заперечує факт можливого ефективного виробничого процесу.

Як наслідок, розуміння того, як має виглядати виробничий процес металургійного підприємства є актуальним в умовах спаду ефективності цієї галузі і її вагоме значення для економіки України.

## **1.2. Аналіз особливостей діяльності виробничих процесів металургійних підприємств**

Однією із основних тенденцій в діяльності металургійних підприємств, особливо останніх років і особливо на Україні, є зменшення частки обсягу роботи з виготовлення та обробки чорних металів, оскільки зменшився загальний обсяг роботи підприємств на поставку сировини, якою і є чорні метали.

Визначальним у процесі побудови імітаційної моделі є наступна особливість функціонування металургійних підприємств - наявність високого процентного співвідношення браку, проте його можна знешкодити і переправити на повторну переробку, якщо це вчасно помітити. Отже, однією з основних задач імітаційної моделі, має бути виявлення погано опрацьованих металів та побудова алгоритму перенаправлення їх на додатковий процес обробки. Безперечно, це збільшить якість виготовлення та виробничого процесу загалом, а це означає, що і може позитивно

відоразитися на динаміці імпорту та стати базовою моделлю ефективного управління всіма державними підприємствами: як приватними, так і державними [6].

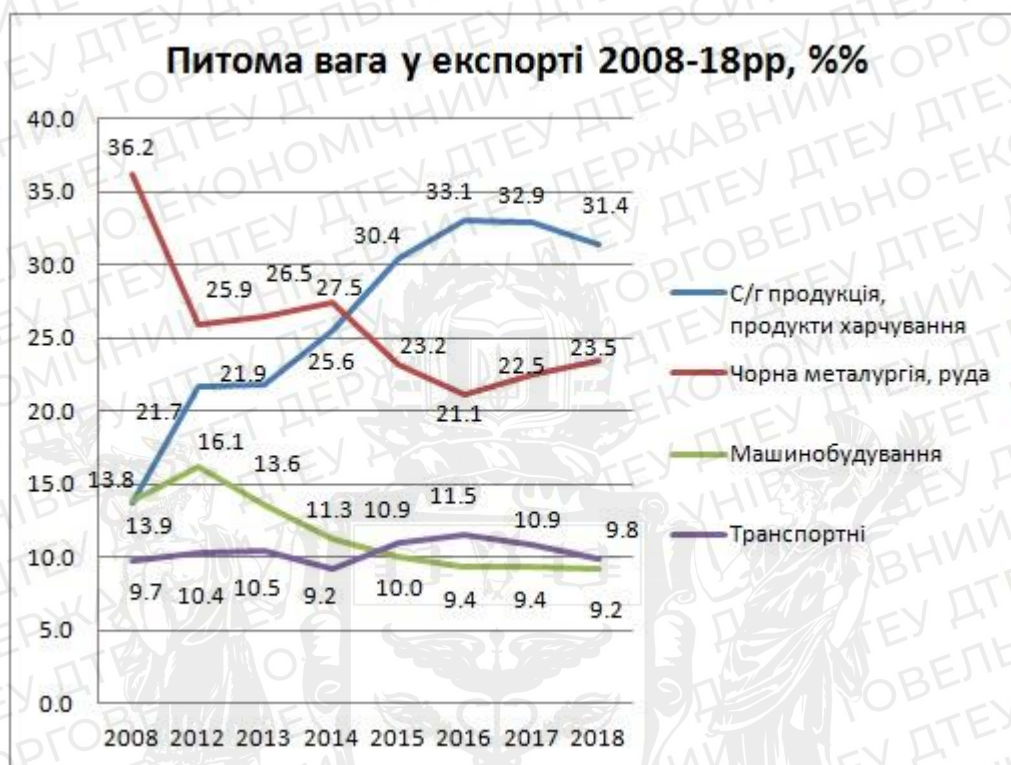


Рис. 1.2 Важливість виробництва руд та чорної металургії відносно вітязяного експорту

З наведеного вище рисунку робимо висновки, що наша економіка, зокрема її експортний потенціал, з часів переходу України до ринкової економіки (2008 рік) до 2018 року стала менше залежною від успіхів однієї металургійної галузі, проте і з іншої сторони – приватизація підприємств призвела до їх меншої ефективності у реальному вираженні (з 36.2 до 23.5% об'єму загального експорту).

Варто відмітити і несприятливу кон'юктуру на цьому ринку взагалі в світі, а тому значною особливості в діяльності підприємств металургійної галузі по усьому світові, а означає і в Україні, є виготовлення рекомендацій стосовно покращення діяльності галузі навіть в складних умовах. Основним фокусом в Україні є відведення уваги на такі процеси виробництва, де відбувається націнка за рахунок появи якісної доданої вартості; диверсифікація зовнішніх ринків збуту, що буде дуже актуально для

вищеописаних проблем у імпорті та, що може здатися трохи парадоксально, але надзвичайно правильно та стратегічно важливо – зменшення залежності успіху металургійних підприємств та їх позитивного впливу на вітчизняний економічний розвиток від імпорту.

### **1.3. Інформаційні технології моделювання виробничих процесів**

Серед існуючих методів вирішення оптимізації системи масового обслуговування найпотужнішим є імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання – це окремий випадок математичного моделювання. Існує клас об'єктів, для яких з різних причин не розроблені аналітичні моделі, або не розроблені методи розрахунку отриманої моделі. В цьому випадку математична модель замінюється імітатором або імітаційною моделлю.

Перевагами імітаційного моделювання є:

- висока адекватність між фізичною суттю описуваного процесу і його моделлю;
- можливість описати складну систему на досить високому рівні деталізації;
- значно більше областей дослідження, ніж аналітичне моделювання;
- відсутність обмежень відображення в моделі залежностей між параметрами моделі;
- можливість оцінки функціонування системи не тільки в стаціонарних станах, але і в перехідних режимах (процесах);
- одержання значної кількості даних про досліджуваний об'єкт (закон розподілу випадкових величин, числові значення абсолютні та відносні, і багато іншого);
- найбільш раціональне ставлення «результат - витрати» по відношенню до аналітичного і фізичного моделювання.

Недоліками імітаційного моделювання є:

- розробка хорошої моделі часто обходиться дорожче, ніж аналітична і вимагає більше часу на створення і налагодження;

- складно оцінити ступінь точності моделі, її адекватність досліджуваному процесу;
- відносно високі вимоги до кваліфікації дослідника для написання моделі;
- спільність застосування та індивідуальність реалізації. [6]

Протягом усього життя ми будуємо моделі – від паперових літаків до моделювання справжнього аеропорту. Чим вони багатші і чим точніше ми можемо ними оперувати, тим краще наша свідомість, наша «найважливіша модель» відповідає реальності і знаходить способи її зміни [2]. Моделювання є одним із способів вирішення практичних завдань. Найчастіше рішення проблеми не можна знайти шляхом проведення натурних експериментів: будувати нові об'єкти, руйнувати або вносити зміни в уже наявну інфраструктуру може бути занадто дорого, небезпечно або просто неможливо. У таких випадках ми будуємо модель реальної системи, тобто описуємо її на мові моделювання. Даний процес має на увазі перехід на певний рівень абстракції: опускаючи несуттєві деталі, ми враховуємо тільки те, що вважаємо важливим. Система в реальному світі завжди складніше своєї моделі. Інша основа моделювання - стрімко зростаючий потенціал знань фундаментальних і прикладних наук.

У поєднанні з сучасним технологічним проривом ці основи створюють надзвичайні можливості побудови моделей, обмежені лише сміливістю дослідника. Перерахуємо лише злободенні глобальні теми, які проходять безперервну перевірку моделюванням: економіка, політика, екологія. Моделювання впевнено допомагає зрозуміти, як влаштований світ. Можна сподіватися, що з його допомогою ми коли-небудь дізнаємося, як працює і наша «найважливіша модель».

Імітаційне моделювання – це розробка і виконання на комп'ютері програмної системи, що показує структуру і функціонування промодельованого об'єкта або явища у часі. Таку програму називають імітаційною моделлю цього об'єкта або явища. Об'єкти і сутності імітаційної

моделі представляють об'єкти і сутності реального світу, а зв'язки структурних одиниць об'єкта моделювання відображаються в зовнішніх зв'язках відповідних об'єктів моделі. Таким чином, імітаційна модель – це спрощене подоба реальної системи, або існуючої, або тієї яку передбачається створити в майбутньому [4].

Метою імітаційного моделювання є визначення значень її основних характеристик, таких, як середній час перебування заявки в черзі, середня довжина черги і частка часу простоювання системи. Імітаційна модель зазвичай є комп'ютерною програмою, виконання програми можна вважати імітацією поведінки вихідної системи в часі [3]. Імітаційне моделювання вимагає проведення серії обчислювальних експериментів та їх статистичної обробки. Застосування імітаційного моделювання при побудові систем масового обслуговування дозволяє значно підвищити ефективність досліджень, що проводяться за рахунок зниження трудомісткості виконуваних робіт і підвищення достовірності результатів моделювання.

В роботі використана імітаційна середа AnyLogic, її можливості для побудови імітаційних моделей СМО. У даній роботі була обрана система AnyLogic для вирішення постановленого завдання. Вибір даної системи заснований на ряді переваг, а саме:

- 1) об'єктно-орієнтований підхід моделювання
- 2) інтеграція і вбудована Java-середовище програмування
- 3) зручний і зрозумілий графічний інтерфейс
- 4) багатий і зручний довідковий матеріал.

З розвитком автоматизованих систем управління, розширенням сфер застосування засобів обчислювальної техніки значно різноманітніше стає коло економічних і управлінських завдань, які необхідно вирішувати. Практика вимагає постановки і вирішення все більш складних (комплексних) завдань. У цих умовах побудова адекватних моделей завдань і розробка методів їх рішення стають все більш насущними проблемами [2]. Особливо це стосується таких завдань, в яких необхідно одночасно враховувати

фактори невизначеності, динамічну взаємну обумовленість поточних рішень, наступних подій, комплексну взаємозалежність між досліджуваними факторами. Як правило, такі практичні завдання мають велику розмірність та велику кількість внутрішніх взаємозв'язків, тому їх не вдається звести до відомих моделей типу математичного програмування або застосувати для їх вирішення інші традиційні методи математичного моделювання. Для вирішення таких завдань розробляється, а останніми роками отримав особливо широкий розвиток метод імітаційного моделювання на ЕОМ. Щоб з'ясувати, що ж є методом імітаційного моделювання, розглянемо деякі принципові особливості цього економіко-математичного аналізу [3].

За одним із визначень, імітація – це чисельний метод проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем протягом тривалих періодів часу. Таке уявлення про метод імітації в економіко-математичному аналізі засноване на використанні властивості наслідування, тобто відтворення процесів, що протікають у досліджуваній складній системі, штучними засобами за допомогою математичних моделей, що реалізуються на ЕОМ [4]. Математичні моделі, які використовуються в імітації, можуть суттєво відрізнятися від традиційних. Позначимо ці відмінності детальніше. При цьому виходитимемо з того, що дослідження реальної системи за допомогою математичних методів є реалізацією низки послідовних етапів і пов'язується, як правило, з досягненням певної мети досліджень: вивчення діючої реальної системи, аналізу гіпотетичної системи або проектування досконалішої системи.

Можна виділити декілька основних етапів моделювання:

1. Постановка задачі дослідження, вивчення модельованої системи, збирання емпіричної інформації, виділення основних проблем моделювання.
2. Формування математичної моделі, вибір структури і принципів опису моделі та її підмоделей, допустимих спрощень, вимірюваних параметрів і критеріїв оцінки якості моделі.

3. Розробка програмного забезпечення розв'язання моделі або імітаційного алгоритму, генерація чи складання машинних програм.

4. Оцінка адекватності математичної моделі і перевірка достовірності та придатності моделюючого алгоритму за ступенем погодженості і допустимості результатів контрольних експериментів з вхідними даними.

5. Планування багатоваріантних експериментів, вибір функціональних характеристик системи, що вивчається, для дослідження, визначення методів обробки результатів експериментів.

6. Робота з моделлю, проведення розрахунків і експериментів.

7. Аналіз результатів, формулювання висновків за даними моделювання і практичне використання результатів.

Під імітаційною системою розуміють програмний або апаратно-програмний комплекс, призначений для рішення завдань із використанням методу імітаційного моделювання. При виділенні різновидів імітаційних систем виходять із того, що вони є інструментальними засобами, що забезпечують автоматизовану підтримку певних видів діяльності користувача [1]. Імітаційна система реалізує алгоритм рішення завдання і надає користувачеві сервісні можливості по керуванню обчислювальним процесом. Автоматизована підтримка інших етапів системного аналізу засобами імітаційної системи не є обов'язковою. Однак саме ступінь їхньої автоматизації визначає можливості імітаційної системи і є основою їхньої класифікації. З урахуванням етапності системного аналізу і технологічних завдань, що розв'язуються на них, виділимо можливий набір засобів імітаційної системи, що автоматизують виконання ряду функцій, реалізованих на цих етапах.

Створення моделі може бути підтримано наступними засобами автоматизації:

- частково готовою моделлю або моделями;
- компіляторами з алгоритмічної мови високого рівня, спеціалізація якого полегшує процес складання алгоритмів імітації;



- спеціальною мовою високого рівня, що дозволяє виконати інформаційний або математичний опис моделі системи;
- конверторами моделей, що дозволяють здійснювати перетворення моделей одного виду в моделі іншого виду (інформаційної в математичну, математичної в імітаційну, інформаційної в імітаційну);
- засобами контролю погодженості різних видів моделей з концептуальним поданням моделі.

Перевірка адекватності та технічної реалізованості може виконуватися з використанням [3]:

- програм обчислення показників адекватності;
- автоматизованої технології проведення обмеженого експерименту з імітаційною моделлю;
- програм обчислення характеристик складності моделі;
- програм обчислення ресурсних показників методу рішення завдання.

Корекція моделі може забезпечуватися:

- автоматизованими технологіями редагування текстів моделей;
- програмами еквівалентних перетворень математичних і алгоритмічних моделей заданого класу.

Створення алгоритму рішення завдання може підтримуватися:

- методоорієнтованими бібліотеками та пакетами програм;
- конструкторами алгоритмів рішення завдань;
- інформаційними системами підтримки прийняття рішень тощо.

Із системами масового обслуговування (СМО) ми зустрічаємось повсякчас. Кожному з нас доводилось чекати обслуговування в черзі (у магазині, на автозаправці, в бібліотеці, кав'ярні тощо). Аналогічні ситуації виникають, коли треба скористатися телефонним зв'язком або виконати свою програму на комп'ютері. Будь-яке виробництво теж можна уявити як послідовність систем обслуговування. До типових систем обслуговування належать також ремонтні і медичні служби, транспортні системи, аеропорти, вокзали тощо.

Особливого значення набули такі системи у процесах інформатики. Це передусім комп'ютерні системи, мережі передавання інформації, операційні системи, бази і банки даних. Системи обслуговування відіграють значну роль у повсякденному житті. Досвід моделювання різних типів дискретних систем свідчить про те, що приблизно 80% цих моделей ґрунтуються на СМО [9]. Систему масового обслуговування загалом можна уявити як сукупність послідовно пов'язаних між собою вхідних потоків вимог на обслуговування (потоків замовлень), черг, каналів обслуговування і потоків обслужених замовлень. Будь-який пристрій, який безпосередньо обслуговує замовлення, називають каналом обслуговування.

Системи масового обслуговування за наявності тої чи іншої ознаки можна класифікувати так:

- За характером надходження замовлень у систему: на системи з регулярним і випадковим потоками замовлень. Якщо кількість замовлень, які надходять у систему за одиницю часу (інтенсивність потоку), стала або є заданою функцією часу, то маємо систему з регулярним потоком замовлень, в іншому разі – з випадковим.
- За кількістю замовлень, які надходять за одиницю часу: на системи з ординарним і неординарним потоками замовлень. Якщо ймовірність надходження двох або більше замовлень в один момент часу дорівнює нулеві або настільки мала, що нею можна знехтувати, то маємо систему з ординарним потоком замовлень.
- За зв'язком між замовленнями: на системи без післядії від замовлень, які надійшли, і з післядією. Якщо ймовірність надходження замовлень у систему в деякий момент часу не залежить від того, скільки вимог уже надійшло до системи, тобто не залежить від передісторії процесу, який вивчають, то ми маємо задачу без післядії, у протилежному випадку – з післядією.
- За характером поведінки замовлень у системі: з відмовами, з обмеженим очікуванням і з очікуванням без обмеження: – якщо нове

замовлення, яке прибуло на обслуговування, застає усі канали обслуговування уже зайнятими і покидає систему, то маємо систему з відмовами. Замовлення може покинути систему і тоді, коли черга досягла певних розмірів.

- За способом вибору замовлень на обслуговування: з пріоритетом, за часом надходження, випадково, останнього обслуговують першим. Іноді в такому випадку кажуть про дисципліну обслуговування: – якщо система масового обслуговування охоплює кілька категорій замовлень і з певних міркувань необхідно дотримуватись різного підходу до їхнього відбору, то маємо систему з пріоритетом.

- За характером обслуговування замовлень: на системи з детермінованим і випадковим часом обслуговування. Якщо інтервал часу між моментами надходження замовлення до каналу обслуговування і моментом виходу замовлення з цього каналу є сталим, то йдеться про систему з детермінованим часом обслуговування, в іншому разі – з випадковим.

- За кількістю каналів обслуговування: на одноканальні і багатоканальні системи. Наприклад, для зведення будинку можна використати один будівельний кран (один канал обслуговування) або декілька (багато каналів) для обслуговування виробів, які прибувають на будову.

- За кількістю етапів обслуговування: на однофазні і багатофазні системи. Якщо канали обслуговування розташовані послідовно, і вони неоднорідні, оскільки виконують різні операції обслуговування, то йдеться про багатофазну систему масового обслуговування. Прикладом такої системи може бути обслуговування автомобілів на станції технічного обслуговування (миття, діагностування тощо).

- За однорідністю замовлень, які надходять на обслуговування: на системи з однорідними і неоднорідними потоками замовлень. Наприклад, якщо для розвантаження прибувають фургони однакової вантажомісткості, то такі замовлення називають однорідними, якщо різної – то неоднорідними.

• За обмеженістю потоку замовлень: на замкнені і розімкнені системи.  
Прикладом замкненої системи може слугувати бригада робітників, які налагоджують станки в ткацькому цеху.



## II. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

### 2.1. Специфіка функціонування виробничого процесу металургійного підприємства.

Не секрет, що металургія – це сам по собі складний виробничий процес, що потребує фахової підготовки, практики та зосередженості при виконанні як і виробничого процесу, на якому ми зараз заострюємо увагу, так і усіх інших: управлінських, стратегічних, планувальних, тощо.

Першою специфікою металургійного виробничого процесу, що спричинен його складністю, є багатшарованість та ого багатоетапність. Металургія – це системний процес, що пов'язаний із так званою важкою промисловістю та тягне за собою певний ланцюжок взаємодії:



Рис. 2.1 Етапи металургійного процесу

Сучасна металургія, особливо вже після появи сучасних пост-індустріальних технологій, має змогу виготовляти т обробляти вже понад 75 різних видів металів, проте саме перебіг контролю якості цих деталей із металу на одному з етапів виробничого процесу може бути слабким місцем кожного металургійного підприємства, а тому неабияк актуально є

побудувати працюючи на практиці модель функціонування металургійного підприємства, а точніше – його виробничого процесу в контексті контролю за перебігу якості прокції і не просто відсікання браку, а відправки його на переробку, задля економії економічних ресурсів.

## **2.2. Розробка діаграм взаємодій.**

В основі задачі стоїть процес відтворення функціонування умовного металургійного підприємства. Це підприємство складається з певної кількості цехів, кожен з яких виготовляє свій унікальний тип деталей по певній собівартості їх виготовлення. Створення і постачання їх на ринок відбувається за певним інтервалом і здійснюється тільки після перевірки на якість деталі, процес якої теж має свою відповідну тривалість. В процесі функціонування підприємства не завжди все іде гладко, атому деякі деталі повністю не проходять перевірку на якість та потрапляють до бракованої продукції. Ті що пройшли контроль, тобто не забраковані деталі надходять на один з пунктів збирання. На пункті збірки одночасно збирається тільки один виріб. Збірка починається тільки тоді, коли є всі необхідні деталі різних типів. Після складання виробу надходить на один з стендів вихідного контролю. На одному стенді одночасно перевіряється тільки один виріб зі своїм унікальним часом перевірки та за своєю ціною вартістю [7]. Деталі, що не підходять під критерії тнеохіно піддати заміні (за свій час), після чого виріб знову надходить на один зі стендів вихідного контролю. Ті що пройшли стенд вихідного контролю надходять в відділ приймання із випадковим по тривалості часу приймання та заданою ціною вартістю процесу приймання. Після цього відбувається черговий процес відокремлення бракованої продукції та її виправлення на склад підприємства (Рис. 2.2).

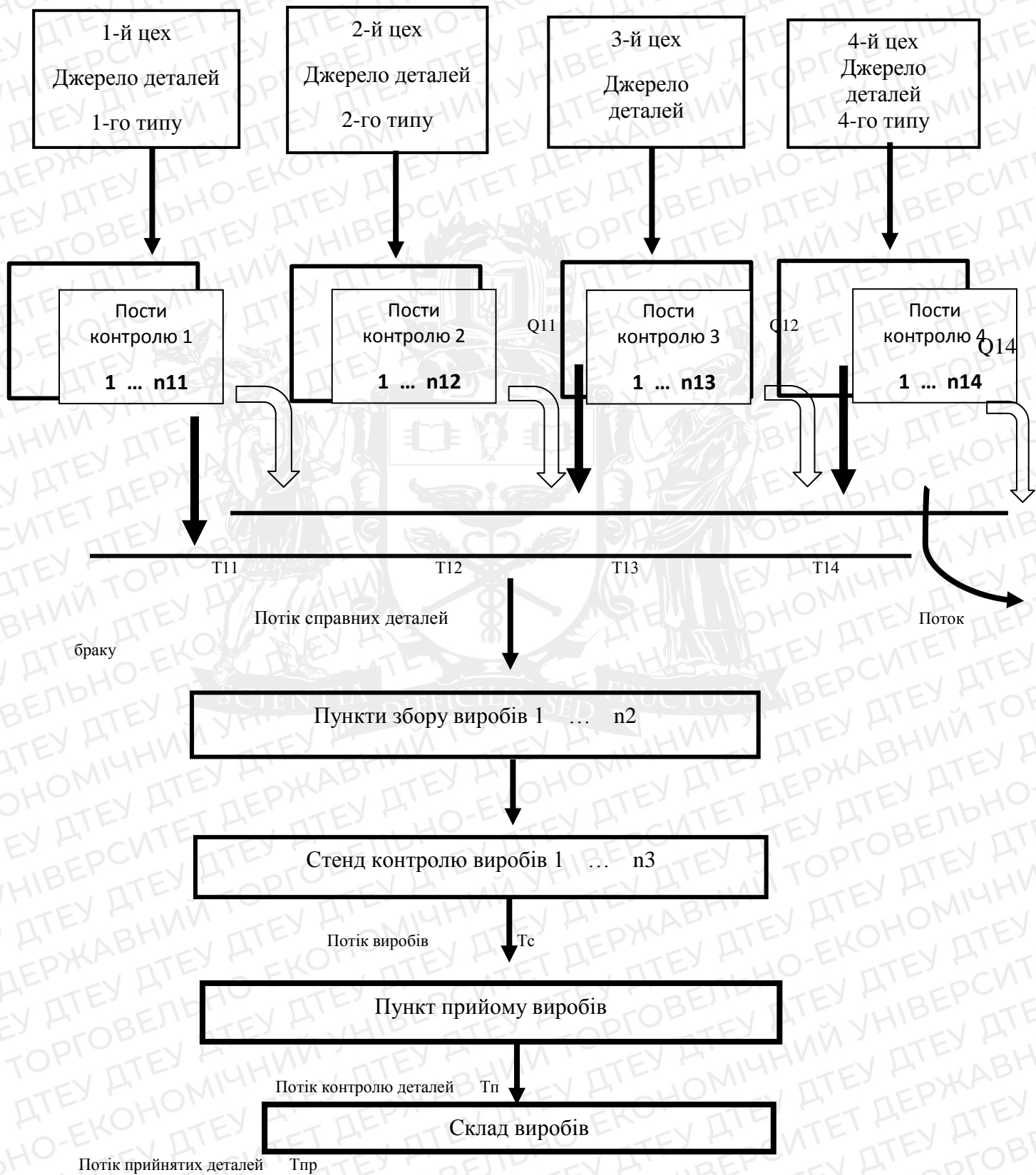


Рис. 2.2 Схема концептуальної моделі

## 2.3 Розробка імітаційної моделі виробничого процесу металургійного підприємства.

До завдань імітаційного моделювання входить побудова точної, адекватної моделі реального об'єкта та динаміки його функціонування. Коректно побудована модель буде відображенням реального об'єкта з притаманними йому властивостями. Саме імітаційні моделі здатні відобразити динаміку різноманітних систем та дають можливість оцінити їх ефективність. Також можливі імітаційного моделювання є зручним інструментом для проведення аналізу на різних рівнях. В імітаційному моделюванні можна виділити наступні етапи:

- структурний аналіз процесів;
- формалізація структури складного реального процесу;
- побудова логічної моделі;
- формалізований опис моделі;
- побудова імітаційної моделі та калібрування параметрів;
- прогон моделі в реальному та віртуальному часі;
- проведення оптимізаційного експерименту;
- збір статистичних даних та аналіз результатів.

Сучасні програмні засоби (наприклад, програмне забезпечення AnyLogic), дають можливість досліджувати та комбінувати різноманітні методи та підходи моделювання, такі як дискретно-подійне, агентне моделювання та системна динаміка. Так, поєднання різних підходів моделювання в рамках однієї моделі (наприклад, агентне моделювання та системна динаміка) дають представлення моделі як набору паралельно функціонуючих активностей, що складаються як з одного примірника активних об'єктів, так і декількох, самостійно взаємодіючих з оточенням. Високою популярністю користується метод агентного моделювання, в сучасній літературі є досить велика кількість визначень даного терміну. Суть агентного моделювання полягає в дослідженні поведінки децентралізованих агентів, і як їх поведінка впливає на поведінку систему в цілому. При розробці такої моделі вводяться



параметри агентів (це можуть бути різні активи, проекти, чи люди, в залежності від моделі), визначається їх поведінка (активність, контакти, і т.д.), далі агентів поміщають в певне середовище, задавши зв'язки, та запускається моделювання. Далі за результатами поведінки кожного агента визначається глобальна поведінка системи, що моделюється.

AnyLogic – програмне забезпечення для імітаційного моделювання складних систем і процесів. Моделюючі конструкції розташовуються в палітрах. Для створення моделі, як і в Arena, моделюючі конструкції перетягують в область моделі і з'єднують. Деталізувати моделюючі конструкції можна, виділивши їх і змінивши параметри, використовуючи панель властивостей. AnyLogic підтримує ієрархічне моделювання, а також створення власних моделюючих конструкцій і об'єднання їх у бібліотеки. AnyLogic заснований на Java і базується на платформі Eclipse [5]. У редакторі AnyLogic можливо розробити анімацію та інтерактивний графічний інтерфейс моделі. Анімація може бути ієрархічної і підтримувати кілька перспектив. Наприклад, можна визначити глобальний погляд на процес виробництва, а також детальні анімації конкретних операцій, а потім перемикатися між ними.

Для створення звітів в AnyLogic відведена спеціальна палітра "Статистика", у якій утримуються конструкції для збору даних по ходу роботи моделі. У цій палітрі також знаходяться різні діаграми, графіки та гістограми.

Кожне програмне забезпечення має як недоліки, так і сильні сторони. Проте багато з них є досить складними для використання. Тому для вирішення поставленої задачі найкраще підходить програмне забезпечення AnyLogic.

Так, як AnyLogic є простим у використанні і має зрозумілий і зручний інтерфейс то мій вибір зупиняється на ньому.



### **ІІІ. РЕАЛІЗАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

#### **3.1 Специфіка побудови імітаційних моделей виробничих процесів**

У наш час одним з найбільш розповсюджених засобів дослідження та оптимізації функціонування систем управління є імітаційне моделювання, в основному з застосуванням сучасної обчислювальної техніки. На такій імітаційній моделі можна відпрацьовувати дії різних факторів, що впливають на поведінку системи, вивчати вплив зміни внутрішніх параметрів на ефективність функціонування і так далі.

Переваги імітаційного моделювання:

- висока адекватність між фізичною суттю описуваного процесу і його моделлю;
- можливість описати складну систему на досить високому рівні деталізації;
- значно більше областей дослідження, ніж аналітичне моделювання;
- відсутність обмежень відображення в моделі залежностей між параметрами моделі;
- можливість оцінки функціонування системи не тільки в стаціонарних станах, але і в перехідних режимах (процесах);
- одержання значної кількості даних про досліджуваний об'єкт (закон розподілу випадкових величин, числові значення абсолютні та відносні, і багато іншого);
- найбільш раціональне ставлення «результат - витрати» по відношенню до аналітичного і фізичного моделювання.

Недоліки імітаційного моделювання:

- розробка хорошої моделі часто обходиться дорожче, ніж аналітична, і вимагає більше часу на створення і налагодження
- складно оцінити ступінь точності моделі, її адекватність досліджуваному процесу;

- відносно високі вимоги до кваліфікації дослідника для написання моделі;
- спільність застосування та індивідуальність реалізації.

Дана дипломна робота спрямована на дослідження імітаційної моделі процесу обробки даних в робочій станції. Основна ціль – побудова моделі, визначення її якісних та кількісних характеристик, вибір найбільш оптимального варіанту рішення.

Розроблена імітаційна модель дозволяє студентам досить глибоко освоїти предметну область - систему збору телеметричної, балістичної і іншої інформації, зрозуміти, як працюють засоби передачі і збору інформації, як описується їхня робота за допомогою імітаційної моделі, вирішувати задачу аналізу і корекції структури системи.

Зараз на ринку засобів імітаційного моделювання представлено досить багато різних систем імітаційного моделювання. Вибір зручних інструментальних засобів є дуже важливою задачею. Спеціалізованими програмами є: GPSS World, MATLAB/ Simulink з пакетом SimEvents, а також AnyLogic.

Класичною і найбільш популярною програмою імітаційного моделювання є GPSS (General Purpose Systems Simulator). Перевагами даної платформи є унікальні концепції моделювання і алгоритмічні потужності; компактність моделей; діаграми, що легко інтерпретуються; інтуїтивно зрозумілий інтерфейс; велика кількість вже готового програмного коду, написаного на GPSS. Інші переваги цього програмного продукту - безкоштовність версії GPSS World для студентів, її доступність через Інтернет, достатня кількість російськомовної літератури, а також низькі вимоги до ресурсів ЕОМ.

Одним із альтернативних сучасних програмних продуктів є SimEvents, який дозволяє створювати імітаційні моделі проходження об'єкту (заявки) через мережі і черги, забезпечує моделювання систем, залежних не від часу, а від дискретних станів. Середовище MATLAB Simulink надає інструменти

візуального моделювання систем, що дозволяють користувачеві збирати модель з готових блоків.

Ще одним графічним середовищем, яке набуло великого поширення останнім часом, є AnyLogic. AnyLogic є єдиним інструментом імітаційного моделювання, який підтримує усі підходи до створення імітаційних моделей: об'єктно-орієнтований, системно-динамічний і агентний, а також будь-яку їх комбінацію. Також цей продукт включає можливість візуалізації результатів і істотний набір пропонованої статистики для аналізу. Створення бібліотек дозволяє багаторазово використовувати вже написані модулі, що полегшує роботу користувача.

Також модель в AnyLogic дозволяє оцінити статистичні характеристики СМО. Характеристики зручно відобразити у графічному вигляді. Окрім цього, AnyLogic дозволяє продемонструвати роботу системи за допомогою 3D-анімації.

Порівнявши програмні засоби для імітаційного моделювання, можна зробити наступні висновки. У порівнянні з GPSS, моделювання в MATLAB Simulink характеризується більш високою мірою візуалізації, більшою гнучкістю при побудові моделей складних систем, можливістю використати потужний обчислювальний інструментарій MATLAB. Складність навчання студентів роботі з бібліотекою SimEvents поки обумовлена недостатньою кількістю літератури. Крім того, на відміну від GPSS World і AnyLogic, академічні ліцензії MATLAB є платними.

Побудова і дослідження моделі даної дипломної роботи будуть проводитись в пакеті AnyLogic. На сьогодні версія AnyLogic PLE є безкоштовною для студентів. Основною перевагою цього продукту вважається гнучкість використання. Відмінною рисою AnyLogic від інших програмних засобів імітаційного моделювання є можливість створення інтерактивної анімації для поліпшення наочності моделей. Можливість розширення моделей засобами Java дає широкі можливості, які можуть стати

потужним інструментом рішення проблем у будь-якій прикладній області в руках професіонала.

Проте у даної програми є і свої недоліки, які, в певній мірі, полягають у використанні мови програмування Java. Для того, щоб швидше оволодіти інструментом, необхідний спеціальний курс підготовки та навчання. Також до недоліків можна віднести його гнучкість, оскільки програма зазвичай пропонує багато шляхів розробки моделі, а не один, тому потрібно мати певний досвід, щоб зробити ефективний вибір.

На жаль, в імітаційному моделюванні часто відсутні методично обґрунтовані принципи побудови гарних імітаційних моделей для широкого класу складних систем. Багаті анімаційні можливості дозволяють студентам швидко розробити красивий динамічний інтерфейс, що створює спотворене уявлення про хорошу імітаційну модель, хоча по своїх потенційних можливостях модель може і не вирішувати серйозних завдань. Цю проблему для ряду систем можна було б здолати, спираючись на знання з інших дисциплін. Так, для завдань об'єктно-орієнтованого моделювання методологічною основою можна вважати теорію систем масового обслуговування (СМО).

З розвитком автоматизованих систем управління, розширенням сфер застосування засобів обчислювальної техніки значно різноманітніше стає коло економічних і управлінських завдань, які необхідно вирішувати. Практика вимагає постановки і вирішення все більш складних (комплексних) завдань. У цих умовах побудова адекватних моделей завдань і розробка методів їх рішення стають все більш насущними проблемами [2]. Особливо це стосується таких завдань, в яких необхідно одночасно враховувати фактори невизначеності, динамічну взаємну обумовленість поточних рішень, наступних подій, комплексну взаємозалежність між досліджуваними факторами. Як правило, такі практичні завдання мають велику розмірність, мають велику кількість внутрішніх взаємозв'язків, тому їх не вдається звести до відомих моделей типу математичного програмування або застосувати для

їх вирішення інші традиційні методи математичного моделювання [4]. Для вирішення таких завдань розробляється, а останніми роками отримав особливо широкий розвиток метод імітаційного моделювання на ЕОМ. Щоб з'ясувати, що ж є методом імітаційного моделювання, розглянемо деякі принципові особливості цього економіко-математичного аналізу.

За одним із визначень, імітація – це чисельний метод проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем протягом тривалих періодів часу. Таке уявлення про метод імітації в економіко-математичному аналізі засноване на використанні властивості наслідування, тобто відтворення процесів, що протікають у досліджуваній складній системі, штучними засобами за допомогою математичних моделей, що реалізуються на ЕОМ. Математичні моделі, які використовуються в імітації, можуть суттєво відрізнятися від традиційних. Позначимо ці відмінності детальніше. При цьому виходитимемо з того, що дослідження реальної системи за допомогою математичних методів є реалізацією низки послідовних етапів і пов'язується, як правило, з досягненням певної мети досліджень: вивчення діючої реальної системи, аналізу гіпотетичної системи або проектування досконалішої системи.

Можна виділити декілька основних етапів моделювання:

1. Постановка задачі дослідження, вивчення модельованої системи, збирання емпіричної інформації, виділення основних проблем моделювання.
2. Формування математичної моделі, вибір структури і принципів опису моделі та її підмоделей, допустимих спрощень, вимірюваних параметрів і критеріїв оцінки якості моделі.
3. Розробка програмного забезпечення розв'язання моделі або імітаційного алгоритму, генерація чи складання машинних програм.
4. Оцінка адекватності математичної моделі і перевірка достовірності та придатності моделюючого алгоритму за ступенем погодженості і допустимості результатів контрольних експериментів з вхідними даними.

5. Планування багатоваріантних експериментів, вибір функціональних характеристик системи, що вивчається, для дослідження, визначення методів обробки результатів експериментів.

6. Робота з моделлю, проведення розрахунків і експериментів.

7. Аналіз результатів, формулювання висновків за даними моделювання і практичне використання результатів.

Під імітаційною системою розуміють програмний або апаратно-програмний комплекс, призначений для рішення завдань із використанням методу імітаційного моделювання. При виділенні різновидів імітаційних систем виходять із того, що вони є інструментальними засобами, що забезпечують автоматизовану підтримку певних видів діяльності користувача [1].

### 3.2 Реалізація імітаційної моделі в середовищі AnyLogic

Для реалізації даної моделі буде застосоване програмне забезпечення AnyLogic.

Етапи формування нової моделі та введення вихідних даних:

1. Створюємо модель на панелі інструментів.
2. У поле *ім'я моделі* вводимо Підприємство.
3. Вибираємо каталог, в якому будуть збережені файли моделі.
4. Створюємо область перегляду для розміщення елементів вихідних даних.
5. Перетягуємо елемент *область перегляду* і вводимо дані.
6. На сторінці *місцезнаходження* вводимо в поля ширину і висоту.
7. Перетягуємо елемент *прямокутник*.
8. Перетягуємо елемент text і перейменовуємо на *вихідні дані*.



9. Перетягуємо елемент *параметр* на елемент з ім'ям *вихідні дані*, розміщуємо і встановлюємо властивості цим елементам (Рис 3.1).

Підприємство	Пости контролю блоків	Пункти збирання виробів	Вихідні дані	Результати моделювання		
<b>Вихідні дані</b>						
aveTimeShop1	stKmplBlock1	stIzgBlock1	postKontr1	procBrakBlock1	timeTestBlock1	stTestBlock1
aveTimeShop2	stKmplBlock2	stIzgBlock2	postKontr2	procBrakBlock2	timeTestBlock2	stTestBlock2
aveTimeShop3	stKmplBlock3	stIzgBlock3	postKontr3	procBrakBlock3	timeTestBlock3	stTestBlock3
aveTimeShop4	stKmplBlock4	stIzgBlock4	postKontr4	procBrakBlock4	timeTestBlock4	stTestBlock4
kolPunSborki	kolStendKontrIzd	verBlock1	verBlockNum1	timeZamBlock1	stZamBlock1	kolPunPriem
timeSborki	timeKontrIzd	verBlock2	verBlockNum2	timeZamBlock2	stZamBlock2	timePriemIzd
stSborki	procBrakIzd		verBlockNum3	timeZamBlock3	stZamBlock3	procBrakPriem
	stKontrIzd	kolProg	verBlockNum4	timeZamBlock4	stZamBlock4	stPriemIzd

Рис. 3.1 Розміщення елементів параметр

**Виведення результатів моделювання.** Для виведення результатів моделювання використовуємо елемент *змінна*. Для зручності огляду і аналізу результатів моделювання розділимо їх на дві групи. В першу групу включим дані про кількість підготовлених і забракованих деталей і виробів, до другої групи - вартісні показники функціонування металургійного підприємства.

1. Створюємо область перегляду для розміщення елементів *змінна*.
2. Перетягуємо елемент *область перегляду* називаємо його *результати*.
3. На сторінці *місцезнаходження* вводимо висоту і ширину.
4. Перетягуємо елемент *округлений прямокутник*.
5. Перетягуємо елемент *text* та вводимо дані про кількість підготовлених і забракованих деталей і виробів.
6. Перетягуємо елемент *text* і в вводимо показники використання пунктів металургійного підприємства.
7. Перетягуємо елементи *змінна*. Використовуємо *копіювання*. Додаємо їх і даємо їм імена.

## 8. Вирівнюємо елементи. (Рис.3.2)

Підприємство	Пости контролю блоків	Пункти збирання виробів	Вихідні дані	Результати моделювання		
<b>Дані про кількість підготовлених та забракованих блоків та виробів</b>						
<input type="checkbox"/> kollzgBlock1	<input type="checkbox"/> kolTestBlock1	<input type="checkbox"/> brakBlock1	<input type="checkbox"/> gotBlock1	<input type="checkbox"/> ostGotBlock1	<input type="checkbox"/> kolSobrIzd	<input type="checkbox"/> zamBlock1
<input type="checkbox"/> kollzgBlock2	<input type="checkbox"/> kolTestBlock2	<input type="checkbox"/> brakBlock2	<input type="checkbox"/> gotBlock2	<input type="checkbox"/> ostGotBlock2	<input type="checkbox"/> kolZamIzd	<input type="checkbox"/> zamBlock2
<input type="checkbox"/> kollzgBlock3	<input type="checkbox"/> kolTestBlock3	<input type="checkbox"/> brakBlock3	<input type="checkbox"/> gotBlock3	<input type="checkbox"/> ostGotBlock3	<input type="checkbox"/> testSobrIzd	<input type="checkbox"/> zamBlock3
<input type="checkbox"/> kollzgBlock4	<input type="checkbox"/> kolTestBlock4	<input type="checkbox"/> brakBlock4	<input type="checkbox"/> gotBlock4	<input type="checkbox"/> ostGotBlock4	<input type="checkbox"/> brakSobrIzd	<input type="checkbox"/> zamBlock4
<input type="checkbox"/> allBrakBlock1	<input type="checkbox"/> allBrakBlock2	<input type="checkbox"/> allBrakBlock3	<input type="checkbox"/> allBrakBlock4		<input type="checkbox"/> kolPriemIzd	<input type="checkbox"/> колГотИзд
<b>Вартісні показники функціонування підприємства</b>						
<input type="checkbox"/> costKompIBlock1	<input type="checkbox"/> costKompIBlock2	<input type="checkbox"/> costKompIBlock3	<input type="checkbox"/> costKompIBlock4	<input type="checkbox"/> costKompIBlock	<input type="checkbox"/> costBlock1	<input type="checkbox"/> brakPriemIzd
<input type="checkbox"/> costIzgBlock1	<input type="checkbox"/> costIzgBlock2	<input type="checkbox"/> costIzgBlock3	<input type="checkbox"/> costIzgBlock4	<input type="checkbox"/> costIzgBlock	<input type="checkbox"/> costBlock2	
<input type="checkbox"/> costTestBlock1	<input type="checkbox"/> costTestBlock2	<input type="checkbox"/> costTestBlock3	<input type="checkbox"/> costTestBlock4	<input type="checkbox"/> costTestBlock	<input type="checkbox"/> costBlock3	
<input type="checkbox"/> sumCostBlock1	<input type="checkbox"/> sumCostBlock2	<input type="checkbox"/> sumCostBlock3	<input type="checkbox"/> sumCostBlock4	<input type="checkbox"/> costBlockIzd	<input type="checkbox"/> costBlock4	
<input type="checkbox"/> costSborIzd	<input type="checkbox"/> costTestIzd	<input type="checkbox"/> costPriemIzd		<input type="checkbox"/> sumCostBlock	<input type="checkbox"/> minCostIzd	
<input type="checkbox"/> минСтоимГотИзд	<input type="checkbox"/> стоимГотИзд	<input type="checkbox"/> стоимБракБл	<input type="checkbox"/> коэфУвелСтоимИзд	<input type="checkbox"/> времяИздИзд	<input type="checkbox"/> a	
<b>Показники використання пунктів підприємства</b>						
<input type="checkbox"/> коэфИспПК1	<input type="checkbox"/> коэфИспПК2	<input type="checkbox"/> коэфИспПК3	<input type="checkbox"/> коэфИспПК4	<input type="checkbox"/> коэфИспСВК	<input type="checkbox"/> коэфИспПС	<input type="checkbox"/> коэфИспПП

Рис. 3.2 Розміщення елементів змінна для виведення результатів моделювання

**Побудова подієвої частини моделі.** У подієву частину моделі включимо зазначені раніше сегменти згідно з поданням металургійного підприємства як системи масового обслуговування.

Модель буде містити три активних об'єкта, елементи яких не можуть фізично вміститися в область діаграми, у вікні презентації при виконанні моделі, тому використовуємо для кожного активного об'єкта елемент *область перегляду*. На далі після побудови всіх сегментів подієвої частини моделі організуємо перемикування між областями перегляду.

Створюємо область перегляду для розміщення сегментів подієвої частини моделі на діаграмі класу Main.

1. У палітрі виділяємо *презентація* і перетягуємо елемент *область перегляду*.
2. Переходимо на сторінку основні панелі *властивості*.
3. У полі *ім'я* вводимо Mainview.
4. На сторінці *місцезнаходження* вводимо ширину і висоту.

5. Перетягуємо елемент округлений прямокутник, у ньому ми розмістимо всі сегменти моделі(Рис.3.3).



Рис. 3.3 Розміщення сегментів моделі

**Імітація роботи цехів фірми.** Даний сегмент призначений для імітації роботи цехів, тобто виготовлення та випуску деталей через випадкові інтервали часу, рахунку кількості виготовлених деталей.

1. З бібліотеки моделювання процесів перетягуємо об'єкт Source на агент Main і розміщуємо в округленому прямокутнику з ім'ям *цехи*.

2. Для запису і зберігання параметрів деталей і виробів в додаткові поля заявок потрібно створити нестандартний тип заявки. Створюємо тип заявки Product.

3. У панелі *проект* клацаємо правою кнопкою миші на елемент моделі верхнього рівня дерева і виберіть в меню створити Java клас.

4. З'являється діалогове вікно *новий Java клас*. В полі *ім'я* вводимо ім'я нового класу Product.

5. У полі *базовий клас* вибираємо зі списку Entity в якості базового класу.

6. З'явиться друга сторінка *майстра створення Java класу*. Додаємо наступні поля Java класу, які будуть потрібні в подальшому при розробці моделі:

```
int numBlock; int sign1;
```

```
int numBlBrak1; int numBlBrak2;  
int numBlBrak3; int numBlBrak4;  
double timeSbor; double cost;
```

7. Залишаємо обраними прапорці *створити конструктор* і *створити метод toString*.

8. Клацаємо кнопку Готово. З'явиться редактор коду і автоматично створений код Java класу. Закриємо код.

9. Натискаємо правою кнопкою миші в панелі *проект*, щойно створений, Java клас і в контекстному меню виберіть перетворити Java клас в тип агента.

10. З'явиться вікно с параметрами типу заявок Product.

11. Виділяємо об'єкт source. На сторінці Основні панелі *властивості* встановіть властивості.

**Імітація роботи постів контролю деталей.** Кожен цех має пости контролю деталей одного типу. Пости контролю призначені для прийому деталей з цеху, тестування їх, відправки справних деталей на пункти збирання виробів, а браку - на склад забракованих деталей.

Для розміщення об'єктів, що імітують роботу постів контролю деталей, створюємо новий тип агента *тест*.

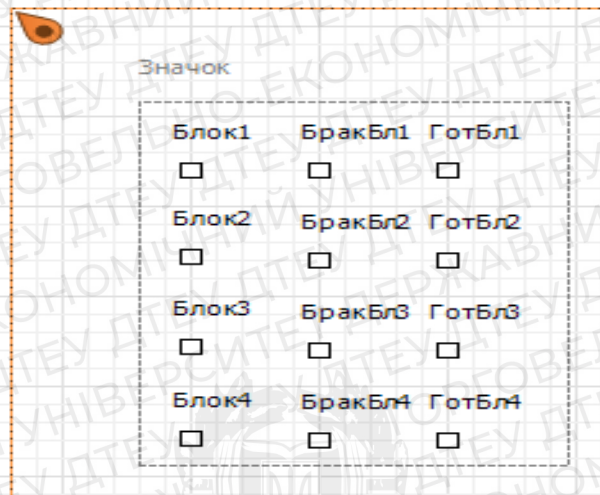
1. На панелі Проект вибираємо Створити / Тип агента. Відкриється вікно Крок 1. Створення нового типу агента.

2. У поле *ім'я* задаємо ім'я нового типу агента Тест.

Створюємо область перегляду для розміщення об'єктів сегмента Пости контролю деталей.

Згідно із зазначеним раніше призначенням постів контролю деталей потрібно зробити так, щоб чотири типи деталей передавалися з цехів на свої пости контролю, чотири типи тестованих і виправних деталей надходили на пункти збирання виробів, а чотири типи забракованих деталей - на склад забракованих деталей.

Створюємо екземпляр нового типу агента Тест



1. Розміщуємо елемент Порт (Рис. 3.4).

Рис. 3.4 Розміщення елементів Порт на екземплярі агента Тест

2. Змінюємо властивості.
3. Копіюємо блок та розташовуємо ще 3 так, як вказано на малюнку вище.
4. Розташовуємо елемент Порт з ім'ям БракБл1.
5. Створюємо ще 3 блоки БракБл2, БракБл3, БракБл4.
6. Розташовуємо елемент Порт з ім'ям ГотБл1.
7. Створюємо ще 3 блоки ГотБл2, ГотБл3, ГотБл4.
8. На діаграмі Main екземпляр агента Тест, розміщуємо і з'єднуємо як на малюнку нижче (Рис. 3.5).

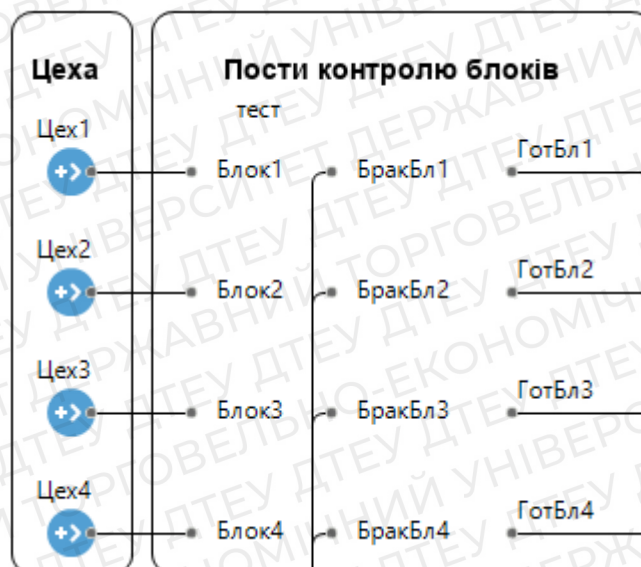


Рис. 3.5 Приклад додавання елементу класу Test

9. Тест створено.

Для імітації роботи постів контролю блоків одного типу (одного цеху) нам потрібні об'єкти:

- queue - імітація складу виготовлених цехом блоків;
- delay - імітація часу тестування блоку;
- selectOutPut - імітація процесу бракування блоків.

1. Перетягуємо прямокутник.
2. Зміюємо властивості Властивості
3. Додаємо на діаграму агента Тест об'єкти класу Queue.
4. У полі Тип заявки: Entity замінюємо Product.
5. Копіюємо об'єкт з ім'ям склІзгБл1 розміщуємо три об'єкти класу Queue. Додаємо на діаграму класу Test об'єкти класу Delay.

1. Розміщуємо об'єкт delay
2. Змінюємо Властивості .
3. Розміщуємо три об'єкти delay ( Рис. 3.7).

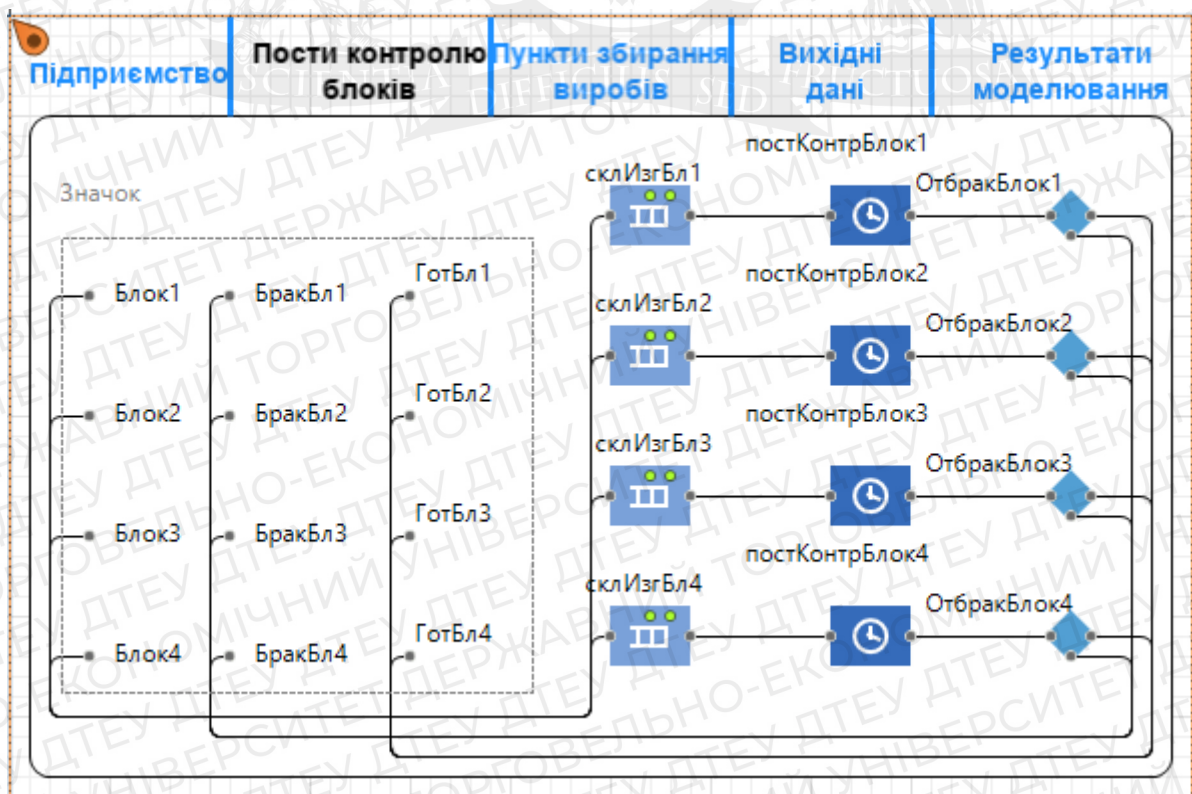


Рис. 3.6 Розміщення елементів на діаграмі агента Тест

1. Змінюємо властивості Дії При виході.

Додаємо на діаграму Тест об'єкти класу SelectOutput.

1. Розташовуємо об'єкт selectOutput .
2. Змінюємо Властивості з ім'ям selectOutPut на ім'я ОтбракБлок1 (відбраковування блоків цеху 1).
3. Копіюємо об'єкт з ім'ям ОтбракБлок1 та вставляємо три об'єкти класу SelectOutput .
4. Змінюємо властивості.
7. З'єднуємо входи і виходи об'єктів діаграми агента

Код в властивість Дії При виході (true) введений для обліку, наприклад, для цеху 1:

gotBlock1 - кількості готових блоків цеху 1.

Код в властивості Дії При виході (false) забезпечує рахунок кількості brakBlock1 забракованих блоків цеху 1.

В поле entity.sign1 записується 1 – ознака браку на постах контролю, а також одиниця записується в поле entity.numBlock1... entity.numBlock4. Це потрібно для роздільного рахунку забракованих блоків.

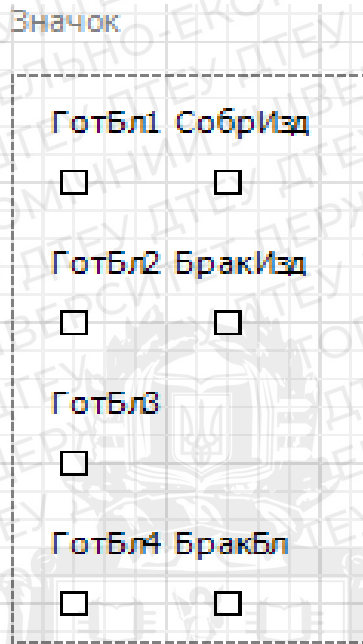
**Імітація роботи пунктів складання виробів.** Пункти складання виробів призначені для прийому пройшовших тестування блоків з постів контролю, складання виробів з блоків, заміни забракованих блоків і відправки їх на склад забракованих блоків.

Для розміщення об'єктів імітації роботи пунктів збирання виробів створюємо новий тип агента Збірка.

Згідно призначенням пунктів складання виробів для зв'язку їх з іншими сегментами моделі необхідно мати:

1. Чотири порти для прийому готових блоків з постів контролю;
2. Порт - для відправки зібраних виробів на стенди контролю;
3. Порт для прийому бракованих виробів з метою визначення та заміни в них забракованих блоків;

4. Порт - для відправки забракованих блоків після їх заміни на склад



забракованих блоків (Рис.3.7).

Рис. 3.7 Розміщення елементів Порт на діаграмі агента Збірка

Порт БракБл з'єднуємо з об'єктом sink сегмента Склад бракованих блоків (Рис. 3.8).



Рис. 3.8 Приклад доданого екземпляру агента Збірка

Збірка виробу починається тоді, коли будуть готові чотири блоки (по одному кожного з чотирьох типів). Вважаємо, що час готовності блоків різний. Значить, потрібно використовувати такі об'єкти AnyLogic, які



призначені для синхронізації руху заявок (блоків). Об'єкти класу Match призначені саме для синхронізації руху двох заявок.

Після готовності чотирьох блоків для подальшої імітації процесу складання потрібно ці чотири заявки об'єднати в одну, і інтерпретувати її як виріб. У AnyLogic є об'єкти деяких класів, які дозволяють здійснити потрібне нам об'єднання. Застосуємо об'єкти класу Combine, що дозволяють з двох заявок отримати одну.

Процес об'єднання буде відбуватися по мірі готовності блоків, значить, на пункті збірки буде створюватися чергу, для імітації якої потрібно використовувати об'єкт queue.

Для імітації безпосередньо процесу складання слід взяти об'єкт delay, а для поділу потоку виробів на зібрані первинно і на вироби з заміною блоками після бракування - об'єкт selectOutPut.

Реалізуємо частину сегменту імітації роботи пунктів збирання.

Об'єкти match і match1 забезпечують синхронізацію руху блоків 1 і 2, 3 і 4 відповідно. А об'єкти match2 і match3 - блоків 1 і 3, 2 і 4 відповідно. Таким чином, забезпечується синхронізація руху чотирьох блоків.

Вказівка властивості entity1 в об'єктах combine ... combine2 дозволяє отримати на виході спочатку combine, а потім combine2 заявку, яка імітує спочатку блок 1. Але тепер ця заявка буде імітувати виріб. Вироби після елемента пунктСборки поділяються на два види: зібрані вироби первинно ( $entity.sign1 = 0$ ) і вироби з заміненними блоками ( $entity.sign1 = 2$ ) (Рис. 3.9).

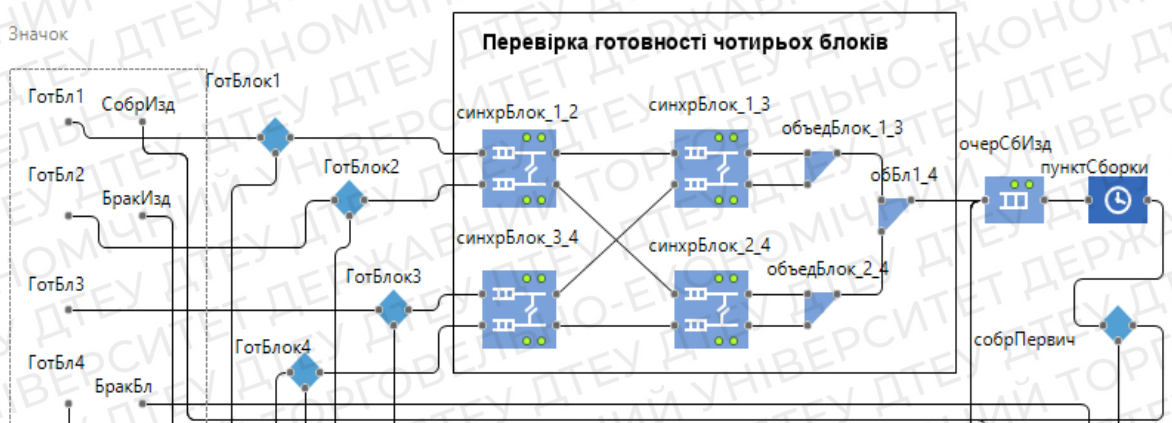


Рис. 3.9. Фрагмент сегмента імітації роботи пункту збірки

Браковані вироби надходять через порт БракИзд. У заявці, що імітує такий виріб, поле `etity.sign1 = 2`. В одному з полів `etity.numBlBrak1 ... etity.numBlBrak4` цієї ж заявки також записана одиниця. Запис зроблено при відбракуванні на стендах контролю або пунктах прийому виробів. Для визначення, який з блоків 1 ... 4 забракований в виробі, потрібно використовувати об'єкт `selectOutput5`.

Готові блоки надходять через порти ГотБл1 ... ГотБл4. Тому їх треба було б поєднати з відповідними входами об'єктів `match ... match1`. Але в забракованих виробів потрібно замінити якийсь із блоків. Значить, в разі наявності забракованого виробу має бути спрямовано з вступників блоків відповідний блок на заміну. Зробити це можна з використанням об'єктів `selectOutPut`. Кожен порт ГотБл1 ... ГотБл4 з'єднати з входом відповідного об'єкта `selectOutPut`. Таким чином, з виходів `true` готові блоки будуть направлятися для первинної збірки виробів, а з виходів `false` - для заміни бракованих блоків.

Для подальшої реалізації процесу заміни блоку потрібно об'єднати дві заявки - імітує забраковане виріб і імітує блок для заміни - в одну заявку. Використовуємо об'єкти `combine`. Виходи об'єкта `selectOutput5` з'єднати з входами `delay`, а вихід кожного з них - з першими входами об'єктів `combine`. З виходів об'єктів `combine` заявки, що імітують вироби для заміни блоків, направляються в чергу очерСБИзд на вході безпосередньо пунктів складання виробів пунктСборки.

Вироби після пунктів збирання поділяються на два потоки. Зібрані первинно вироби з виходу `true` об'єкта `selectOutPut` направляються на стенди контролю, тому цей вихід потрібно з'єднати з портом Собризд.

Виріб з заміненим блоком потрібно направити на стенди контролю. У той же час його потрібно врахувати, як забракований блок і відправити на склад забракованих блоків. Значить, необхідно з однієї заявки зробити дві. Для цього використовуємо об'єкт split. Один вихід цього об'єкта з'єднуємо з портом БракБл, а інший - з портом СобрІзд (Рис.3.10).

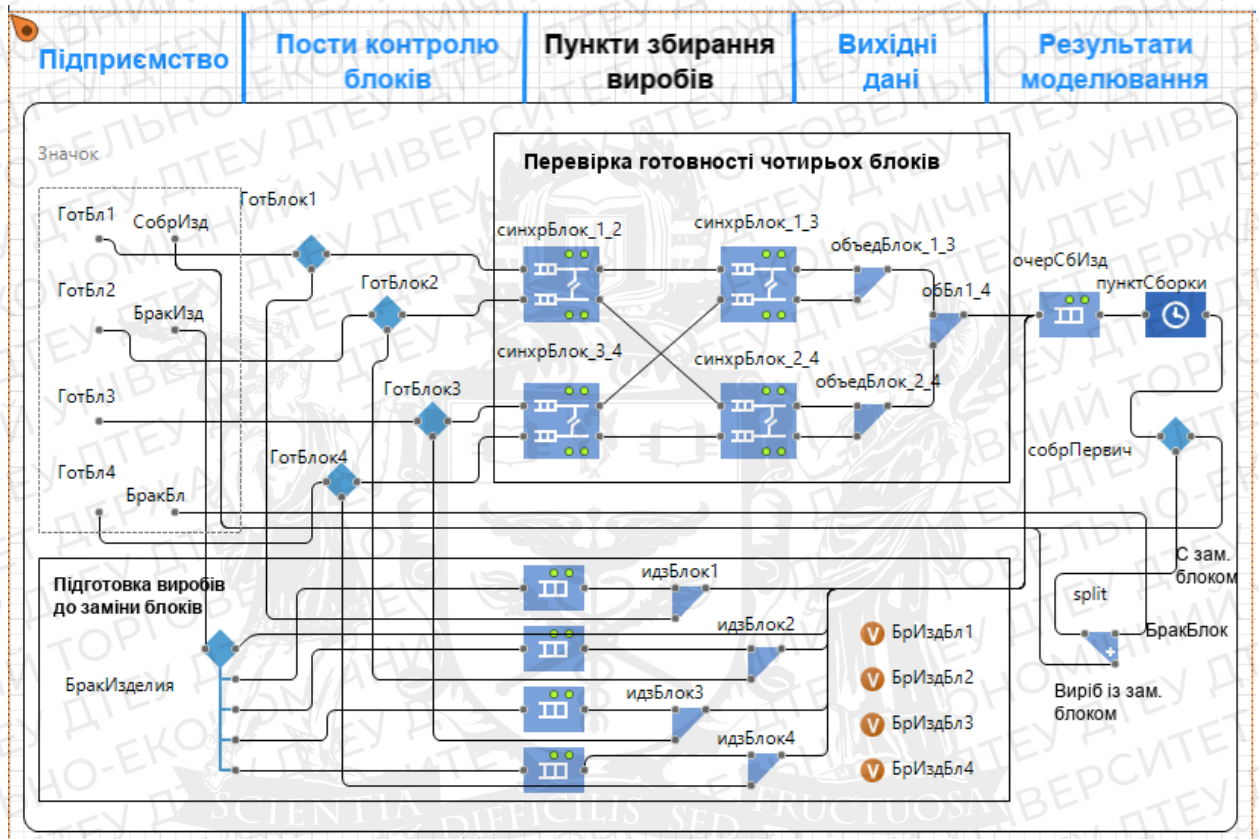


Рис. 3.10 Сегмент імітації роботи пунктів складання виробів.

**Імітація роботи стендів контролю виробів.** Стенди контролю виробів призначені для прийому первинно зібраних виробів і виробів після заміни забракованих блоків, безпосередньо процесу контролю виробів, відправки пройшли контроль виробів на пункти прийому, забракованих виробів - на пункти збирання, а також для прийому забракованих виробів з пунктів прийому виробів.

На стендах контролю виробів, внаслідок нестачі ресурсів, буде створюватися чергу, для імітації якої використаємо об'єкт queue. Для імітації безпосередньо процесу контролю виробів, тобто витрат часу на його проведення, використовуємо об'єкт delay.

За результатами контролю деякі вироби будуть визнані браком. Для відбракування виробів потрібно застосувати об'єкт selectOutput (Рис.3.11).

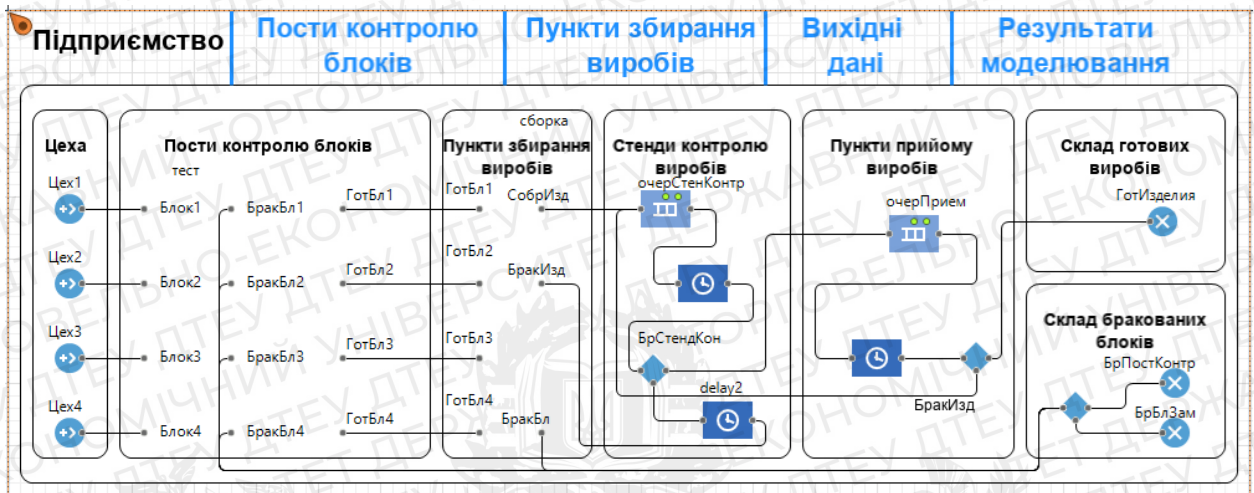


Рис. 3.11 Діаграма агента Main з елементами всіх сегментів.

**Імітація роботи пунктів прийому виробів.** Пункти прийому виробів призначені для прийому минулих стенди контролю виробів, безпосередньо прийому виробів, відправки минулих прийом виробів на склад готових виробів, а забракованих виробів - на стенди контролю.

На пунктах прийому буде створюватися чергу, для імітації якої використовуйте об'єкт queue.

Для імітації безпосередньо процесу прийому виробів використється елемент delay.

За результатами контролю деякі вироби будуть визнані браком. Для відбракування використовуємо об'єктом selectOutput.

### 3.3 Проведення оптимізаційного експерименту

Реалізувавши дану модель, можна зробити висновок, що необхідно збільшити число пунктів збирання для збільшення *виробництва* виробів.

З метою зменшення *витрат* на виробництво виробів доцільно зменшити число ПК1, оскільки вони завантажені приблизно на третину (0,315 ... 0,398) в перших трьох експериментах і на дві третіх (0,598) в останньому четвертому експерименті. Також можна зменшити число ПК4.

Кількість зменшення браку вирішується шляхом навчання персоналу і закупці якісних матеріалів.

Це дозволило скорегувати виробничу програму і фінансову модель. Після коригування виробнича потужність металургійного підприємства збільшилася майже в три рази (Рис.3.12).

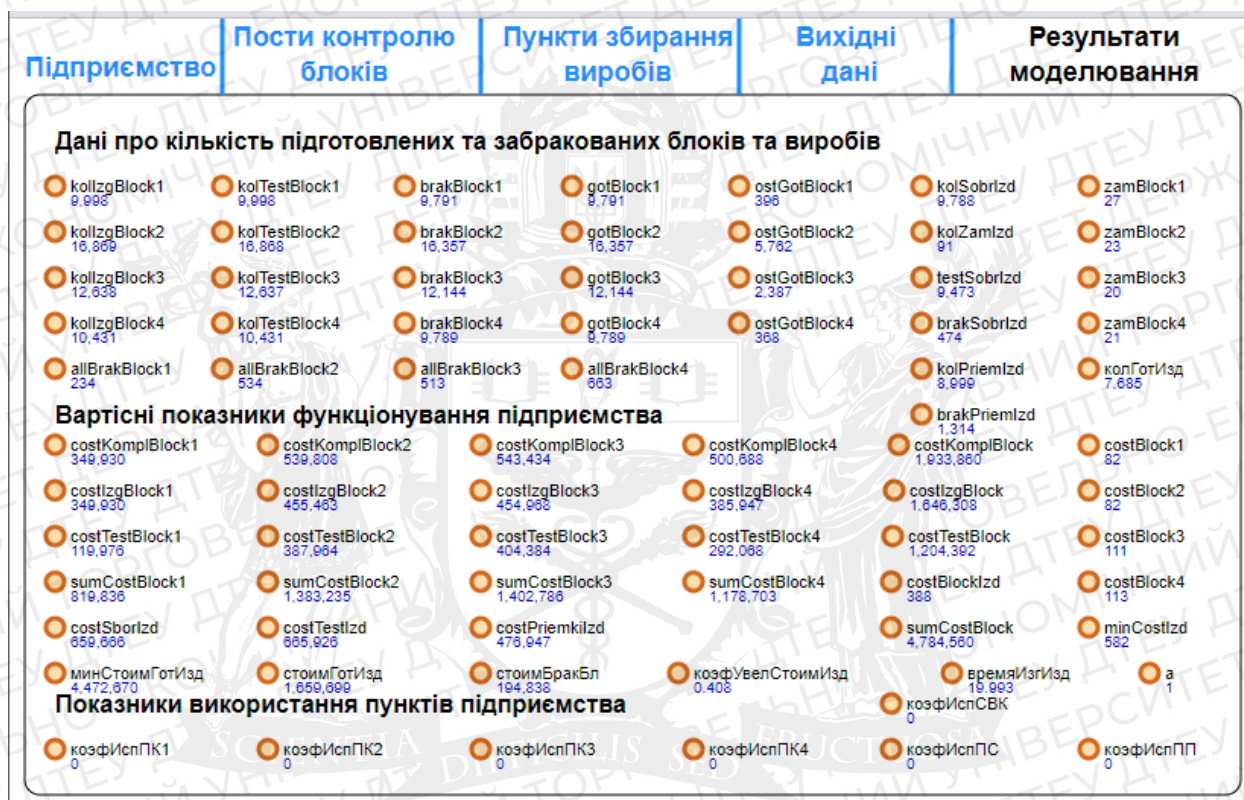


Рис. 3.12 Результат реалізації моделі

В ході роботи була реалізована модель, яка доводить, що саме імітаційне моделювання – найефективніший та найкращий спосіб побудови моделі фірми. Саме за допомогою неї, економляться кошти фірми, оскільки ризик значно знижується після відтворення даної моделі в програмному забезпеченні, а не в реальному житті.

Створення такої імітаційної моделі дозволить нам врегулювати вже існуюче підприємство або створити нове, яке буде працювати ідеально. Реалізувавши можна зробити висновок що імітаційне моделювання має багато переваг:

- висока адекватність між фізичною суттю описуваного процесу і його моделлю;
- можливість описати складну систему на досить високому рівні деталізації;
- значно більше областей дослідження, ніж аналітичне моделювання;
- відсутність обмежень відображення в моделі залежностей між параметрами моделі;
- можливість оцінки функціонування системи не тільки в стаціонарних станах, але і в перехідних режимах (процесах) ;
- одержання значної кількості даних про досліджуваний об'єкт (закон розподілу випадкових величин, числові значення абсолютні та відносні, і багато іншого) ;
- найбільш раціональне ставлення «результат - витрати» по відношенню до аналітичного і фізичного моделювання.

## ВИСНОВКИ

Загалом, стан металургійних підприємств перебуває у занепаді і причому, що варто відмітити, все одно значно впливає на розміри української економіки. Першою причиною цьому слід назвати той факт, що основну діяльність галузі складають саме державні, а не приватні підприємства, а вже звертаючись до економістів Австрійської Школи економіки, можна зробити висновок, що подібна манера управління є досить неефективною, оскільки має низький мотиваційний аспект успіху для її керівників.

По-друге, варто відмітити, що лівова частка металургійних підприємств, як і всіх джерел знаходить на нині окупованій території, що не може відобразитися на успіхах української економіки, проте і не заперечує факт можливого ефективного виробничого процесу. Як наслідок, розуміння того, як має виглядати виробничий процес металургійного підприємства є актуальним в умовах спаду ефективності цієї галузі і її вагоме значення для економіки України.

Варто відмітити, що металургійна галузь має ряд особливостей. Серед них: загальносвітова складна кон'юктурна ситуація, задля подолання якої урядами країн розробляються стратегії і для України не виняток; зменшення долі сировинних чорних металів у виробничих процесах підприємства та наявність чітко проблематичної особливості, яка не в останню чергу і привела до складної кон'юктурної ситуації – брак у виробничому процесі металургійних підприємств, вирішенням якого і зайнялась імітаційна модель.

Серед прийнятих дій для покращення складної ситуації варто виділити наступні: бажання різко зменшити залежність відображення металургійної галузі на економічний розвиток України від імпорту, диференціювання ринків збуту, а також – фокусування у виробничому процесі на появу доданої вартості продукції, для того аби брати не кількості, якої буде завжди недостатньо, а якість.

Окрім загальносвітової складності в кон'юкторному ринку металургійної галузі в цілому, Український ринок металургії має ряд своїх

соовпливих проблематичних аспектів: основна частина ресурсів та суб'єктів галузі – підприємств, - територіально знаходиться на нині окупованих територіях та територіях ведення бойових дій; у металургійній галузі України явно переважають нефективні за своєю природою управління і демонстрації результату державні а не приватні, підприємства, а також – політична заангажованість керівництва металургійних підприємств та вагомий вплив цієї галузі та людей, що нею володіють, на перебіг та крутизну змін економічної політики держави.

Обгрунтовано, що саме з точки зору практичного значення процес побудови імітаційної моделі є найліпшим для вирішення поставленої задачі – побудови виробничого процесу металургійного підприємства з умовою відсіювання бракованих деталей та відправки їх на переробку, що вкотре доводить важливість інформаційних технологій в сучасному вигляді як металургійних підприємств, так і всієї галузі в цілому.

На сьогоднішній день існує безліч програм, що дозволяють створити імітаційні моделі різної складності. Програмне забезпечення Anylogic є інструментом імітаційного моделювання, який підтримує всі підходи до створення імітаційних моделей: процесно-орієнтований, системно-динамічний і агентний, а також будь-яку їх комбінацію.

У дипломі розглянуті теми імітаційного моделювання та його використання у системах масового обслуговування. Більш детально розглянуті питання, пов'язані з використанням програмної та апаратної реалізації: її характеристик, послуг, можливостей.

Викладені також питання побудови моделі у вигляді багаторівневої ієрархічної структури, що включає в загальному випадку рівень взаємодії з чітко визначеним для кожного з них функціональним призначенням. Коротко описані функції діаграми процесів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Моделювання складних систем : посібник / Я. І. Виклюк, Р. М. Камінський, В. В. Пасічник ; за заг. ред. В. В. Пасічника ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів : Новий Світ-2014, 2017. - 403 с. - (Комп'ютинг). - Містить бібліографію.
2. Ідентифікація і моделювання технологічних об'єктів та систем : [навчальний посібник для студентів вищих технічних закладів] / А.В. Букетов, ; Міністерство освіти і науки України, Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль : [Тайп], 2015. - 260 с. : іл. - Містить бібліографію.
3. Моделювання систем : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.П. Мещанінов. - Миколаїв : Видавництво МФ НаУКМА, 2014. - 267 с. - Містить бібліографію.
4. Системний аналіз : підручник / А. В. Катренко ; за наук. ред. В. В. Пасічника ; М-во освіти і науки України. - Львів : Новий світ-2000, 2018. - 395 с. : іл. - (Комп'ютинг). - Містить бібліографію
5. Офіційний сайт розробників системи AnyLogic. Дистрибутиви, приклади моделей, керівництва користувачів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.anylogic.com>.
6. Большаков В. І. Чорна металургія і національна безпека України / В. І. Большаков, Л. Г. Тубольцев. // Вісн. НАН України. – 2014. – С. 48–58.
7. Кулицький С. Проблеми розвитку українського гірничо-металургійного комплексу на сучасному етапі [Електронний ресурс] / С. Кулицький // Україна: події, факти, коментарі. – 2015. – № 15. – С. 41–62. – Режим доступу: <http://nbuviap.gov.ua/images/ukraine/2015/ukr15.pdf>.
8. Чернобровкіна С. В. Сучасний стан та проблеми металургійної та машинобудівної промисловості України /С. В. Чернобровкіна. // Вісник НТУ "ХПІ". – 2015. – С. 62–68.