

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра виробництва приладів

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 004.94

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

В.С. Антонюк

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« 13, 12 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151– Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

на тему: «Дискретно-подійне моделювання процесів складання виробів в
приладобудуванні»

Виконав: студент II курсу, групи ПБ-91мп
(шифр групи)

Сорочинський Денис Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Вислоух С.П.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант стартап-проекту д.е.н., доцент Бояринова К.О.

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент доц., р.т.н. Микшицький В.Т.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент

(підпис)

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

Факультет Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра Виробництва приладів
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Антонюк В.С.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«26» 10 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Сорочинському Денису Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Дискретно-подійне моделювання процесів складання виробів
в приладобудуванні»

науковий керівник дисертації Вислоух Сергій Петрович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «5» 11 2020 р. № 3228-с

2. Термін подання студентом дисертації 3 грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження технологічні процеси складання в приладобудуванні

4. Предмет дослідження методи імітаційного моделювання технологічних процесів складання

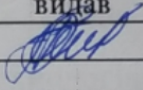
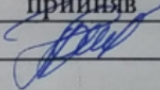
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Виконати аналіз питання стану моделювання технологічних процесів складання та поставити задачі дисертаційних досліджень. Розглянути питання математичного моделювання технологічних процесів складання. Надати методи математичного моделювання технологічних процесів складання та обґрунтувати вибір раціонального методу. Розробити методику практичного застосування системи на прикладах комп'ютерного моделювання технологічного процесу складання редуктора. Створити методику щодо розробки методики створення імітаційних математичних моделей технологічних процесів складання. Розробити стартап-проект реалізації методики імітаційного моделювання технологічних процесів складання в системі Anylogic.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Стан питання математичного моделювання складних систем та технологічних процесів. Мета роботи, об'єкт та предмет

дослідження. Наукова новизна та практична корисність. Математичне моделювання складних систем. Дискретно-подієве моделювання технологічних процесів. Огляд систем комп'ютерного моделювання. Приклад використання системи Anylogic при комп'ютерному моделюванні технологічного процесу складання редуктора. Практичні рекомендації застосування методик математичного та комп'ютерного моделювання при створенні імітаційних моделей технологічних процесів складання в приладобудуванні. Стартап-проект реалізації методик математичного та комп'ютерного моделювання технологічних процесів складання.

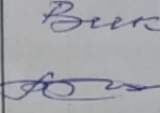
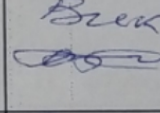
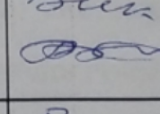
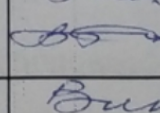
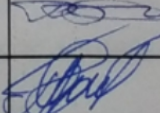
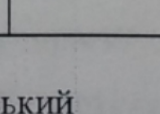
7. Орієнтовний перелік публікацій Статті та тези доповідей за темою магістерської дисертації (надано в Додатку в вигляді Форми 26)

8. Консультанти розділів дисертації*

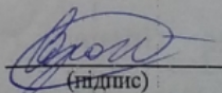
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап-проект	Бояринова К.О., д.е.н., доцент		

9. Дата видачі завдання 1.09.2020 р.

Календарний план

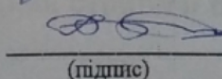
№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Виконати аналіз питання моделювання складних систем та поставити задачі дисертаційних досліджень	15.09.2020 р.	
2	Дослідити основи побудови та моделювання технологічних систем	06.10.2020 р.	
3	Вибрати та дослідити можливості системи моделювання для опису роботи та моделювання технологічних систем	20.10.2020 р.	
4	Розробити методику створення імітаційної моделі технологічного процесу складання	10.11.2020 р.	
5	Виконати практичну апробацію методики комп'ютерного моделювання технологічного процесу складання	24.11.2020 р.	
5	Розробка стартап-проекту реалізації методики імітаційного моделювання технологічних процесів складання	03.12.2020 р.	

Студент


(підпис)

Д.Д. Сорочинський
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації


(підпис)

С.П. Вислоух
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків у вигляді технологічної документації, списку наукових праць та результатів роботи. Основний текст складається зі 120 сторінок, включає в себе 25 таблиць і 92 рисунка.

У вступі обґрунтована актуальність питання, сформовані об'єкт та предмет дослідження, мета роботи, методи дослідження, наукова новизна та практична корисність, основні положення, що винесені на захист. Приведена коротка характеристика роботи.

У першому розділі дисертації представлений огляд стану моделювання технологічних процесів складання, розглянуто поняття технологічного процесу складання та засобів математичного моделювання складних систем. Досліджено особливості дискретно-подієвого моделювання та проведено огляд систем імітаційного моделювання, а також проведена постановка задач дисертаційних досліджень.

У другому розділі наведено особливості побудови та використання технологічних систем, виконано вибір ефективного методу їх опису і моделювання та описано етапи моделювання технологічних процесів.

У третьому розділі детально досліджено систему AnyLogic, її опис, можливості та переваги. Розглянуто опис складних систем засобами системи AnyLogic. Описано моделювання динаміки дискретно-подієвих технологічних процесів за допомогою системи AnyLogic.

У четвертому розділі наведено практичне використання запропонованої системи імітаційного моделювання. Описано етапи створення та шляхи оптимізації імітаційної моделі технологічного процесу складання редуктора, а також надано результати комп'ютерного експерименту та рекомендацій щодо покращення.

У п'ятому розділі менеджменту стартап-проекту проведено опис проекту, технологічний аудит ідеї проекту, аналіз ринкових можливостей запуску стартаппроекту та розроблення ринкової стратегії проекту.

Ключові слова: приладобудування, складна система, технологічний процес складання, імітаційне моделювання, імітаційна модель, система моделювання, система AnyLogic, комп'ютерний експеримент.

ABSTRACT

The master's dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of references and appendices in the form of technological documentation, a list of scientific papers and results. The main text consists of 120 pages, includes 25 tables and 92 figures.

The introduction substantiates the relevance of the issue, formed the object and subject of research, the purpose of the work, research methods, scientific novelty and practical usefulness, the main provisions of the defense. A brief description of the work is given.

The first section of the dissertation presents an overview of the state of modeling of technological processes of assembly, the concept of technological process of assembly and means of mathematical modeling of complex systems is considered. Peculiarities of discrete-event modeling are investigated and the review of simulation systems is reviewed, as well as the statement of dissertation research tasks is carried out.

The second section presents the features of construction and use of technological systems, the choice of an effective method of their description and modeling and describes the stages of modeling of technological processes.

The third section examines in detail the AnyLogic system, its description, features and benefits. The description of complex systems by means of the AnyLogic system is considered. Modeling the dynamics of discrete-event technological processes using the AnyLogic system is described.

The fourth section presents the practical use of the proposed simulation system. The stages of creation and ways to optimize the simulation model of the technological process of assembling the gearbox are described, as well as the results of a computer experiment and recommendations for improvement.

The fifth section of the startup project management describes the project, technological audit of the project idea, analysis of market opportunities to launch a startup project and develop a market strategy for the project.

Keywords: instrument making, complex system, technological process of assembly, simulation modeling, simulation model, modeling system, AnyLogic system, computer experiment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1.1 Загальні відомості про складання. Автоматизація складальних робіт	11
1.2. Моделювання процесів складання	16
1.3. Загальні відомості про імітаційне моделювання	19
1.4. Дискретно-подієве моделювання	22
1.5. Огляд систем імітаційного моделювання	25
1.6. Висновки за результатами аналізу і постановка задачі дисертаційних досліджень.....	30
2.1 Особливості побудови та використання технологічних систем.....	32
2.2. Особливості моделювання технологічних систем	33
2.3. Вибір ефективного методу моделювання технологічних процесів складання.	35
2.4. Процес моделювання технологічних процесів	36
Висновки до розділу	39
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ANYLOGIC ДЛЯ ОПИСУ РОБОТИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ	40
3.1 Система Anylogic. Опис та можливості	40
3.2. Опис складних систем засобами системи AnyLogic	43
3.3. Моделювання динаміки дискретно-подієвих технологічних процесів за допомогою системи AnyLogic	44
Висновки до розділу	47
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ	48
4.1. Імітаційне моделювання роботи виробничої ділянки складального цеху при складанні редуктора.....	48
4.2. Методичні рекомендації зі створення імітаційної моделі технологічного процесу складання та проведення відповідного комп'ютерного експерименту	88
Висновки до розділу	90
5.1 Опис ідеї проекту	92
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	94

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	97
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	106
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	108
Висновки до розділу	113
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ	114
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	133
ДОДАТКИ	138
ДОДАТОК А. Креслення редуктора та технологічний процес його складання.	
ДОДАТОК Б. Технологічна та структурна схеми складання редуктора.	
Специфікація редуктора та планування ділянки цеху.	
ДОДАТОК В. Результати роботи імітаційної моделі.	

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕОМ – електронно обчислювана машина;

АСУ ТП – автоматизовані системи управління технологічними процесами;

ТП – технологічний процес;

ТС – технологічна система;

ІМ – імітаційне моделювання;

ПЗ – програмне забезпечення;

БД – бази даних;

СМ – система моделювання;

ПЛК– програмованих логічних контролерів;

CIM – Computer Integrated Manufacturing;

TIA – Totally Integrated Automation.

ВСТУП

Актуальність роботи. Технологічні процеси складання мають важливе значення у галузі приладобудування. Складання є кінцевим етапом виробничого процесу. Технологічний процес складання є складною послідовністю операцій, точне виконання яких є умовою отримання якісного виробу [1,2]. Такий процес є складним з багатьма факторами, що впливають на нього і вимагають дослідження, автоматизації та оптимізації для покращення процесу складання. Вирішити ці задачі допомагає імітаційне моделювання [2].

Головним завданням імітаційного моделювання виробничих процесів є пошук оптимальних параметрів та режимів процесу, що вже діє, або проектування нових технологічних процесів, які повинні забезпечити досягнення певної мети.

Використовуючи модель процесу, можна уточнювати та визначати ймовірнісні характеристики параметрів, виявляти конкретні зв'язки між ними (наприклад, між рівнем завантаження виробничої дільниці, середнім часом зберігання заготовок і середнім часом, необхідним для виконання технологічної операції та ін.) [1].

Об'єкт дослідження – технологічні процеси складання в приладобудуванні.

Предмет дослідження – методи імітаційного моделювання технологічних процесів складання.

Мета роботи – підвищення ефективності використання технологічних процесів складання на основі розробки методик і алгоритмів імітаційного моделювання засобами системи AnyLogic.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати особливості побудови та використання технологічних процесів складання;
- розглянути стан математичного моделювання технологічних процесів складання в приладобудуванні;
- розглянути методи формалізації та моделювання технологічних процесів складання;

- провести вибір ефективного методу опису та моделювання технологічних процесів складання;
- надати особливості моделювання засобами AnyLogic та особливості її застосування;
- провести опис складних систем засобами системи AnyLogic;
- виконати імітаційне моделювання роботи технологічного процесу складання виробу;
- надати методичні рекомендації, щодо розробки методики створення імітаційних математичних моделей технологічних процесів складання.
- розробити практичні рекомендації з впровадження системи імітаційного моделювання в приладобудівне виробництво;
- виконати впровадження методик, алгоритмів і системи імітаційного моделювання технологічних процесів в навчальний процес.

Методи дослідження – поставлені завдання у дисертаційній роботі вирішувалися з використанням методів технології приладобудування, системного аналізу, а також методів імітаційного моделювання і програмування технологічних процесів складання.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- створено методику імітаційного моделювання технологічних процесів складання з використанням системи AnyLogic;
- створено оптимальну модель технологічного процесу складання виробу «редуктор».

Практична корисність дисертаційної роботи є такою:

- розроблено алгоритм методу імітаційного моделювання з використанням засобів системи AnyLogic;
- визначено завантаженість робочих місць при складання виробу «редуктор» шляхом проведення комп’ютерного експерименту;
- визначено оптимальний розподіл деталей при складанні виробу «редуктор» шляхом проведення комп’ютерного експерименту;

– надано методичні рекомендації використання системи AnyLogic при моделюванні технологічних процесів в приладобудуванні.

Практична апробація. Основні положення та результати роботи доповідалися та обговорювалися на конференціях з публікацією тез доповідей:

– XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна;

– XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна;

– XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 8-9 грудня 2020 року, м. Київ, Україна.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Загальні відомості про складання. Автоматизація складальних робіт

Складання є заключним етапом у виробництві виробів і являє собою великий комплекс слюсарних, складальних, повірочних та фарбувальних робіт [2].

Технологічним процесом складання називають сукупність технологічних операцій з підготовки деталей до складання, установці їх в необхідне взаємно орієнтоване положення і з'єднанню (фіксацію) деталей, вузлів, агрегатів у певній послідовності для отримання готового виробу, який задовольняє встановленим вимогам [2].

Вихідні предмети праці: елементи конструкції складальної одиниці (деталі, вузли, агрегати, болти, шайби, гайки, гвинти, заклепки і т.п.). Кінцевий предмет праці: складальна одиниця, що включає всі вхідні елементи конструкцій, з'єднані відповідно з кресленням [2].

Складальні вироби відрізняються великою різноманітністю службового призначення, забезпечуваним використанням різних фізичних ефектів і явищ - механічних, гідравлічних, аеродинамічних, електромагнітних, електричних, оптичних, електронних і т.п. [2].

Це і визначає різноманітність конструктивно-технологічних властивостей складальних одиниць і входять до них елементів конструкції, які впливають зміст технологічного процесу складання [2].

Складання є важливим засобом отримання різноманітних виробів у приладобудуванні. Галузь приладобудування займається розробкою і створення засобів вимірювань, подання та обробки інформації, зокрема автоматичних і автоматизованих систем управління.

Головним напрямком становлення приладобудування прийнято вважати вимірювальну техніку, що складається із способів і пристроїв вимірювання величин: механічних, електричних, магнітних, теплових, оптичних та ін.

Вимірювальні прилади разом з автоматичними керуючими і з виконавчими приладами утворюють технічну основу автоматичних систем управління технологічними процесами [2].

Враховуючи величезне значення виробництва приладів, технологічні процеси їх складання мають забезпечувати якість виготовлення виробу, можливість оптимізації його виготовлення. Автоматизація та моделювання технологічних процесів складання в приладобудуванні є шляхами оптимізації та покращення виробництва.

Автоматизація виробництва – вищий рівень організації машинного виробництва, процеси одержання, перетворення, передавання, використання матеріалів, енергії та інформації виконуються автоматично та (або) автоматизовано [3].

В автоматизованому виробництві робота устаткування, агрегатів, апаратів, установок відбувається автоматично за заданою програмою. Працівник контролює роботу, відхилення від заданого процесу, налагодження автоматизованого устаткування тощо. В умовах часткової автоматизації працівник не виконує роботи які пов'язані з виконанням технологічних процесів [3].

В умовах комплексно-автоматизованого виробництва технологічний процес виготовлення продукції, управління цим процесом, транспортування виробів, контрольні операції, та ін., виконуються без участі людини, але обслуговування устаткування відбувається ручним способом [3].

Основним елементом автоматизованого виробництва є автоматичні потокові лінії - комплекс, який складається з розміщеного в технологічній послідовності виконання операцій автоматичного устаткування (рис. 1.1). Така система забезпечує автоматизований процес перетворення заготовки на готовий виріб або поєднання складових виробу у готовий виріб. На АПЛ працівник виконує функції : налагодження, контролю і нагляду за роботою устаткування, завантаження потокової лінії заготовками або складовими частинами виробу [3].



Рис. 1.1. Автоматизована складальна лінія

Очевидними перевагами такої лінії можна назвати наступні моменти:

- бездоганна точність повторення потрібних маніпуляцій;
- низький відсоток браку - точність виконання операцій контролюють спеціальні датчики;
- можливість складання деталей практично будь-якого розміру;
- значне зниження собівартості продукції;
- можливість налагодження устаткування для виконання різних операцій;
- мінімізація застосування ручної праці.

Автоматичні комплекси із замкнутим циклом виробництва представляють собою ряд пов'язаних автоматичними транспортними і завантажувально-розвантажувальними пристроями автоматичних ліній [3].

Автоматизовані дільниці (цехи) включають автоматичні потокові лінії, автономні комплекси, автоматичні транспортні системи, автоматичні складські системи, автоматичні, системи контролю якості [3].

Часткова (початкова) автоматизація - автоматизується робота окремих машин і механізмів, таким чином в першу чергу автоматизуються основні технологічні операції.

Комплексна автоматизація - рівень автоматизації виробництва, на якому весь комплекс операцій виробничого процесу, включаючи транспортування і контроль продукції, здійснюється системою автоматичних машин і технологічних агрегатів по заздалегідь заданим програмам і режимам за допомогою різних автоматичних

пристроїв, об'єднаних загальною системою управління. Це може бути єдиний взаємозалежний комплекс, наприклад ділянка, цех або завод.

У сучасних умовах постійного ускладнення технологічних процесів і виробництв, їх автоматизація стає все більш затребуваною. Автоматизовані виробничі системи допомагають збільшити продуктивність праці, значно поліпшити якість продукції, що виготовляється. Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) - цілісний комплекс технічних і програмних засобів, що забезпечує автоматизацію управління технологічним обладнанням на виробництві (рис. 1.2).



Рис. 1.2. АСУ в автоматизованій технологічній системі

АСУ ТП має ієрархічну структуру, що складається найчастіше з трьох рівнів:

- нижнього (польового): контрольно-вимірювальні прилади і виконавчі механізми;
- середнього: контролери і пристрої зв'язку;
- верхнього: сервери і операторські станції.

Польовий рівень АСУ ТП забезпечує збір даних про стан обладнання та параметри технологічного процесу, виконує дії, що управляють. Основними технічними засобами польового рівня є датчики (датчики тиску, температури, сили, прискорення, руху та ін.); перетворювачі тиску, температури; станції розподіленого вводу / виводу; вимикачі, пускачі; перетворювачі частоти; виконавчі пристрої [3].

На середньому рівні АСУ ТП за допомогою програмованих логічних контролерів (ПЛК) вирішуються завдання управління і регулювання. ПЛК - це промисловий контролер, який виконує логічні операції. Контролер фіксує інформацію датчиків, обробляє її за заданим алгоритмом і передає сигнали управління на виконавчі механізми. На верхньому рівні оператор в складі напівавтоматичного диспетчерського вузла тільки контролює процес і при необхідності коректує програмування промислових контролерів, змінюючи алгоритм. АСУ ТП керують потоковими лініями, автоматизованими комплексами та дільницями, та системами виробництва, що входять до них [3].

Повна автоматизація - це найвищий ступінь автоматизації, яка передбачає передачу функцій управління і контролю автоматизованим виробництвом автоматичним системам управління [3].

Широко використовуються комп'ютерно інтегровані автоматизовані системи (CIM-Computer Integrated Manufacturing), (TIA- Totally Integrated Automation), що дозволяють уніфікувати отримання, передачу, використання інформації про виробництво на всіх рівнях з метою отримання максимальних ефективності виробництва.

Створюються автоматичні ділянки, цехи, заводи з широким використанням мікропроцесорної техніки і комп'ютерів, які об'єднані інформаційними мережами.

Саме мікропроцесорна техніка і комп'ютери виступають інструментами для моделювання виробництва та оцінки його функціонування.

1.2. Моделювання процесів складання

Моделювання – заміщення одного об'єкту іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єкту-оригіналу за допомогою об'єкту-моделі [4]. Таким чином, можна вважати, що моделювання – це побудова (або вибір з що вже існують) моделі, її вивчення і використання з метою отримання нових знань про досліджуваний об'єкт.

Створюючи модель об'єкту, дослідник пізнає об'єкт, тобто виділяє його з навколишнього середовища і будує його формальний опис. Основні цілі моделювання:

- опис об'єкту;
- пояснення об'єкту;
- прогнозування поведінки і властивостей об'єкту.

Меті опису і пояснення об'єкту можна об'єднати в одну – вивчення об'єкту (пізнавальна мета). Модель потрібна для того, щоб зрозуміти, як влаштований конкретний досліджуваний об'єкт, які його структура, внутрішні зв'язки, основні властивості, закони розвитку, саморозвитку і взаємодії з навколишнім середовищем [4].

Ще одна мета (прогнозування поведінки і властивостей об'єкту) є частиною стратегічної мети – управляти об'єктом, визначаючи по моделі оптимальні дії, що управляють, при заданих цілях і критеріях. Модель потрібна і для того, щоб прогнозувати наслідки різних дій на об'єкт.

У роботах по моделюванню технічних систем, зокрема технологічних процесів складання використовують матеріальне моделювання, яке називають реальним . Видами реального моделювання технічних систем і процесів є натурне і

фізичне моделювання. До натурального моделювання відносять науковий експеримент, комплексні випробування, виробничий експеримент.

До фізичного моделювання – моделювання в реальному масштабі часу, моделювання в нереальному (зміненому) масштабі часу. При реальному моделюванні дослідження можуть виконуватися на самому об'єкті, на його частині або на його моделі.

Залежно від методу реалізації моделі виділяють аналітичні і алгоритмічні математичні моделі. Метод є аналітичним, якщо він дозволяє отримати вихідні чинники у вигляді аналітичних виразів. Аналітичні методи бувають алгеброю і наближеними. У алгоритмічних моделях математичні співвідношення для об'єкту дослідження замінюються алгоритмом. Алгоритмічні моделі бувають чисельними і імітаційними.

На сьогоднішній день багато аналітичних моделі (зокрема, моделі математичного програмування) мають обмежене застосування на практиці.

У тому випадку, коли аналітичні моделі неможливо застосовувати, аналітики застосовують імітаційні моделі.

Імітаційні моделі вважаються одними з найбільш перспективних при вирішенні задач управління економічними об'єктами. В загальному випадку, для складних проблем, де час і динаміка важливі, імітаційне моделі вважаються одним з найпопулярніших і корисних методів кількісного аналізу [4]:

1. Аналітичні моделі часто важкі для формалізації і побудови, а іноді їх взагалі неможливо побудувати. Будь-яка аналітична модель має свої «ускладнюють» чинники, які залежать від специфіки даної моделі.

2. Аналітичні моделі зазвичай дають середньостатистичні або стаціонарні (довготривалі) рішення. На практиці часто важливо саме нестаціонарне поведінку системи або її характеристики на короткому часовому інтервалі, що не дає можливості отримати «середні» значення.

3. Для імітаційного моделювання можна використовувати широке коло програмного забезпечення спеціально розроблених для створення імітаційних

моделей. Порівняння характеристик аналітичних та імітаційних моделей наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Порівняння аналітичних та імітаційних моделей

Характеристика	Аналітичні моделі	Імітаційні моделі
Види моделей по відношенню до часу	Динамічні та статичні	Динамічні
Форма запису моделі	Рівняння чи система рівнянь	Алгоритм(процедура)
Формалізація та побудова моделі	Складна	Більш прості
Значення змінних	Вихід системи	Вхід системи
Засіб вирішення моделі	Алгоритм оптимізації	Експериментальний аналіз за допомогою ПК
Кількість випробувань для рішення	Одне	Багато
Рішення	Точні значення	Можливі характеристики
Знаходження оптимальної будови	Гарантовано	Можливо
Спеціалізоване ПЗ	Не багато	Багато
Рішення складних систем	Складно	Можливо
Використання на практиці	Обмежено	Не обмежено
Ступінь близькості	Дуже спрощена	Максимально наближена до об'єкту
Клас об'єктів	Звужений	Розширений

Більшість наукових досліджень пов'язана з експериментом – фізичним, психологічним або модельним. Останнім часом разом з фізичними моделями все більше використовуються комп'ютерні, на яких можна проводити імітаційні експерименти і отримувати нові відомості про об'єкт [4].

Раніше вважалося, що досвід повинен бути чистим, тобто всі сторонні впливи виключені. Об'єкт розглядали ізольовано від інших, без зворотних зв'язків і складних взаємодій. З ускладненням об'єкту дослідження з'явилася потреба в оптимізації експериментальних досліджень. Експеримент сам став об'єктом дослідження, і об'єктом дуже складним. Саме імітаційне моделювання дає змогу провести експеримент, в основі якого розташовується модель – технологічний процес складання виробу [4].

1.3. Загальні відомості про імітаційне моделювання

Машинна імітація в усьому світі набула значного поширення при дослідженні складних систем завдяки важливим перевагам, що їх дістають користувачі цього методу [5]:

- Вдається відповісти на багато запитань, що постають на ранніх стадіях задуму і попереднього проектування систем, уникнувши застосування методу спроб і помилок, пов'язаного із значними витратами.

- Метод дає змогу досліджувати особливості функціонування системи за будь-яких умов, зокрема й тих, які не реалізовані в натурних експериментах. При цьому параметри системи і навколишнього середовища можна варіювати у надзвичайно широких межах, відтворюючи довільну обстановку.

- Стає можливим прогнозувати поведінку системи в близькому та віддаленому майбутньому, екстраполюючи на моделі результати промислових випробувань. У такому разі дані, здобуті раніше, поповнюються завдяки застосуванню статистичного підходу.

- Імітаційні моделі технічних і технологічних процесів(зокрема складальних операцій) та пристроїв дають змогу в багато разів скоротити час їх випробування.

- За допомогою методу машинної імітації можна штучним шляхом швидко й у великому обсязі дістати потрібну інформацію, що відбиває хід реальних

процесів, уникнувши дорогих, а часто й неможливих натурних випробувань цих процесів.

— Імітаційна модель є надзвичайно гнучким пізнавальним інструментом, здатним відтворювати довільні як реальні, так і гіпотетичні ситуації.

— Імітаційне моделювання на ЕОМ часто буває єдиним реальним способом розв'язання таких задач.

Тому оцінювання адекватності моделі — обов'язковий етап моделювання, який сам по собі може бути великою і складною задачею. Перевірку достовірності моделі називають її верифікацією.

Ознаки адекватної імітаційної моделі такі [5]:

— Адекватна імітаційна модель математично і логічно з певною мірою наближення відображає досліджувану систему.

— Логічні елементи моделі відповідають операціям, що виконуються у реальній дійсності, а математичний опис визначає функції, що реалізуються в реальній системі.

— Ймовірнісні оператори адекватної імітаційної моделі відображають випадковий характер подій реальної системи.

Оцінювання адекватності моделі передбачає оцінювання адекватності принципової структури моделі та оцінювання достовірності її реалізації.

Верифікувати імітаційну модель реальної системи дуже складно [5].

Зробити це можна з допомогою або спеціально підібраних конкретних прикладів, які не обов'язково мають містити реальну інформацію, або реальних задач, для яких відомі розв'язки, здобуті іншими способами [5].

Проведення експериментів з використанням моделі позбавляє від необхідності проведення експериментів в реальному житті і не заважає роботі виробництва (рис. 1.4).

Типовий експеримент імітаційної моделі включає в себе наступні етапи [3]:

- створення абстрактної моделі;
- реалізація моделі з використанням обраного програмного продукту.
- аналіз створеної моделі;

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

Засоби автоматизації побудови комп'ютерних моделей умовно можна поділити на системи аналітичного, технічного та імітаційного моделювання, і окремо можна виділити системи побудови графічних моделей.

ІМ включає в себе декілька видів: системна динаміка, агентне моделювання та дискретно-подієве моделювання (рис.1.3).



Рис. 1.3. Види імітаційного моделювання

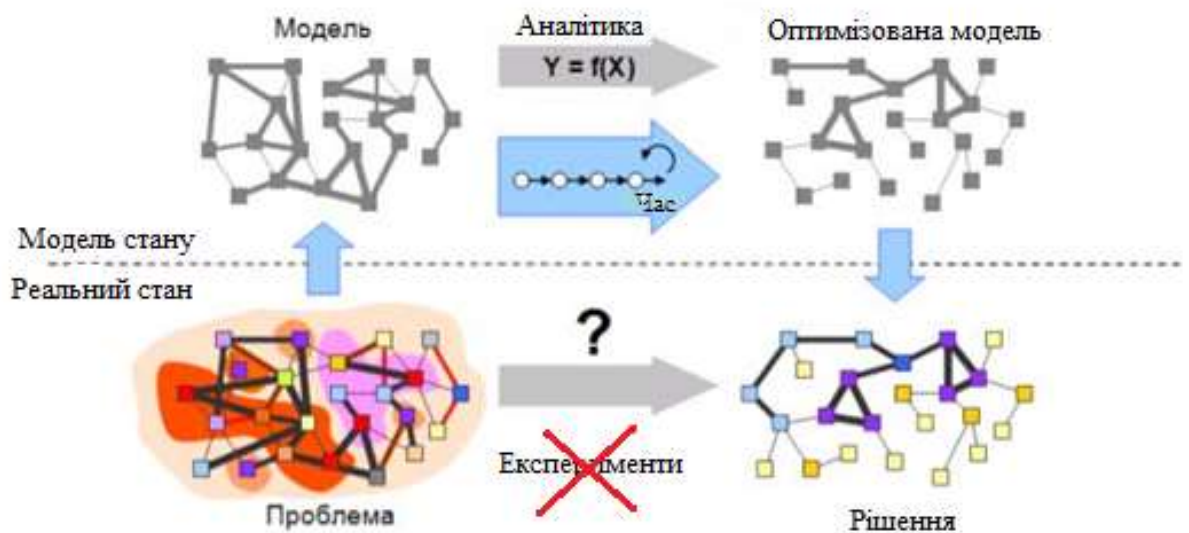


Рис. 1.4. Принцип роботи моделювання

1.4. Дискретно-подієве моделювання

Дискретно-подієвий метод використовується, коли систему можна достовірно представити у вигляді послідовності операцій. Однак не завжди легко зрозуміти, який із трьох методів моделювання більше підходить в конкретній ситуації [7].

Наприклад, якщо простіше описати індивідуальну поведінку кожного об'єкта, ніж проектувати загальний робочий процес, кращий варіант - агентне моделювання.

Якщо необхідні загальні оцінки явищ, а не взаємодії окремих об'єктів, зручніше буде описати систему за допомогою системної динаміки [8].

Крім змінних, що визначають стан системи, і логіки, яка визначає, що відбудеться у відповідь на якусь подію, система дискретно-подієвого моделювання містить наступні компоненти [8]:

- Годинники-основний елемент системи, що синхронізує її зміни, тобто виникнення подій;
- Список подій;
- Генератори випадкових чисел;
- Статистика.

СМ підтримує принаймні один список подій моделювання. Однопотоківі системи моделювання, засновані на миттєвих подіях, мають тільки одну поточну подію. У той час як багатопотокові системи моделювання, що підтримують інтервальні події, можуть мати кілька поточних подій. В обох випадках є серйозні проблеми з синхронізацією між поточними подіями.

Необхідність в багатопідходному моделюванні виникає в таких випадках [9]:

1. Моделювана система складається з різних по суті об'єктів, моделювання яких вимагає використання різних підходів. Наприклад, якщо взяти приклад з виробництвом і ринком, зрозуміло, що якщо моделювати ці об'єкти окремо, то можна обійтися тільки одним підходом, але так як ці об'єкти впливають один на одного і це взаємний вплив необхідно враховувати, то комбінування підходів є єдиним виходом в даному випадку.

2. В межах однієї моделі необхідно варіювати рівень абстракції. Наприклад, моделювання динаміки населення країни, з детальним моделюванням одного з регіонів з урахуванням етнічних груп, сімей, рівня освіти і т.д. Глобальну динаміку можна тут можна моделювати, використовуючи системно-динамічний підхід, але, щоб «опуститися» до рівня сімей, соціального середовища, кліматичних умов, потрібно використовувати агентне моделювання.

3. Різні частини моделі простіше описувати, використовуючи різні підходи. Наприклад, в разі моделювання ринку, можна описати середовище, де «живуть» клієнти, за допомогою системної динаміки, а самих клієнтів - за допомогою агентного моделювання.

Дискретно-подієві моделі діляться на детерміновані і стохастичні, в залежності від того, яким чином генеруються події і основні характеристики черг: час настання подій, тривалість обслуговування, кількість клієнтів, що надходять в чергу в одиницю часу.

Стохастичні дискретно-подієві моделі відрізняються від моделей Монте-Карло наявністю годинників [10].

Основні дані, які збираються в системах дискретно-подієвого моделювання [10]:

- Середня зайнятість (доступність) ресурсів;
- Середня кількість клієнтів в черзі;
- Середній час очікування в черзі;
- Умова завершення;

Умовою завершення можуть виступати [10]:

- Виникнення заданого події (наприклад, досягнення 10-хвилинного часу очікування в черзі);
- Проходження заданого числа циклів по годинах системи моделювання.

Системи дискретно-подієвого моделювання - це, частіше за все, проблемно-орієнтовані мови програмування або бібліотеки для високорівневих мов [10].

Для моделювання в рамках системної динаміки існує всього чотири інструменти, тоді як дискретно-подієвого моделювання підтримуючиється десятками різних інструментів. Існує безліч «діалектів» дискретно-подієвого моделювання, створених під конкретні завдання [10].

Існує область додатків дискретно-подієвого моделювання, в якій єдина парадигма дозволяє застосувати фактично одну і ту ж методологію до вирішення безлічі важливих практичних проблем [10].

Проаналізувавши можливості імітаційного моделювання, можна зробити висновок, що доцільно використовувати дискретно-подієвий метод моделювання для «машинної імітації» технологічних процесів.

Технологічний процес складання – складний процес, після виконання якого отримують готовий виріб, що складається із деталей та складальних одиниць. Можливості імітаційного моделювання дозволяють проводити «машинне моделювання» виробничих процесів, зокрема технологічних процесів складання.

Оскільки дискретно-подієве моделювання охоплює всі виробничі системи, воно дає можливість за допомогою спеціальних систем реалізувати «машинну імітацію» технологічного процесу складання.

1.5. Огляд систем імітаційного моделювання

Система імітаційного моделювання Arena надає користувачеві зручний графічний інтерфейс з набором шаблонів, що моделюють конструкції [11].

Система імітаційного моделювання Plant Simulation входить до складу продуктової лінійки Tecnomatix Plant Design & Optimization (додаток для проектування і оптимізації підприємств), поставки та підтримка прийняття рішень якої з 2007 року здійснюється компанією Siemens PLM Software. Система призначена для створення і дослідження в візуальному середовищі цифрових динамічних моделей різних за рівнем складності виробничих і логістичних систем з метою оцінки їх характеристик і оптимізації функціонування [12].

GPSS World – середовище комп'ютерного моделювання загального призначення, що дозволяє описати модель на мові GPSS, подати на вхід характеристики системи, а на виході отримати статистику за підсумками експериментів. GPSS World є дуже гнучким інструментом, підстроюваним під будь-яке завдання завдяки роботі безпосередньо з програмним кодом. Система також має багатий функціонал для побудови звітів і виведення статистичних даних [11].

Extend – це графічне середовище моделювання, де різноманітні конфігурації систем можуть бути представлені у вигляді блоків, настройка і створення яких здійснюються з використанням внутрішньої мови ModL. Розробниками системи реалізовані механізми успадкування і можливість створення ієрархії в моделі. Пакет поставляється компанією Imagine That, Inc [11].

Simulink – графічне середовище імітаційного моделювання, що дозволяє за допомогою блок-діаграм у вигляді безперервних графів будувати моделі дискретних і безперервних систем. Програма має розширену бібліотеку стандартних блоків і багатий функціонал для проведення імітаційних експериментів. Головною особливістю цієї системи є її інтегрованість в середу Matlab, яка надає користувачеві практично необмежені можливості по обробці вхідних і вихідних даних моделі [13].

Пакет Process Chapter включає засіб для «інтелектуального» побудови блок-схем. Він орієнтований в основному на дискретне моделювання. Даний пакет розроблений компанією Scitor, США.

Перевагами пакета Process Chapter є:

- зручний і простий у використанні механізм побудови моделей;
- досить низька вартість;
- добре пристосований для вирішення завдань розподілу ресурсів.

Є і недоліки, такі як [14]:

- невелика кількість можливостей.
- слабка підтримка моделювання безперервних компонентів;
- обмежень набір засобів для аналізу чутливості та побудови діаграм.

Пакет Powersim (Powersim Co.) є хорошим засобом для створення безперервних моделей. Використовує систему позначень, прийняту в системної динаміки для створення поточкових діаграм.

Можна виділити такі переваги, як [14]:

- множина вбудованих функцій;
- багатокористувацький режим для колективної роботи з моделлю;
- підтримує технології Dynamic Data Exchange (DDE) і Object Linking and Embedding (OLE);
- засоби обробки моделей для спрощення створення моделей з подібними компонентами.

Існує один недолік - обмежена підтримка дискретного моделювання [14].

Пакет Ithink підтримує створення як дискретних, так і безперервних моделей. Даний пакет, також як Powersim, використовує позначення системної динаміки. Ithink розроблений фірмою High Performance System, Inc. для управління фінансовими потоками, реінжинірингу підприємств, банків, інвестиційних компаній і т. д.

Переваги пакета Ithink [14]:

- вбудовані блоки для полегшення створення різних видів моделей;

- підтримка авторського моделювання слабо підготовленими користувачами;

- розвиток кошти аналізу чутливості;
- докладний навчальна програма;
- підтримка різних форматів вхідних даних.

Недолік пакета Ithink [14]:

- підтримує меншу кількість функцій, ніж Powersim.

Пакет Extend створений для аналізу бізнес-процесів і стратегічного планування, підтримує дискретне і безперервне моделювання, розроблений компанією Imagine That, Inc.

Можна виділити такі переваги [14]:

- інтуїтивний зрозуміле середовище побудови моделей за допомогою блоків;
- безліч вбудованих блоків і функцій для полегшення створення моделей;
- гнучкі кошти аналізу чутливості;
- засоби створення вбудованих функцій за допомогою вбудованої мови.

Також присутні недоліки:

- використовується в повному обсязі тільки на комп'ютерах типу Macintosh;
- висока вартість.

Пакет Pilgrim підтримує дискретно-безперервне моделювання.

Даний пакет має можливості для моделювання тимчасової, просторової і фінансової динаміки імітованих об'єктів.

Можна виділити такі переваги [14]:

- властивість колективного управління процесом моделювання;
- невисока вартість;
- наявність інтерфейсів з базами даних;
- створення користувальницьких блоків за допомогою C ++.

Недоліками є [14]:

- складна система позначень;
- необхідно знати мову програмування C ++.

Пакет Vensim призначений для побудови системно-динамічних моделей, також як Powersim і Ithink; підтримує безперервне моделювання, розроблений фірмою Ventana Systems.

Переваги пакета Vensim [14]:

- засоби оптимізації та статистики;
- можливість створювати підключаються до інших програм DLL-бібліотеки;
- простий графічний інтерфейс, націлений на професіоналів;
- розширена бібліотека функцій.

Недоліки [14]:

- немає можливості конвертації даних;
- невелике кількість вбудованих математичних функцій.

Таблиця 1.2. Порівняльна характеристика можливостей систем моделювання

Назва системи	Види операц. систем	Види мов програмування	Інструменти для розробки
Scilab	Microsoft Windows, Linux, MacOS	C, Java, C++	1) 2D і 3D графіки, анімація 2) Лінійна алгебра, розріджені матриці 3) Поліноміальні і раціональні функції 4) Інтерполяція, апроксимація 5) Симуляція: рішення ОДУ і ДУ 6) Scicos: гібрид системи моделювання динамічних систем і симуляції 7) Диференціальні та не диференціальні оптимізації 8) Обробка сигналів 9) Паралельна робота 10) Статистика 11) Робота з комп'ютерною алгеброю
Maxima	Microsoft Windows, Linux, MacOS, Android	Common Lisp	1) Лінійна алгебра, розріджені матриці 2) Поліноміальні і раціональні функції 3) Диференціальні та не диференціальні оптимізації 4) Рішення діофантових рівнянь 5) Булева алгебра 6) Теорія графів 7) Робота з комп'ютерною алгеброю
AnyLogic	Microsoft Windows, Linux, MacOS	Java	1) Виробництво 2) Логістика і ланцюжки поставок 3) Ринок і конкуренція 4) Бізнес-процеси і сфера обслуговування 5) Охорона здоров'я та фармацевтика 6) Управління активами і проектами 7) Телекомунікації та інформаційні системи 8) Соціальні та екологічні системи

Програмний продукт AnyLogic має можливість створювати моделі за допомогою всіх трьох сучасних підходів: дискретно-подієвого, агентного та системної динаміки [13]. Оскільки технологічний процес складання є складним процесом та описується за допомогою дискретно-подієвого моделювання для його «машинного моделювання» буде використана СМ AnyLogic , що володіє необхідним набором інструментів для реалізації моделі.

1.6. Висновки за результатами аналізу і постановка задачі дисертаційних досліджень

1. Виконаний аналіз стану моделювання систем моделювання в приладобудуванні, що представлений в різноманітних джерелах, дозволив встановити основні напрямки оптимізації функціонування технологічних процесів складання, де засобом є імітаційне моделювання з використанням спеціальних систем.

2. Аналіз засобів та систем математичного моделювання технологічних процесів показав, що на інформаційному ринку сьогодні доступна множина програмних засобів, які застосовуються у різних галузях. Перевагою даних систем моделювання є їх гнучкість і можливість застосовувати в приладобудуванні.

3. Серед таких систем, що доцільно використовувати як засіб імітаційного моделювання в приладобудуванні: AnyLogic, Arena, GPSS, Plant Simulation, Simulink.

На основі наведених висновків аналізу роботи виробничих систем в приладобудуванні поставлено наступні задачі дисертаційних досліджень:

- провести вибір ефективного методу моделювання технологічних процесів;
- надати особливості вибраного методу моделювання;
- надати особливості вибраної системи AnyLogic та особливості її застосування;
- провести опис складної системи засобами системи AnyLogic;

- виконати математичну модель імітаційного моделювання роботи виробничої дільниці складального цеху;
- виконати імітаційну модель роботи виробничої дільниці складального цеху;
- надати методичні рекомендації, щодо розробки методики створення імітаційних математичних моделей технологічних процесів складання;
- розробити стартап-проект реалізації методики імітаційного моделювання технологічних процесів складання.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ПОБУДОВИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Особливості побудови та використання технологічних систем

Технологічна система, як правило, складається із великої кількості елементів, пов'язаних між собою і оточуючим середовищем і діючих як єдине ціле. Наприклад, верстати, апарати, механізми, агрегати зв'язані між собою транспортними потоками сировини, матеріалів, енергії і т.д. Структура системи залежить від ступеня її складності, ієрархічного рівня, рівня амортизації, спеціалізації і типу технологічних зв'язків. Всі системи розділяються на малі й великі. Малі, як правило, обмежені типовим технологічним процесом [15].

Технологічна система містить [15]:

- чотири ієрархічні рівні технологічних систем: технологічний процес, виробничий підрозділ, підприємство, галузь промисловості;
- три рівні автоматизації: механізовані системи, автоматизовані і автоматичні;
- три рівні спеціалізації: спеціальна технологічна система, тобто система призначена для виготовлення чи ремонту виробу одного найменування і типорозміру; спеціалізована, тобто призначена для виготовлення чи ремонту групи виробів; універсальна система, яка забезпечує виготовлення виробів з різними конструктивними і технологічними ознаками.

Технологічні процеси високоавтоматизованих дискретних виробництв (складальний цех) і безперервні виробництва (виробництво азотних добрив, хімічна переробка нафти, виробництво електроенергії) сходні по своїм закономірностям і виділяються у самостійну групу. Всі елементи високоавтоматизованих і безперервних технологічних процесів жорстко зв'язані один з одним і характеризуються обмеженою участю людини в їх функціонуванні [15].

Технологічна система як технічний об'єкт вивчення має два аспекти опису: функціональний, що являє собою, по суті, опис процесу, який цією

технологічною системою реалізується, і технічний, який включає опис технічних засобів та зв'язків між ними. Опис технічних засобів для виготовлення виробу визначає поняття технологічного комплексу— сукупність функціонально взаємозв'язаних засобів технічного спорядження для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів та операцій. Процеси, які реалізують більшість технологічних систем, можуть бути розділені залежно від їх складності на: виробничий процес, технологічний процес і технологічну операцію [16].

Дискретні процеси характерні тим, що об'єкт обробки подають на вхід і забирають з виходу окремими порціями, найчастіше поштучно. Вони являють собою циклічну послідовність повторюваних операцій, що мають початок і кінець. У дискретних технологічних системах технологічний процес повторюється багаторазово, окремо для кожного виробу. Дискретно-подієвий процес виражає собою модель технологічного процесу складання виробу [17].

2.2. Особливості моделювання технологічних систем

Математичне моделювання технологічних систем ґрунтується на тому, що реальні процеси, що відбуваються в них під час функціонування, діляться на елементарні дії або операції, які просто описуються математичними залежностями, що встановлюють зв'язок між вхідними та вихідними впливами [18].

Повна схема моделювання включатиме такі етапи [18]:

- схематизація реальних процесів, що відбуваються в технологічній системі, визначення їх структури і складу елементарних операцій;
- теоретичний аналіз цих елементарних операцій та побудова моделі процесу, в результаті якого знаходять залежності між вхідними та вихідними величинами;
- експериментальна перевірка отриманих залежностей.

Через складність процесів функціонування реальних технологічних систем можна будувати математичні моделі, які описують лише їх основні характеристики.

При математичному описі елементів технологічної системи становлять інтерес ті їх властивості, які безпосередньо впливають на властивості усієї технологічної системи. На всіх етапах моделювання (виділення простих елементів, визначення їх взаємних зв'язків) математичний опис об'єкта спрощують шляхом прийняття певних допущень [18].

Процес функціонування технологічної системи складається з елементів двох видів: технологічних і транспортних операцій.

Оскільки як технологічні, так і транспортні операції реалізують технічні засоби, то вони розглядаються як технічні функції, показники яких можна дослідити на функціональну точність.

Тоді для опису транспортно-технологічної схеми виготовлення виробу досить використати технічні функції двох типів: робочу, або технологічну функцію, яка забезпечує створення певних ознак виробу; транспортну функцію, яка забезпечує міжпозиційне переміщення виробу чи його частин [18].

Працездатний стан технологічної системи визначається як її здатність забезпечувати довготривалий випуск виробів необхідної якості із заданими продуктивністю та вартісними обмеженнями.

За нормативними документами такий стан технологічної системи визначається як такий, при якому параметри та (або) показники якості продукції, продуктивності, матеріальних і вартісних витрат на виготовлення продукції відповідають вимогам, встановленим у нормативно-технічній та (або) конструкторській і технологічній документації.

Непрацездатний стан технологічної системи настає, коли значення хоча б одного з параметрів не відповідає вимогам, тобто розрізняються: непрацездатний стан за параметрами продукції; непрацездатний стан за продуктивністю; непрацездатний стан за витратами [17].

2.3. Вибір ефективного методу моделювання технологічних процесів складання

Існують такі методи моделювання: аналітичне моделювання, математичне моделювання, імітаційне моделювання (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Методи моделювання

Моделювання аналітичне, якщо представлення залежності F вихідних змінних Y від вхідних її змінних X має аналітичний вигляд, тобто представлений у вигляді відомих аналітичних функцій. Аналітичні функції диференційовані безліч разів і тому до них можуть застосовуватись методи математичного аналізу [19].

Усі задачі математичного програмування мають досить простий аналітичний опис, але розв'язок задачі може бути знайдений тільки в результаті виконання певної кількості кроків. Іншими словами відомий алгоритм пошуку точного розв'язку задачі, але сам розв'язок не може бути записаний в аналітичній формі [19].

Такий метод моделювання називають математичним моделюванням. Зауважимо, що алгоритм F пошуку точного розв'язку задачі може бути реалізований дослідником самостійно, за допомогою спеціального програмного забезпечення або за допомогою чисельних методів. Існують системи, опис яких не піддається опису аналітичними функціями, але процес функціонування їх може бути описаний алгоритмом імітації [19].

Під імітацією розуміють відтворення за допомогою комп'ютерної програми процесу функціонування складної системи в часі. У результаті багатократних прогонів імітаційної моделі дослідник отримує інформацію про властивості реальної системи [19].

Такий метод моделювання називають імітаційним моделюванням. Саме імітаційне моделювання, в даному випадку – дискретно подійне моделювання буде застосоване для опису технологічної системи – технологічного процесу складання.

2.4. Процес моделювання технологічних процесів

Процес моделювання складається з кількох етапів (рис.2.2). На першому етапі дослідник визначає мету та задачу моделювання. На другому етапі, виходячи з мети та задачі моделювання, дослідник приступає до вербального опису системи [19].

Отже, обравши теоретичну базу моделювання, дослідник має описати систему(в даному випадку – технологічний процес складання), що розглядається, обраними елементами формального опису і визначити для них усі необхідні параметри. Формальне представлення системи має вигляд схеми, в якій указані зв'язки між елементами системи та зв'язки із зовнішнім середовищем і указані параметри елементів системи [19].

На третьому етапі дослідник приступає до створення моделі. Спочатку виконується реалізація моделі за допомогою обраного програмного забезпечення. Потім виконується верифікація моделі, тобто перевірка алгоритму моделювання на відповідність задуму моделювання. Якщо реакція моделі відповідає логіці її функціонування, то модель вважається правильною [19].

Завершується створення моделі перевіркою адекватності моделі, що полягає у порівнянні значень вихідних змінних об'єкта, що моделюється, і моделі при однакових значеннях вхідних змінних. Перевірку можна здійснити тільки, якщо відомі деякі значення вхідних і вихідних змінних досліджуваного об'єкта [19].

Четвертий етап – це дослідження моделі. Результати моделювання стають корисними, якщо проведене змістовне дослідження моделі відповідно до цілі

моделювання. Експерименти, що проводяться з моделлю, мають бути спочатку сплановані, потім – проведені, і наприкінці – статистично оброблені [19].

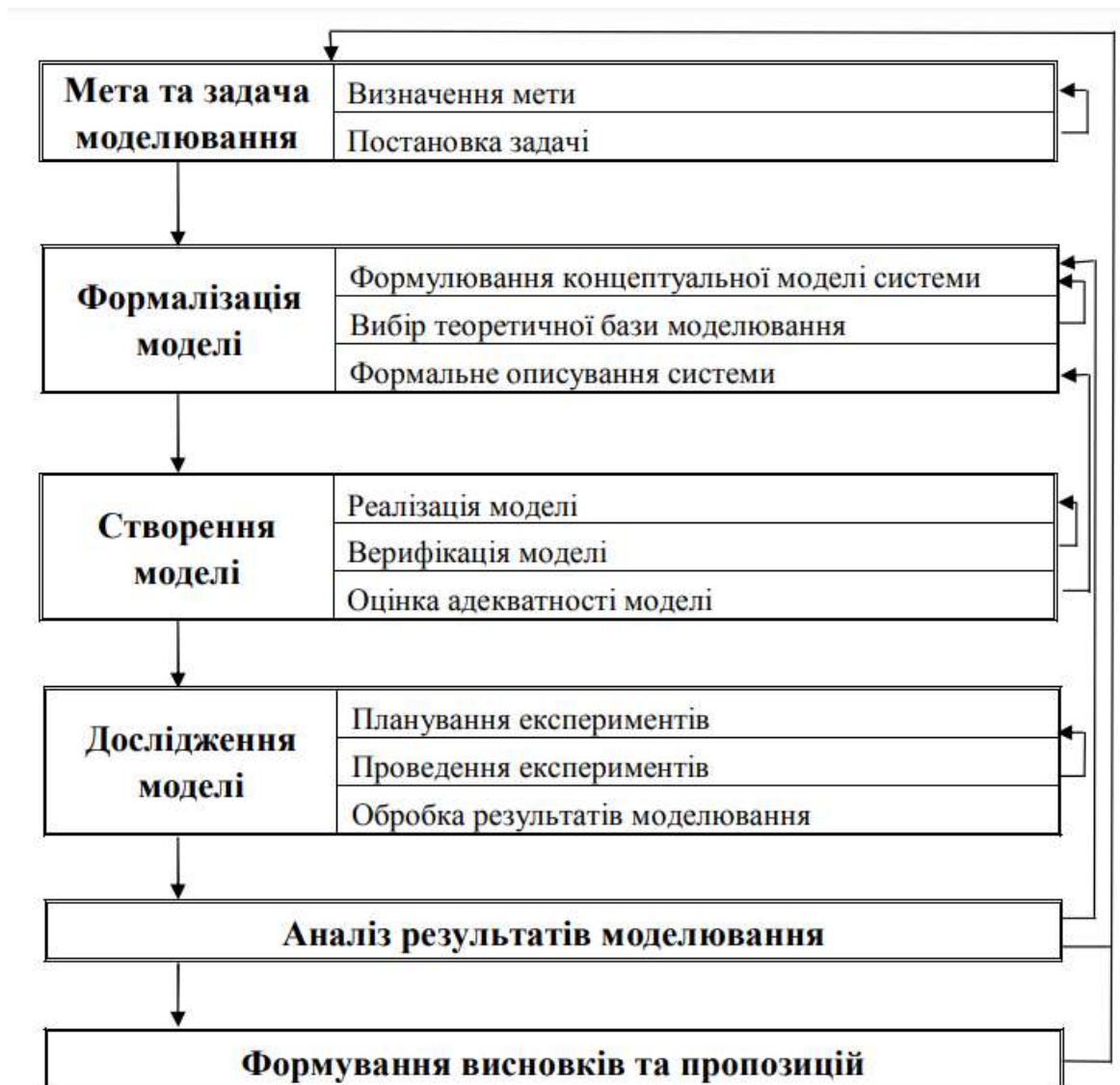


Рис. 2.2. Алгоритм процесу моделювання

Термін "дискретно-подієвого моделювання", зазвичай використовується в більш вузькому сенсі для позначення "процесного" моделювання, де динаміка системи представляється як послідовність операцій (прибуття, затримка, захоплення ресурсу, поділ,) над якимись сутностями, що представляють клієнтів, документи, дзвінки, пакети даних, транспортні засоби тощо [20].

Ці сутності пасивні, вони самі не контролюють свою динаміку, але можуть володіти певними атрибутами, що впливають на процес їх обробки (наприклад складність роботи) або накопичують статистику (загальний час очікування, вартість) [20].

Процесне моделювання використовується на середньому або низькому рівні абстракції: кожен об'єкт моделюється індивідуально, як окрема сутність, але безліч деталей "фізичного рівня" (геометрія, прискорення / уповільнення) опускається [20].

Такий підхід широко використовується в моделюванні бізнес-процесів, виробництва, складних технологічних систем. Для відтворення імітаційної моделі функціонування складної технологічної системи, зокрема технологічного процесу складання, існує алгоритм дій(рис. 2.3).

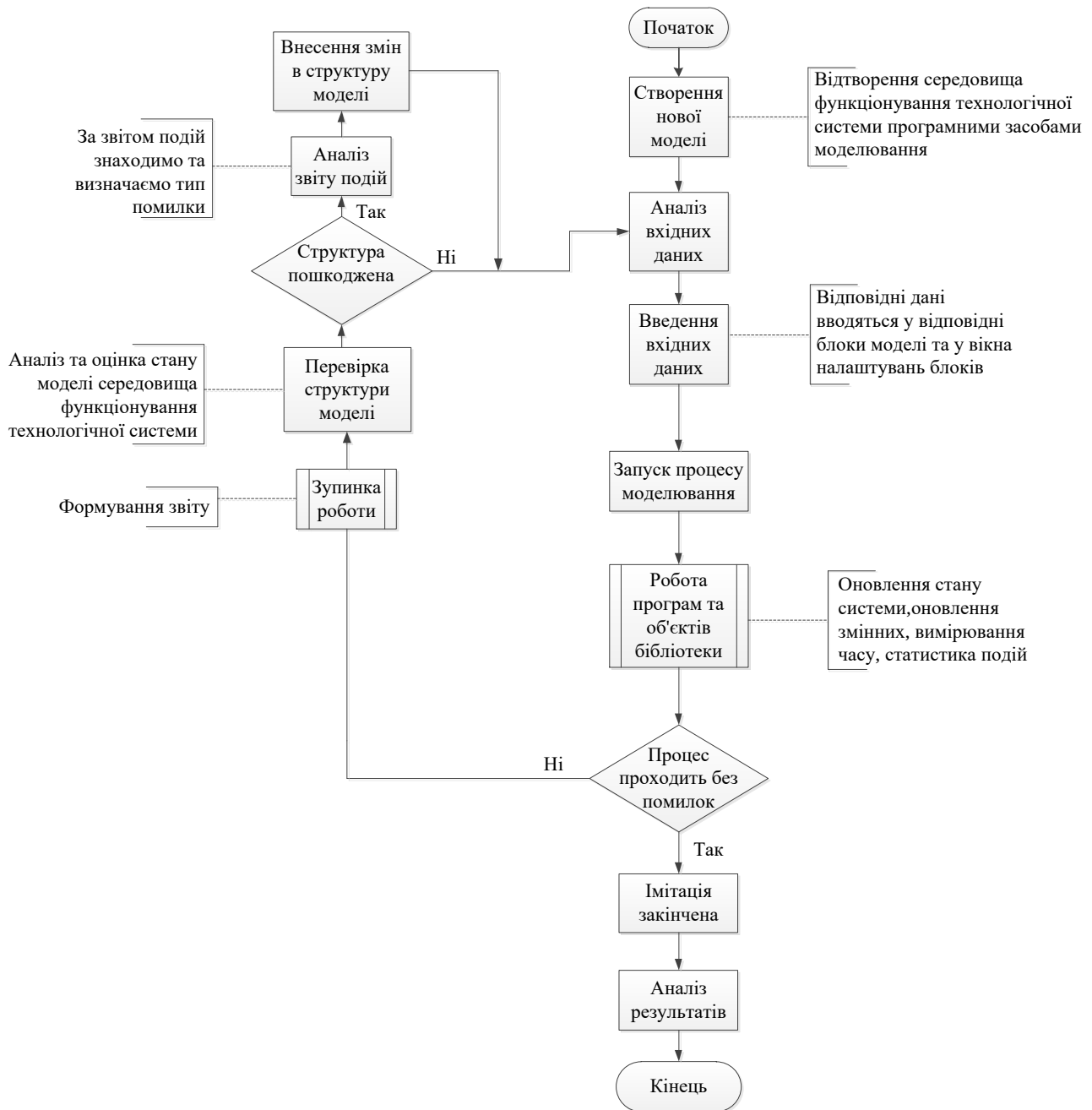


Рис. 2.3. Схема алгоритму організації та створення імітаційної моделі технологічного процесу засобами дискретно-подієвого моделювання

При аналізі засобів та методів моделювання, було визначено, що для створення імітаційної моделі складної технологічної системи придатне імітаційне моделювання, а саме дискретно-подійне моделювання. Таке моделювання здатне описати будь-яку складну систему, що містить в собі багато об'єктів, які на протязі певного часу зазнають впливу, самі чинять вплив на інші об'єкти.

Сукупність подій, об'єктів, величин та станів формує цілісну модель технологічної системи. Система імітаційного моделювання Anylogic володіє необхідним набором можливостей та засобів, необхідних для реалізації дискретно-подійного моделювання складної технологічної системи – технологічного процесу складання.

Висновки до розділу

Аналіз сучасних методів та засобів моделювання показав, що для дослідження і аналізу технологічних процесів складання найбільш придатною є технологія імітаційного моделювання, оскільки вона дозволяє створювати схожі за структурою та функціональним складом моделі технологічних процесів, моделювати зміни параметрів і умов, займає менше часу та менш затратно ніж реальний технологічний процес. При аналізі сучасних методів моделювання технологічних процесів було виділено дискретно-подієвий метод як найбільш придатний для опису складних систем зі зміною динаміки системи і різними операціями над об'єктами, що проходять за певний проміжок часу.

Аналіз сучасних засобів імітаційного моделювання показав, що існує декілька систем, що можуть застосовуватись для імітаційного моделювання складних процесів, наприклад такі як: Arena, Anylogic, Simulink, Plant Simulation, GPSS World та ін. В якості основного засобу опису моделі була вибрана система AnyLogic, яка працює з дискретно-подієвим моделюванням та здатна описати використовуючи даний метод складну систему, таку як технологічний процес складання.

Система AnyLogic дає можливість побудувати складні математичні моделі роботи ділянок складання виробів шляхом імітації всіх елементів технологічних процесів складання ще до початку запуску їх в реальне виробництво та провести імітацію вже існуючого виробництва, без проведення складних експериментів з реальною моделлю.

РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ANYLOGIC ДЛЯ ОПИСУ РОБОТИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

3.1 Система Anylogic. Опис та можливості

AnyLogic – перший і єдиний інструмент імітаційного моделювання, який об'єднав методи системної динаміки, "процесного" дискретно-подієвого і агентного моделювання в одній мові і одному середовищі розробки моделей [22].

Гнучкість AnyLogic дозволяє відображати динаміку складних і різноманітних економічних і соціальних систем на будь-якому бажаному рівні абстракції . AnyLogic включає набір примітивів і бібліотечних об'єктів для ефективного моделювання виробництва і логістики, бізнес-процесів і персоналу, фінансів, споживчого ринку, а також навколишньої інфраструктури в їх природному взаємодії. Об'єктно-орієнтований підхід, пропонується AnyLogic, полегшує інтегративна поетапна побудова великих моделей [21].

У редакторі AnyLogic можна розробити анімацію та інтерактивний графічний інтерфейс моделі. Редактор підтримує великий набір фігур, елементів управління (кнопок, повзунків, полів введення і т.д.), імпорт растрової графіки і векторної графіки в форматі DXF. Анімація може бути ієрархічною та підтримувати кілька перспектив. Можна визначити глобальний погляд на процес виробництва з кількома агрегованими індикаторами, а також детальні анімації конкретних операцій - і перемикаються між ними [13] .

Бібліотека AnyLogic має такі можливості [23]:

- бібліотека моделювання процесів дозволяє моделювати складні системи, розбиваючи їх на дрібні частини і представляючи у вигляді окремих компонентів (підпроцесів). На верхньому рівні можна з'єднати ці компоненти в одну систему;

- бібліотека моделювання процесів може використовуватися в агентних моделях і в моделях системної динаміки. Наприклад, всі заявки і ресурси процесної моделі можуть виступати як агенти, що мають індивідуальну поведінку і що роблять вплив на процес, що моделюється;

- елементи бібліотеки моделювання процесів можна поєднувати з елементами інших бібліотек в одній потоковій діаграмі;

- статистика за часом очікування, часу виробництва, рівнем використання ресурсів і іншим параметрам може збиратися автоматично під час виконання моделі;

- вбудована 2D і 3D анімація дозволяє спостерігати за роботою моделі в динаміці, оцінювати її адекватність, знаходити вузькі місця в бізнес-процесах і т.д.

Використання системи має такі переваги [23]:

- швидкість і економія. Імітаційні моделі дозволяють в стислі терміни відпрацювати різні варіанти роботи систем і значно заощадити на експериментах з реальними активами;

- точність. Задаємо максимальний рівень детальності, наближаючи імітаційну модель до реальних процесів. Отримуємо точні прогнози для прийняття рішення;

- безпека. Аналізуємо різні сценарії і оцінюємо ступінь ризику в імітаційних моделях до внесення змін в реальні бізнес-процеси;

- наочність. У 2D- і 3D-моделях зручно перевіряти і обговорювати ефективність і динаміку бізнес-процесів в залежності від заданих параметрів.

Система володіє такими засобами візуалізації [24]:

- презентація моделей в візуально привабливому і зрозумілому вигляді: схеми і діаграми, графічні моделі, 3D-моделі, динаміка і анімація;

- зручні і наочні діаграми процесів;

- інтерактивні фільми з ефектною 2D і 3D-графікою з блок-схем;

- великий набір графічних об'єктів для візуалізації транспортних засобів, персоналу, обладнання, будівель, інших об'єктів і процесів, пов'язаних з бізнесом;

- імпорт власних 3D-моделей, зображень, CAD-креслень і шейп-файлів в імітаційні моделі;

- інтуїтивно зрозуміла навігація і елементи управління. Зручні і функціональні панелі управління моделями.

Засоби інтеграції системи наступні [25]:

- Anylogic дозволяє безпосередньо працювати з будь-якими базами даних - 1C, Oracle, MS SQL, MySQL, PostgreSQL, MS Access, Excel, а також з текстовими файлами;

- інтеграція баз даних дає можливість точно налаштувати модель під бізнес, дозволяючи моделювати будь-які сценарії подальшого розвитку в будь-якій точці часу;

- вихідні дані, отримані в процесі моделювання, також легко завантажити назад в БД і наприклад, сформувати чек-листи або скорегувати плани робіт.

Область застосування AnyLogic. Функціональність і гнучкість AnyLogic дозволяє застосовувати моделювання практично в будь-якій сфері бізнесу, від ланцюжків поставок і логістики до аналізу ринку і планування виробництва, допомагаючи приймати правильні рішення і ефективно справлятися із завданнями будь-якої компанії [26] .

AnyLogic дає змогу [26]: планування виробництва проектування виробничих приміщень і планування продуктивності вдосконалення процесів, аналіз слабких місць оптимізація виробничого циклу оптимізація ресурсів, персоналу і устаткування, планування запасів (незавершене виробництво і сировина).

Можливості програми імітаційного моделювання AnyLogic дозволяють вирішити задачу оптимізації виробництва, зменшення часу виробничого циклу, збільшення об'ємів виробництва, моделювання: процесу виробництва, технологічного процесу, роботи обладнання, виготовлення та складання об'єктів, що використовуються в приладобудівній галузі [26].

AnyLogic пропонує великі можливості для проведення експериментів і аналізу результатів моделювання: можна управляти прогонами моделювання; збирати,

переглядати і порівнювати результати моделювання; калібрувати і оптимізувати моделі [24].

Для однієї моделі можуть бути задані кілька експериментів. AnyLogic підтримує такі типи експериментів [24] :

- простий експеримент;
- варіювання параметрів;
- оптимізація;
- порівняння "прогонів";
- Монте Карло;
- аналіз чутливості;
- калібровка;
- нестандартний.

3.2. Опис складних систем засобами системи AnyLogic

Система AnyLogic, являє собою комплексний інструмент, який охоплює основні нині напрямки імітаційного моделювання: системну динаміку, системи масового обслуговування, агентне моделювання [27].

Такий підхід до моделювання інтуїтивно зрозумілий і природний в багатьох додатках. Об'єкт моделювання може включати в себе будь-яку кількість екземплярів інших активних об'єктів. Активні об'єкти можуть динамічно породжуватися і зникати відповідно до законів функціонування системи [27].

AnyLogic базується на мові програмування Java - одному з найпотужніших і в той же час простих для вивчення сучасних об'єктно-орієнтованих мов. Об'єкти транслуються в конструкції мови Java, які потім компілюються в виконуваний код моделі [27].

Система AnyLogic також має вельми багаті засоби візуалізації і анімації результатів імітаційних експериментів. Крім того в ній є засоби співвіднесення модельного часу з реальним, наприклад, можна запустити імітаційний експеримент

в реальному масштабі часу, або, наприклад, в 4 рази швидше реального, ну і, звичайно ж в звичайному режимі - «так швидко, як можливо» [27].

Дана програма призначена для широкого використання, за допомогою чого можна оцінити результат конструкторських рішень складних систем; програма також дає можливість комбінування декількох підходів моделювання. Система розроблена AnyLogic з урахуванням новітніх інформаційних технологій і об'єктно-орієнтованого моделювання, дає можливість гнучко використовувати різні концепції програми, не виключаючи класичні підходи моделювання. Програма забезпечена останніми технологіями анімації, візуального моделювання, що дозволяє наочно побачити як моделюються процеси [28-29]. Для оволодіння засобами та інструментами AnyLogic було розглянуто джерела [30-40], в яких було описано концепції та методи застосування системи AnyLogic для моделювання складних систем.

3.3. Моделювання динаміки дискретно-подієвих технологічних процесів за допомогою системи AnyLogic

В якості прикладу моделювання розглянемо модель виробництва і відвантаження на невеликому підприємстві (рис. 3.1). Сировина доставляється і зберігається на складі приймання, поки не забирається на обробку на програмно керований верстат. Оброблені деталі поміщаються на піддони, які, будучи зібраними, переміщаються на склад відвантаження, звідки забираються вантажівками. Процес проходження об'єктів по маршруту показує блок-схема імітаційної моделі (рис. 3.2).

Користувач може управляти певними параметрами моделі, такими, як час обробки і кількість робочого персоналу. Користувач в процесі моделювання спостерігає за змінами на 2D та 3D-зображеннях (рис. 3.3) імітаційної моделі. На сторінці відображення чисельних характеристик знаходиться графік зайнятості обладнання та персоналу (рис.3.4), а також час, що проводиться матеріалом на різних стадіях моделюемого процесу.

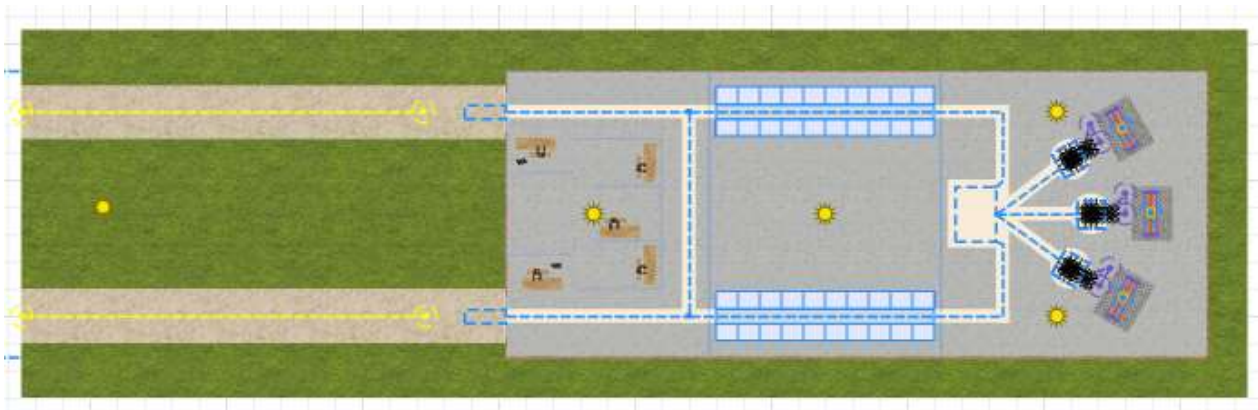


Рис.3.1. 2D - зображення імітаційної моделі підприємства

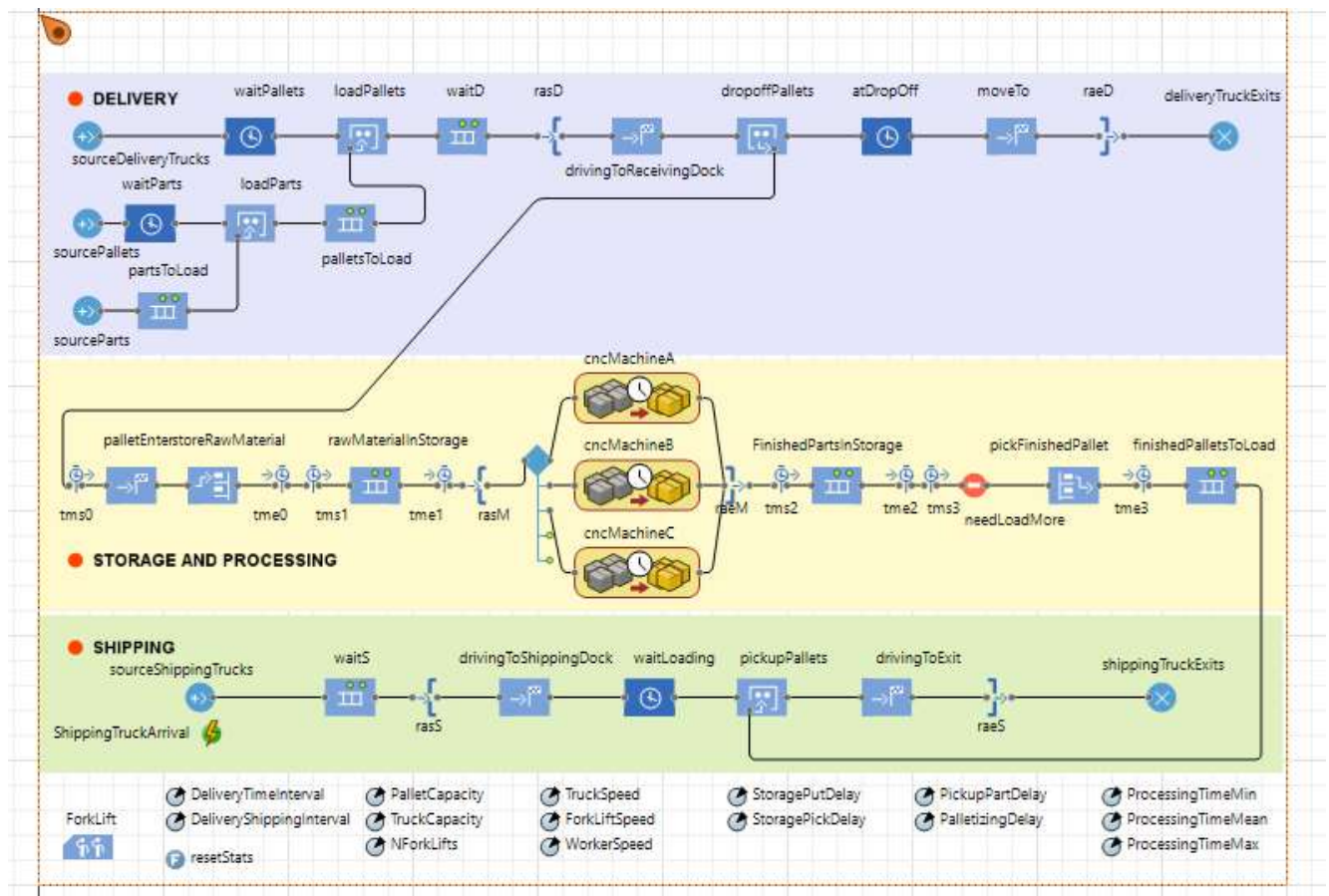


Рис.3.2. Блок-схема імітаційної моделі підприємства



Рис.3.3. 3D-зображення імітаційної моделі підприємства

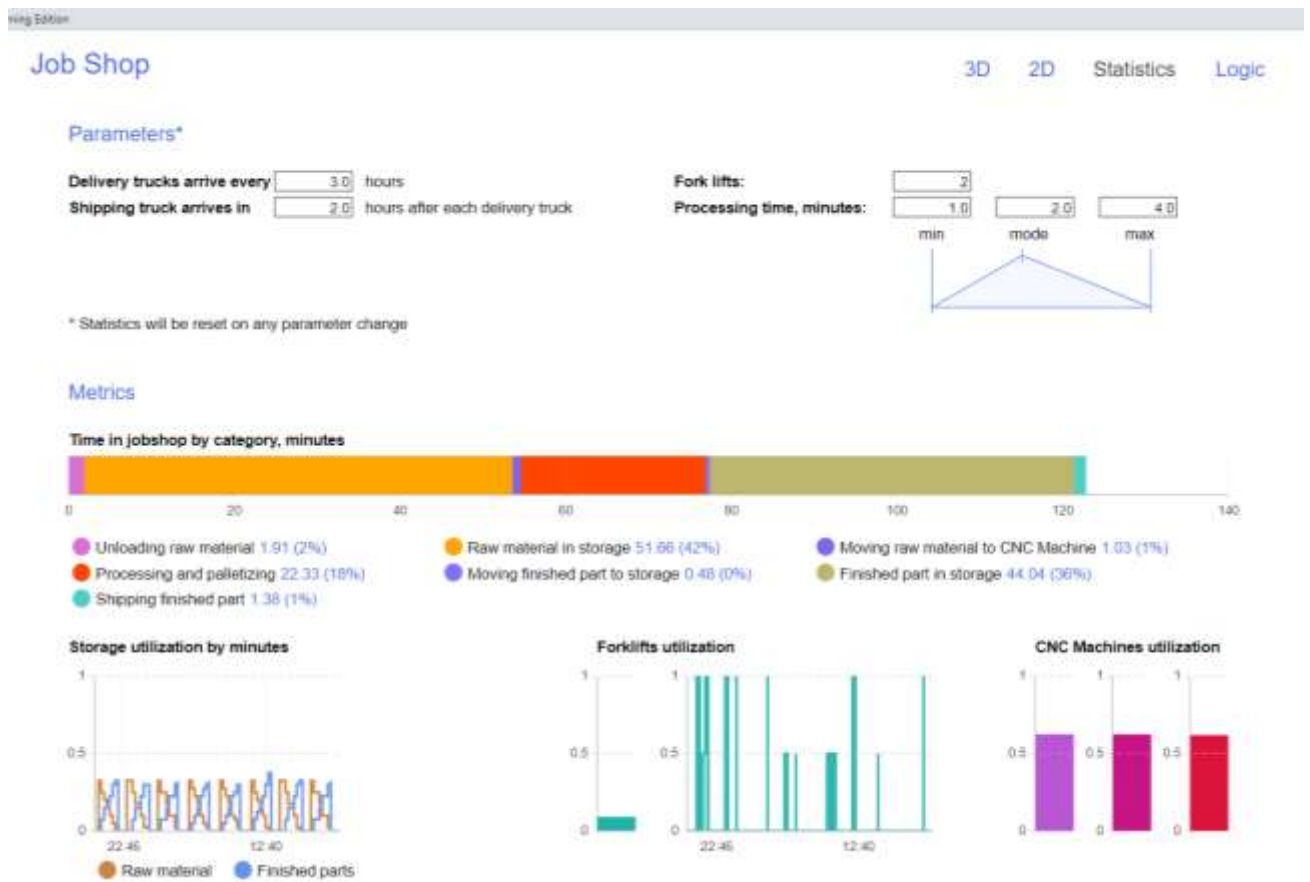


Рис.3.4. Вікно статистики

Висновки до розділу

В даному розділі досліджено систему імітаційного моделювання Anylogic, її особливості, можливості, інструменти та область використання. Можна зробити висновок, що система володіє повним набором засобів, що дозволяють проводити моделювання складних систем.

AnyLogic має великі можливості для проведення експериментів над складним технологічним процесом та процесом та дозволяє відтворювати динаміку функціонування складної системи. Дана система є гнучкою та дозволяє оцінити різні варіанти подій у динаміці технологічних процесів.

Був наведений приклад моделювання динаміки технологічного процесу обробки і складання деталей у виріб на невеликому підприємстві, що демонструє можливості моделювання процесів в даній системі.

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

4.1. Імітаційне моделювання роботи виробничої ділянки складального цеху при складанні редуктора

З метою практичного використання розробленої методики імітаційного моделювання технологічних процесів складання засобами системи Anylogic 8.6.0 розглядається питання розроблення імітаційної моделі технологічного процесу складання редуктору. ділянки цеху складання редуктору.

Креслення редуктора та технологічний процес складання представлено в ДОДАТКУ А. Схема складального складу, технологічна схема складання, ділянка цеху, специфікація редуктора представлені в ДОДАТКУ Б.

Технологічна схема складання редуктора зображена на рис.4.1.

Редуктор складається з 4 складальних одиниць:основа ліва, основа права, стійка,диск, що з'єднуються з іншими деталями в готовий виріб [29].

В процесі складання редуктора використано автоматизоване обладнання: автоматичний гайковерт, сушильна шафа, випробувальний та контрольний стенди [29].

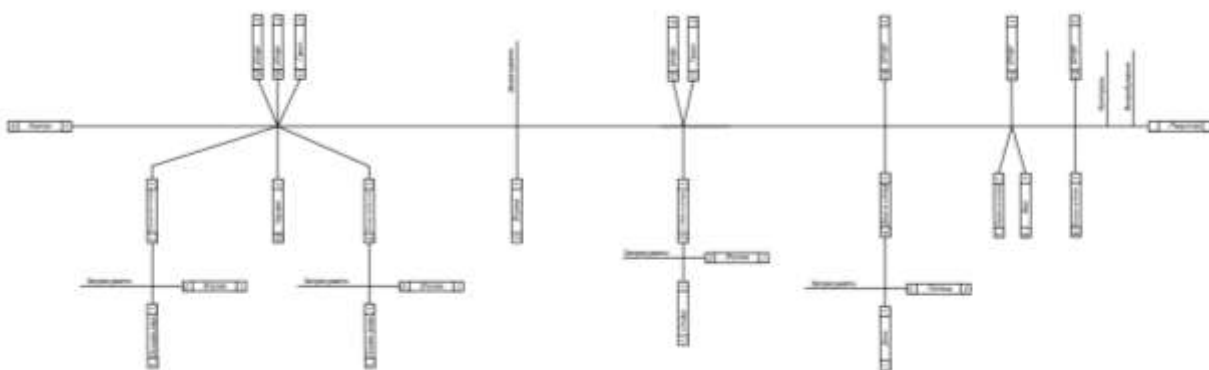


Рис. 4.1. Технологічна схема складання редуктора.

Для побудови імітаційної моделі, буде вказаний час для кожної операції, що наведений в технологічному процесі складання. Модель буде побудована на основі схеми ділянки складального цеху, що представлена на рис. 4.2.

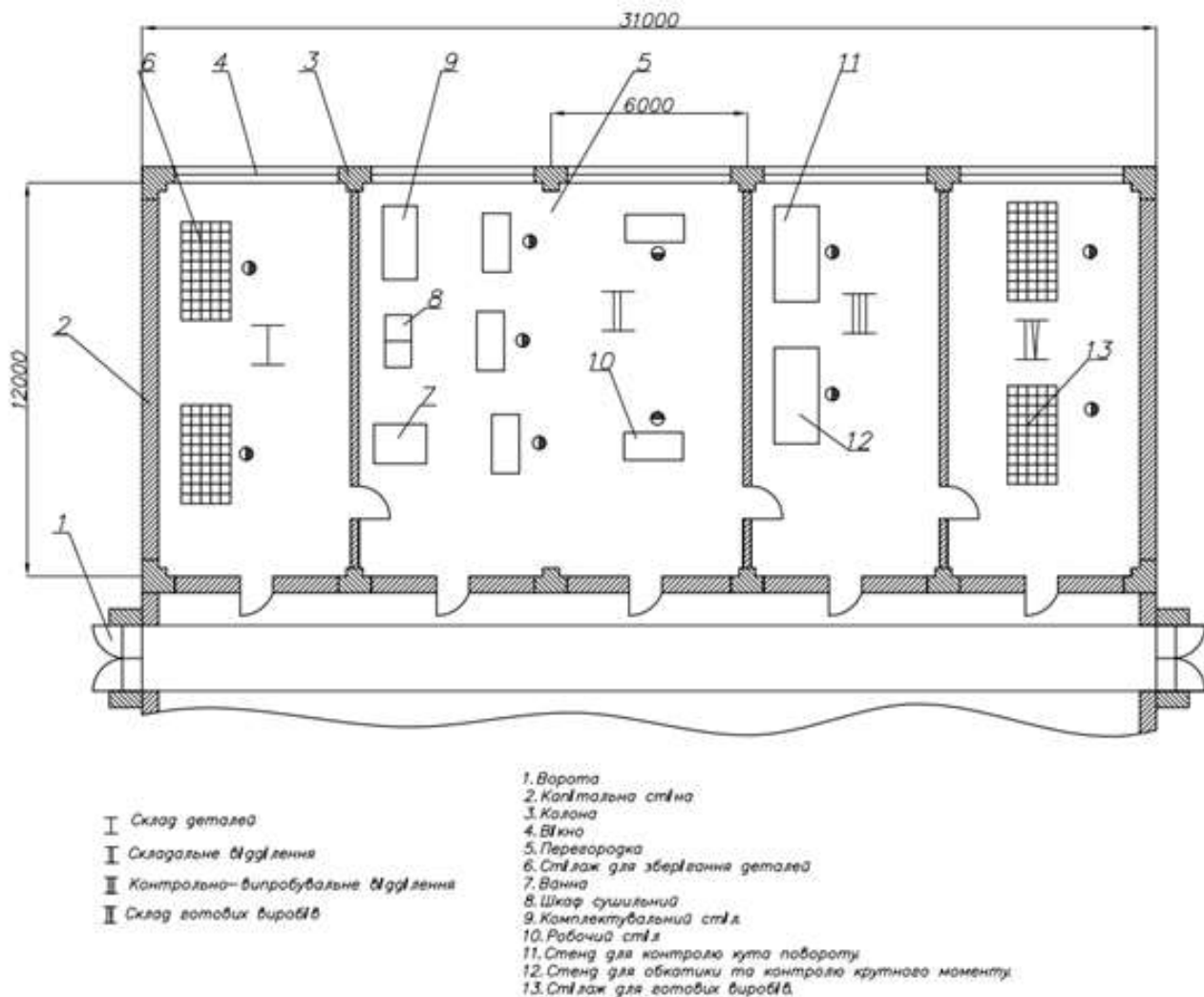


Рис. 4.2. Ділянка цеху складання редуктора

Процес складання редуктора проходить в такій послідовності.

Деталі поступають на стелажі ділянки складання, звідки направляються на операції: промивка, сушіння, комплектування.

Після цього відбувається складання складальних одиниць: основи лівої, основи правої, стійки, диску та кінцеве складання редуктора.

Для реалізації описаного, була побудована блок-схема імітаційної моделі (рис. 4.3).

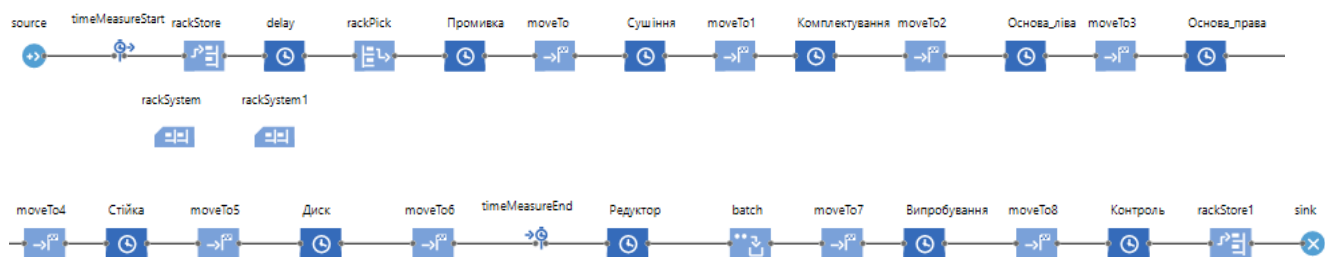


Рис. 4.3. Блок-схема імітаційної моделі

В таблиці 4.1 наведено опис та призначення блоків імітаційної моделі.

Таблиця 4.1. Перелік блоків імітаційної моделі.

Назва блоку	Призначення
Source	Створення агентів
timeMeasureStart	Початок виміру часу
timeMeasureEnd	Кінець виміру часу
rackStore	Розміщення агентів у комірки зони зберігання
rackPick	Підбирання агентів з комірок зони зберігання
delay	Затримка агентів на певний час
moveTo	Переміщення агентів
batch	Перетворення агентів в одного агента
Sink	Знищення агентів
RackSystem	Блок моделювання місця зберігання

З роботою блок схеми пов'язана створена паралельно з нею 2D-зображення імітаційної моделі (рис. 4.4).

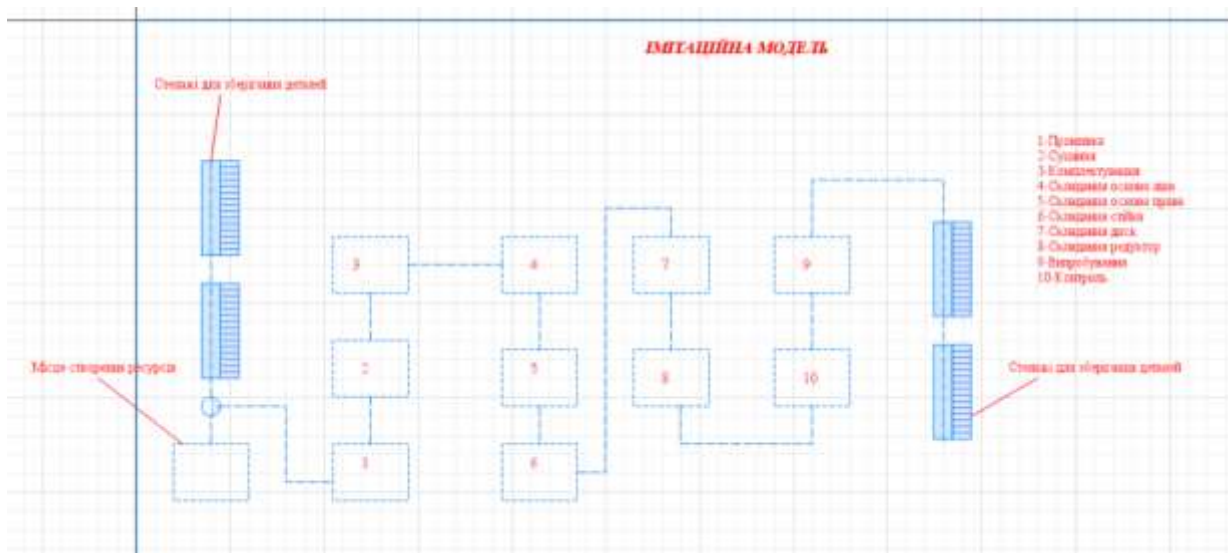


Рис. 4.4. 2D-зображення імітаційної моделі.

Для створення імітаційної моделі послідовно виконують команди **Файл / Создать / Модель** на панелі інструментів. Після цього користувачу відкривається робоче вікно **Main**. Для створення блоків блок-схеми моделі використовують команду: **Панель інструментов/палитра/библиотека моделирования процессов/блоки**. Для створення розмітки простору використовують команду: **Панель інструментов/палитра/библиотека моделирования процессов/разметка пространства**. Для створення нового агента(деталі, що входять до складу редуктора) використовують команду: **Панель інструментов/палитра/библиотека моделирования процессов/тип агента/создать новый тип агента с нуля**. На основі наведених команд створюють блок-схему та 2D-зображення імітаційної моделі, що зображені вище. Для текстового оформлення моделі використовують команду: **Панель інструментов/палитра/презентация**.

Після створення блок-схеми та 2D-зображення переходять до заповнення блоків даними. Блок **Source** (рис. 4.5) створює необхідну кількість деталей, в нашому випадку – це 28 деталей.

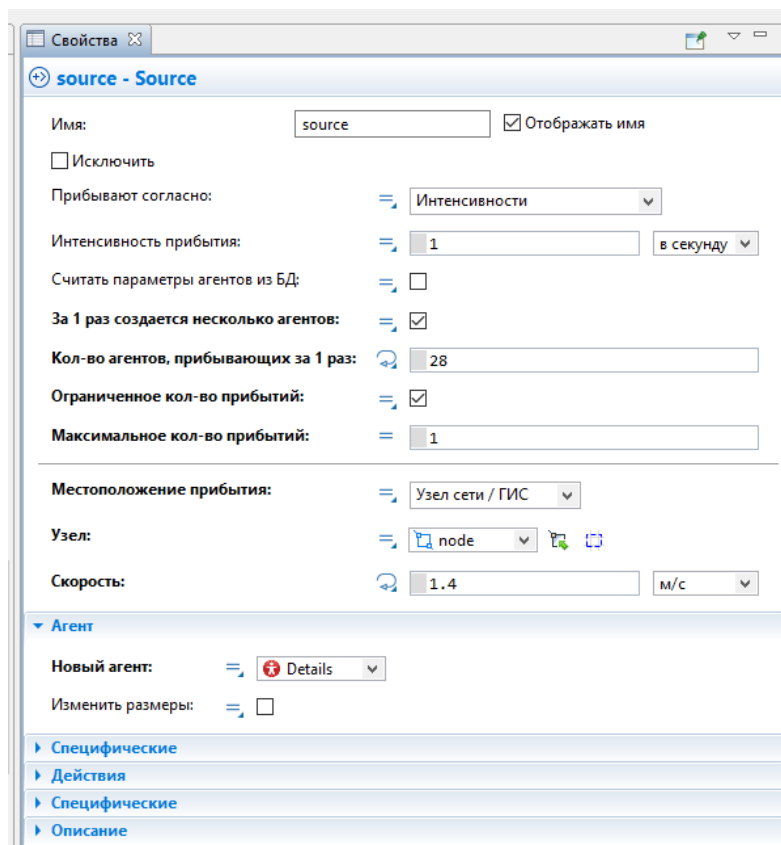


Рис.4.5. Вікно блоку **Source**.

В блок **timeMeasureStart** змін не вносять, а вікно блоку **rackStore** заповнюється наступним чином (рис.4.6).

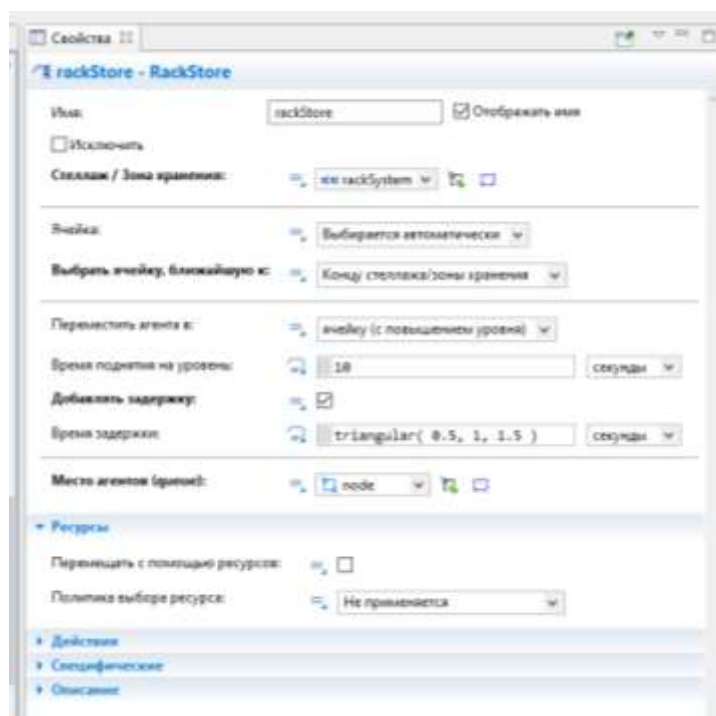


Рис. 4.6. Вікно блоку **rackStore**

Наступний блок **delay** моделює розміщення агентів (деталей) у стелажі певний час(рис. 4.7).

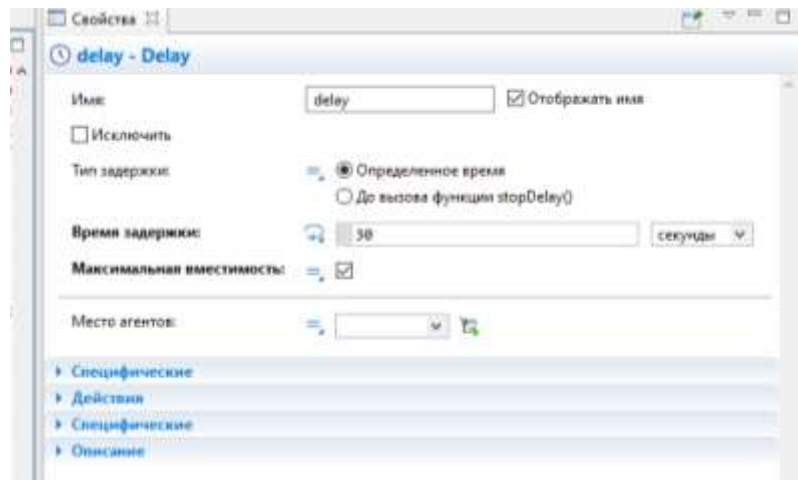


Рис. 4.7. Вікно блоку **delay**

Невелику затримку встановлюють для того, щоб одні деталі не почали виходити з зони зберігання, поки інші туди не прибули.

Блок **rackPick**(рис. 4.8) забирає деталі із стелажів та переміщує на робоче місце, де буде проходити промивка деталей – блок Промивка(рис. 4.9).

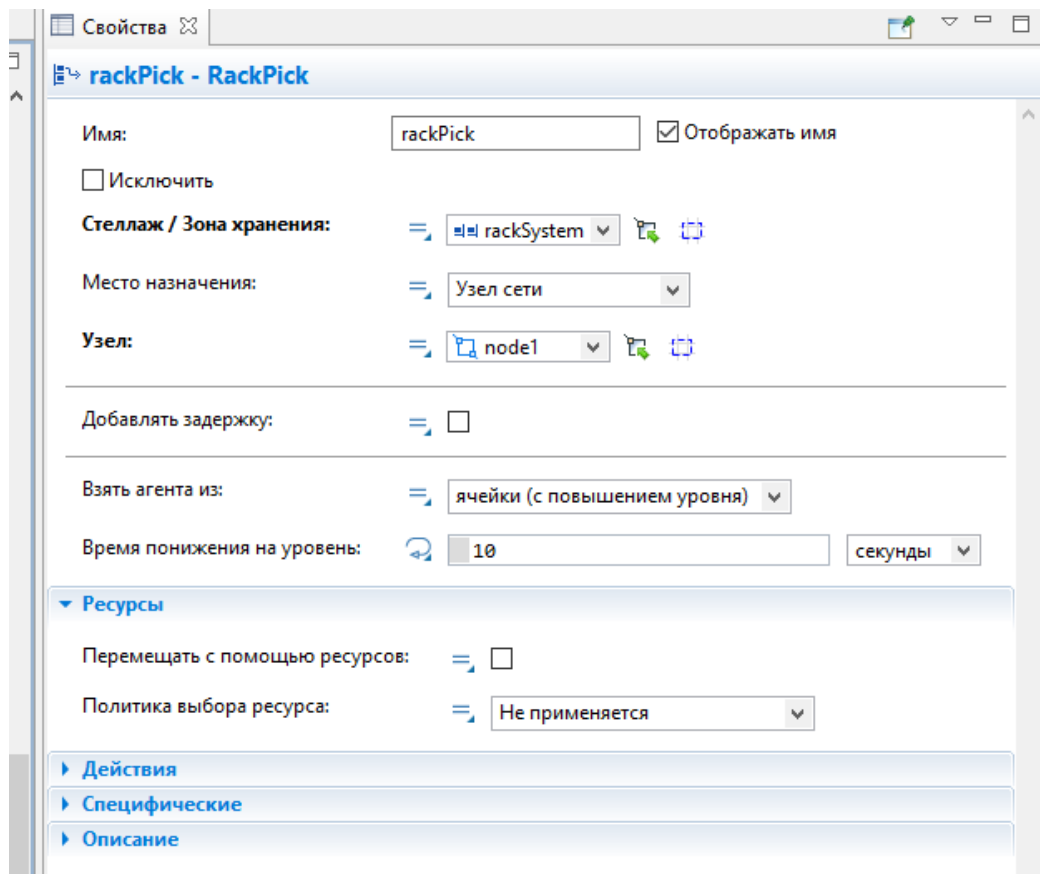


Рис. 4.8. Вікно блоку **rackPick**

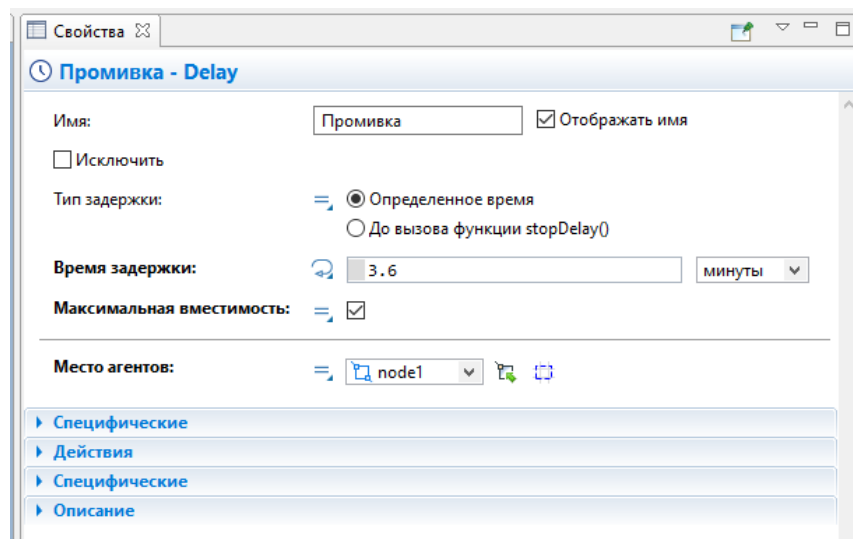


Рис. 4.9. Вікно блоку **Промивка**

Час затримки - це час виконання операції.

Наступний блок **moveTo**(рис. 4.10) переміщує деталі на операцію Сушіння (рис. 4.11).

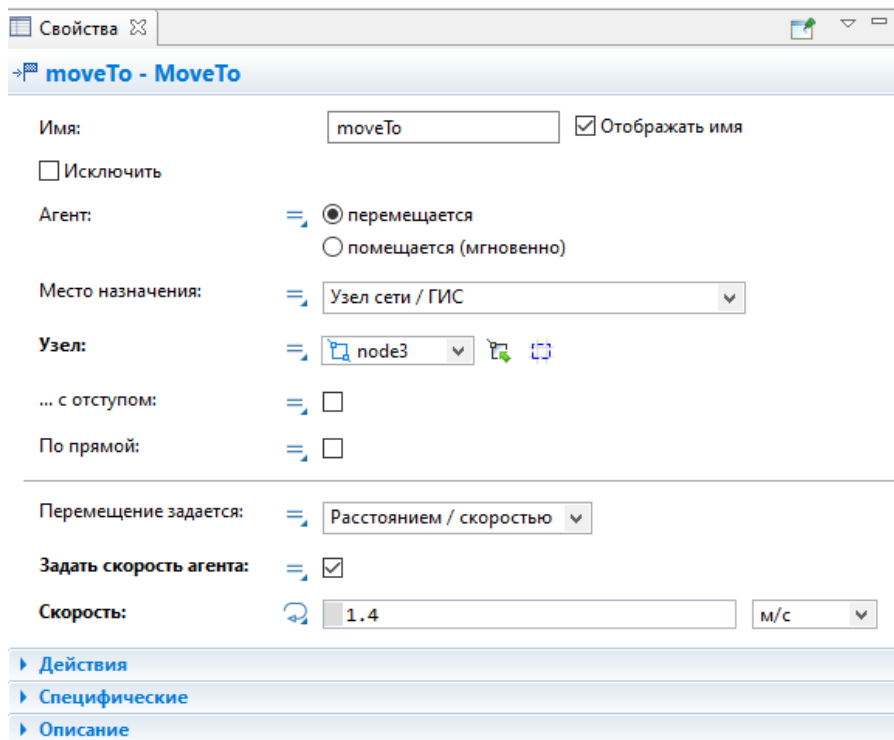


Рис. 4.10. Вікно блоку **moveTo**

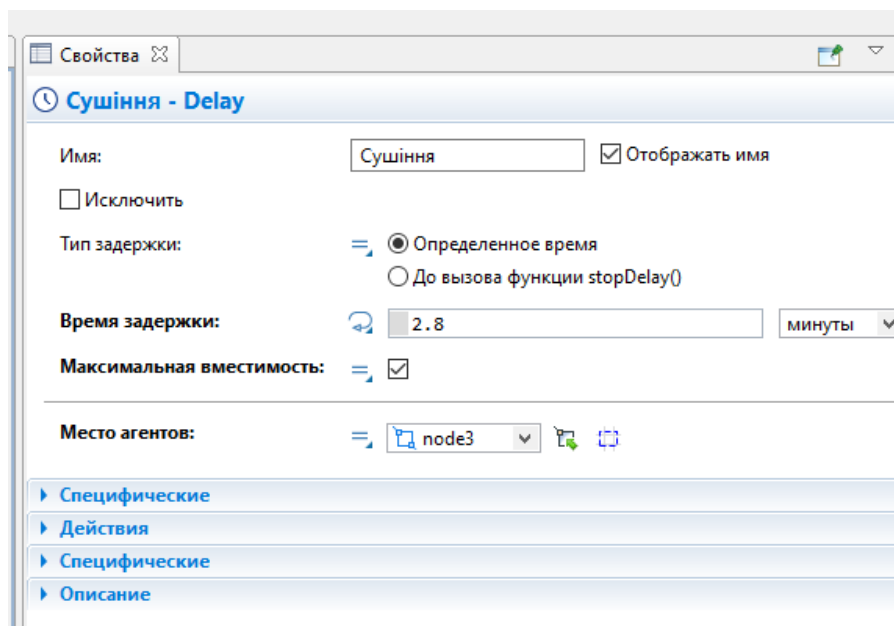


Рис. 4.11. Вікно блоку **Сушіння**

Наступний блок **moveTo1**(рис. 4.12) переміщує деталі на операцію Комплектування(рис. 4.13).

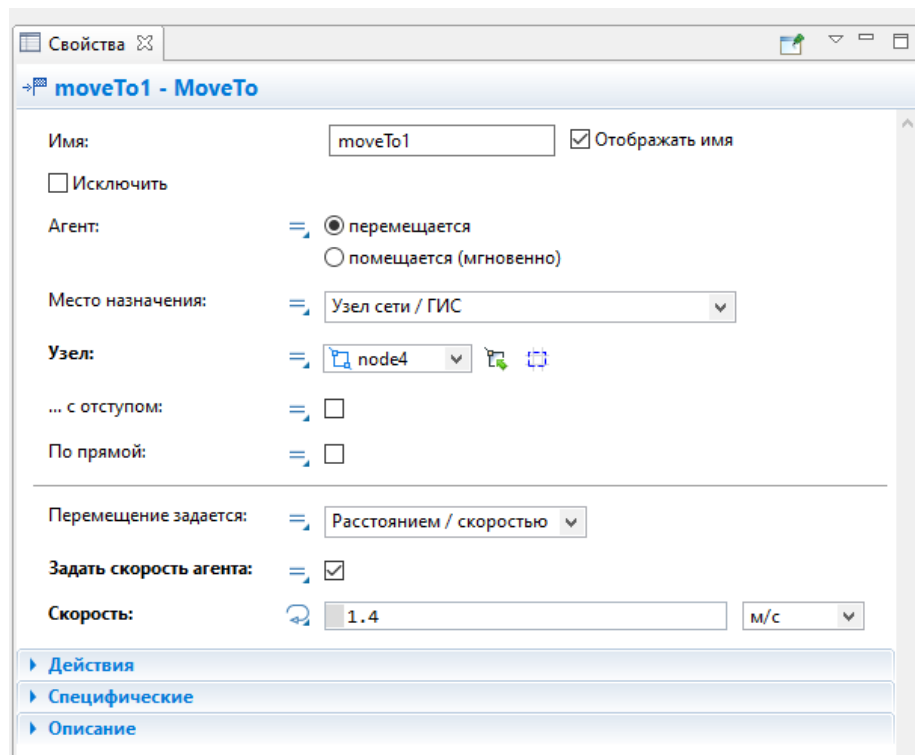


Рис. 4.12. Вікно блоку **moveTo1**

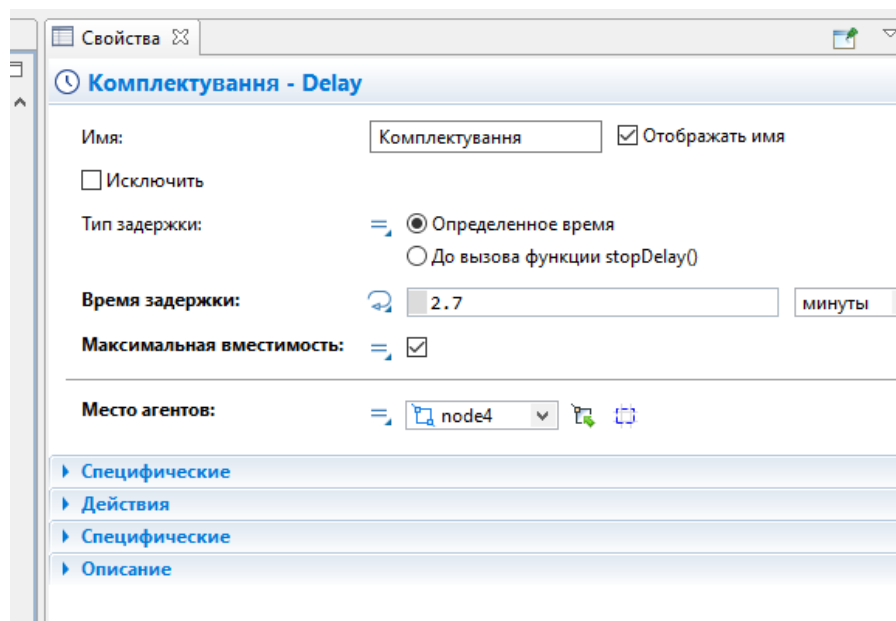


Рис. 4.13. Вікно блоку **Комплектування**

Наступний блок **moveTo2**(рис. 4.14) переміщує деталі на операцію складання основи лівої(рис. 4.15).

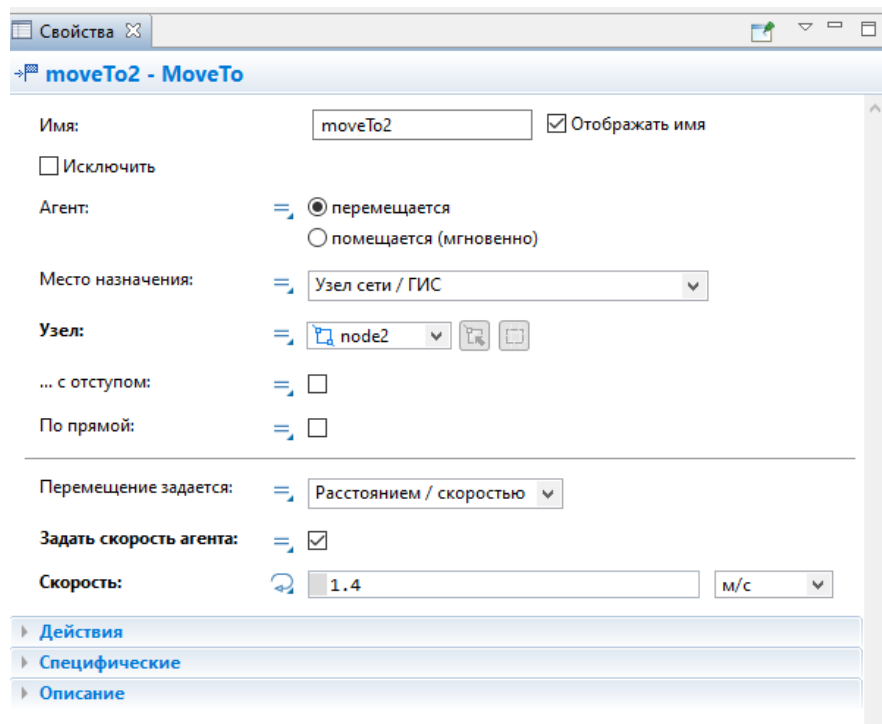


Рис. 4.14. Вікно блоку **moveTo2**

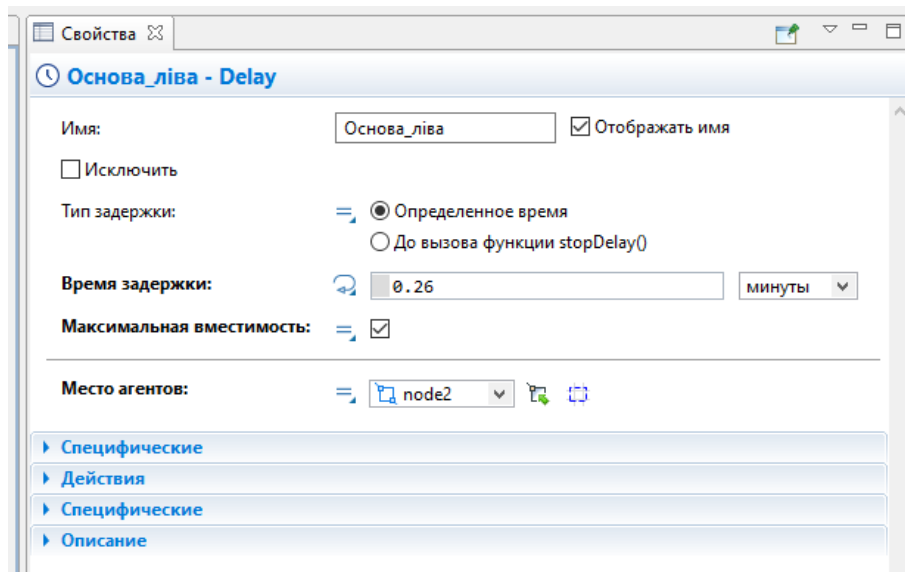


Рис.4.15. Вікно блоку складання Основи лівої

Наступний блок **moveTo3** (рис. 4.16) переміщує деталі на операцію складання основи правої(рис. 4.17).

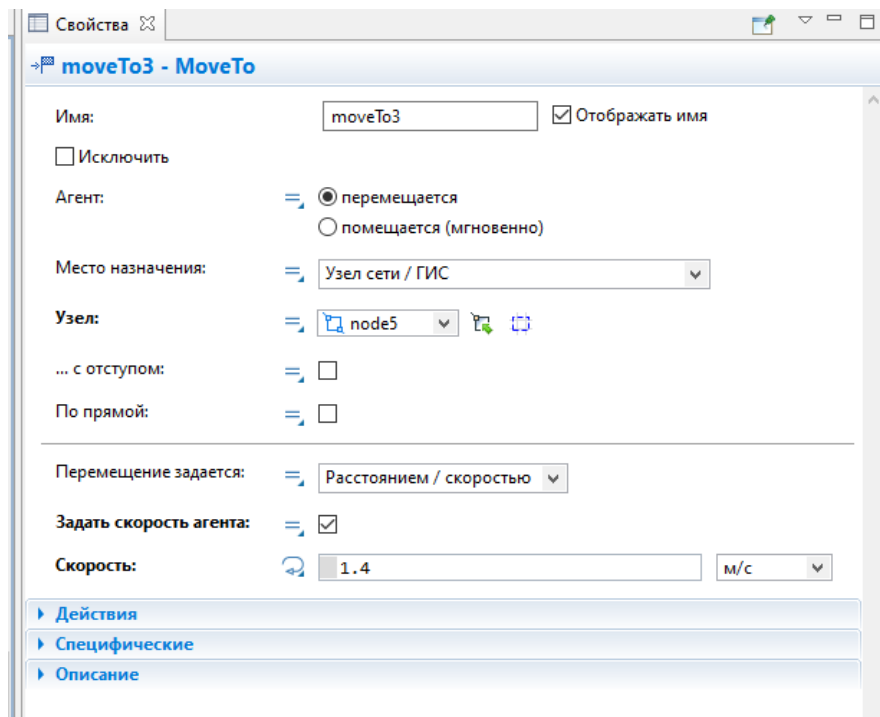


Рис. 4.16. Вікно блоку **moveTo3**

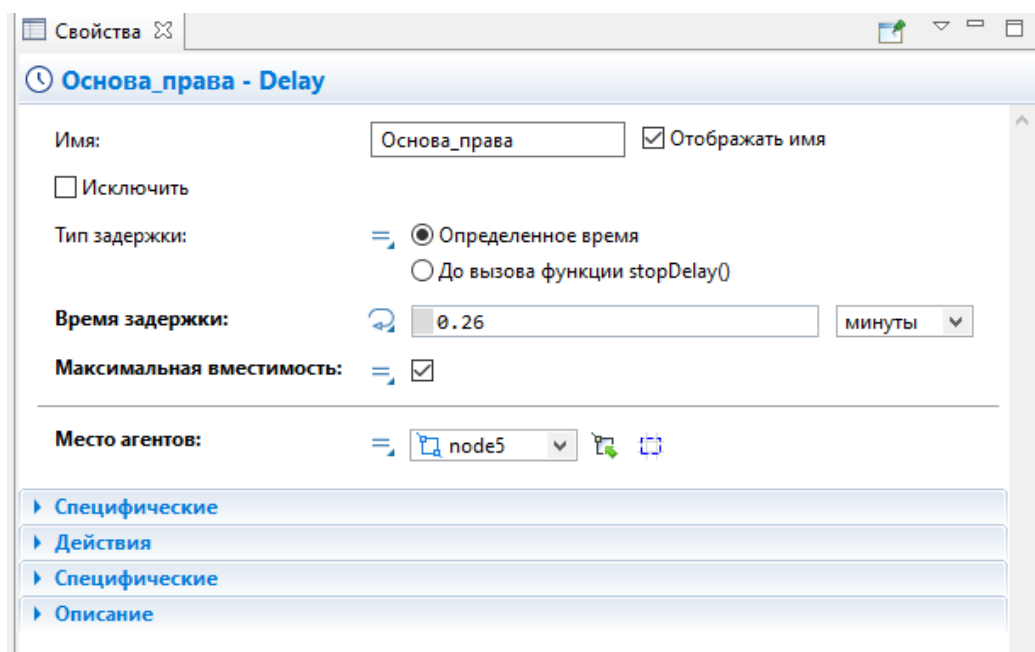


Рис. 4.17. Вікно блоку складання Основи правої

Наступний блок **moveTo4**(рис 4.18) переміщує деталі на операцію складання стійки (рис. 4.19).

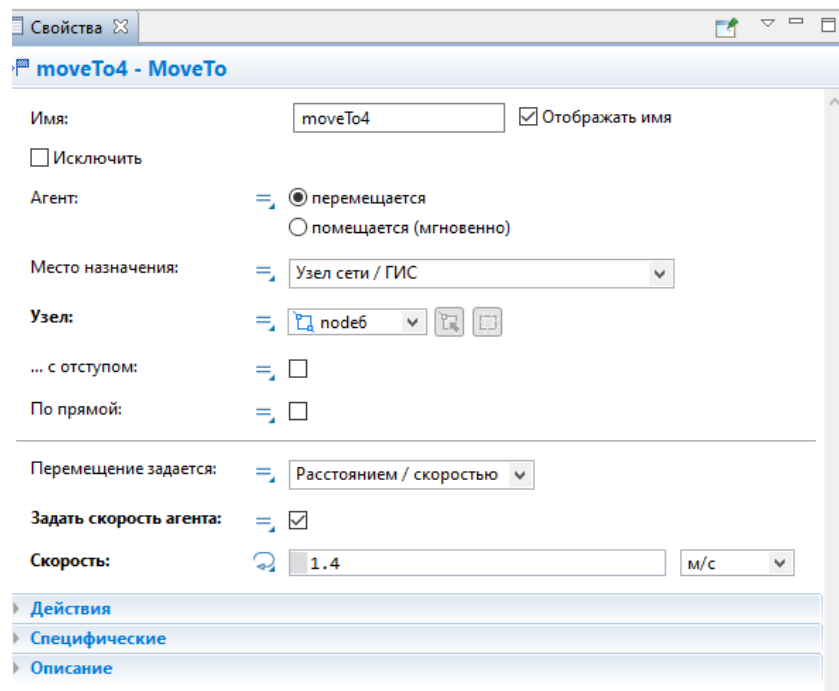


Рис. 4.18. Вікно блоку **moveTo4**

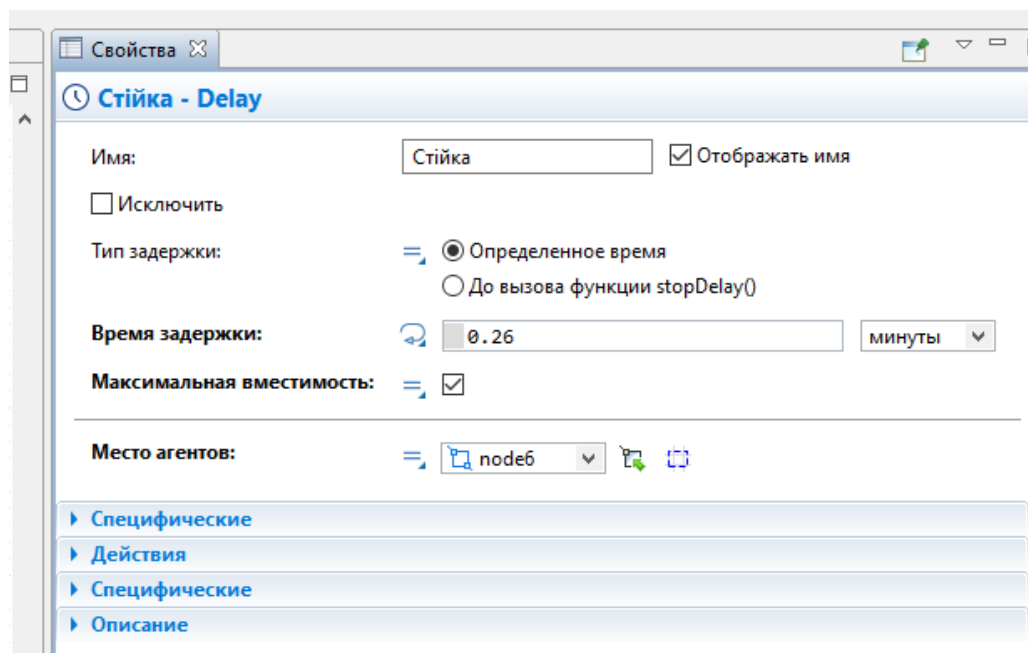


Рис. 4.19. Вікно блоку складання Стійки

Наступний блок **moveTo5**(рис. 4.20) переміщує деталі на операцію складання диску(рис. 4.21).

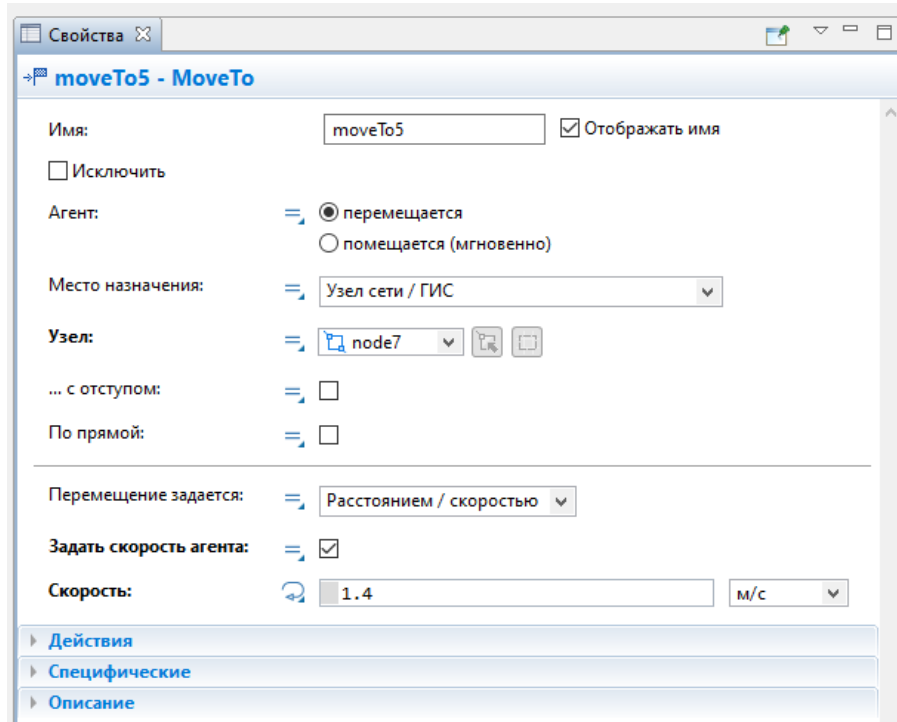


Рис. 4.20. Вікно блоку **moveTo5**

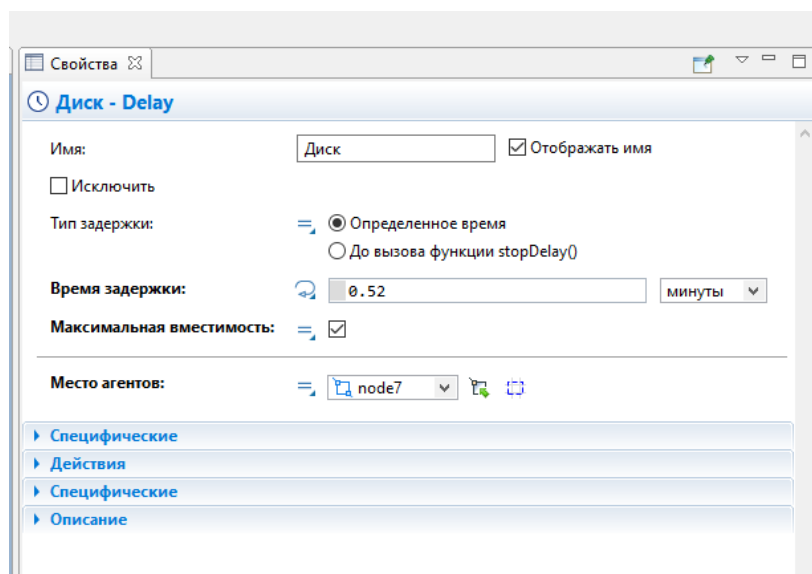


Рис. 4.21. Вікно блоку складання Диска

Наступний блок **moveTo6**(рис. 4.22) переміщує деталі на операцію складання редуктора(рис. 4.23).

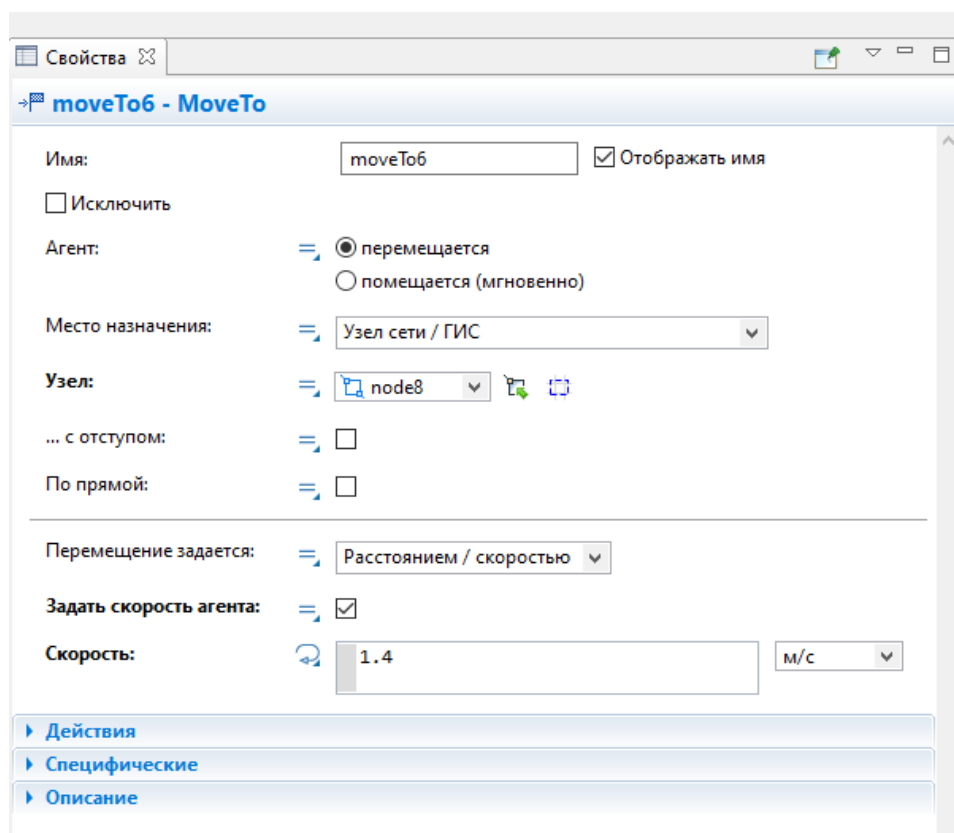


Рис. 4.22. Вікно блоку **moveTo6**

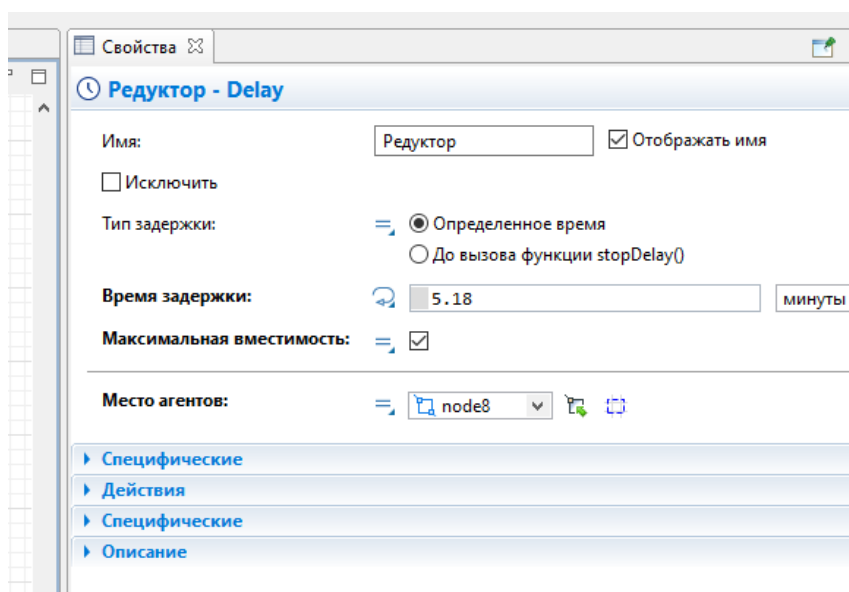


Рис. 4.23. Вікно блоку складання редуктора

Наступний блок **Batch**(рис. 4.24) перетворює всіх агентів в одного нового, який і буде готовим виробом.

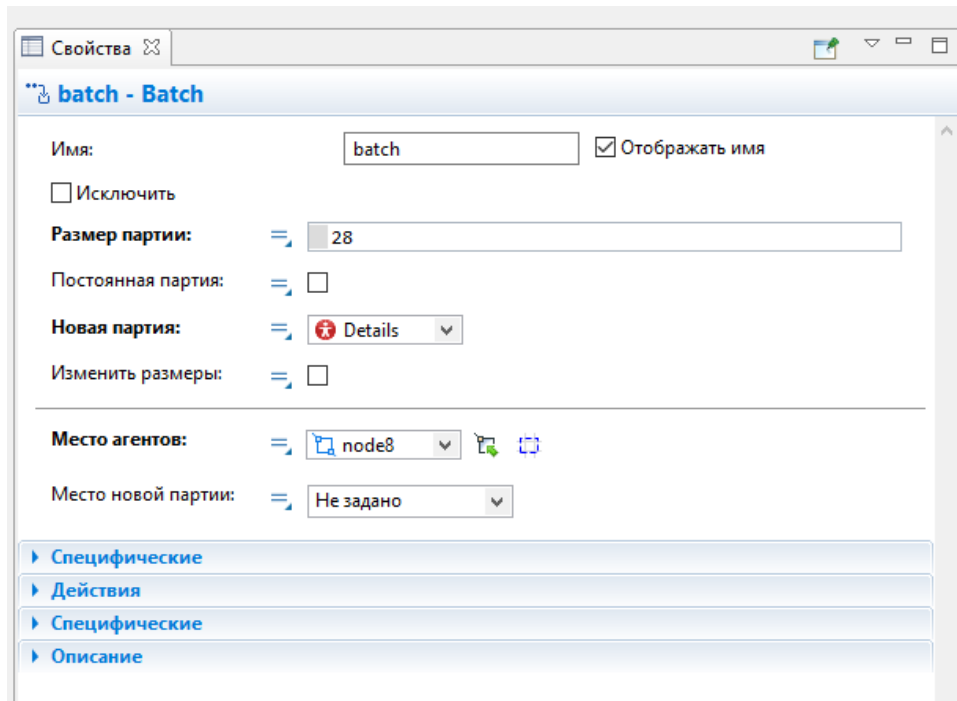


Рис. 4.24. Вікно блоку **Batch**

Наступний блок **moveTo7**(рис. 4.25) переміщує деталі на операцію випробування (рис. 4.26).

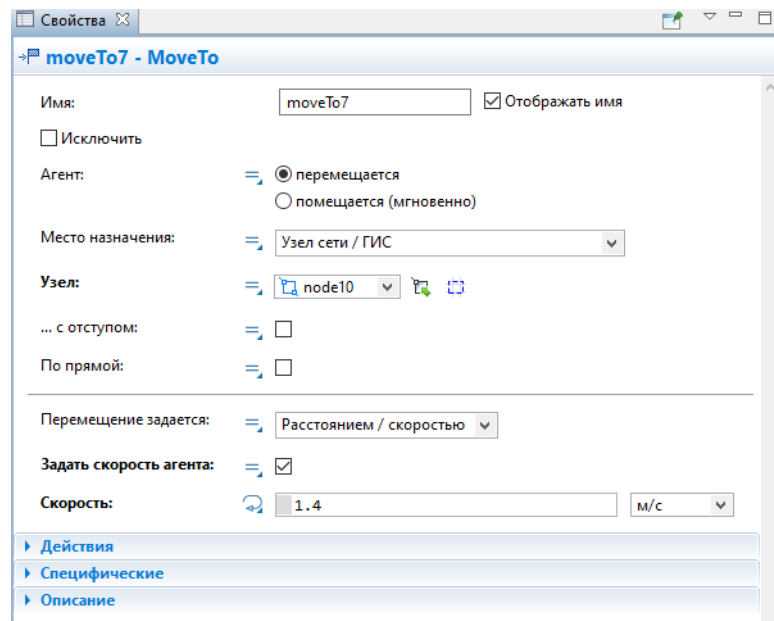


Рис. 4.25. Вікно блоку **moveTo7**

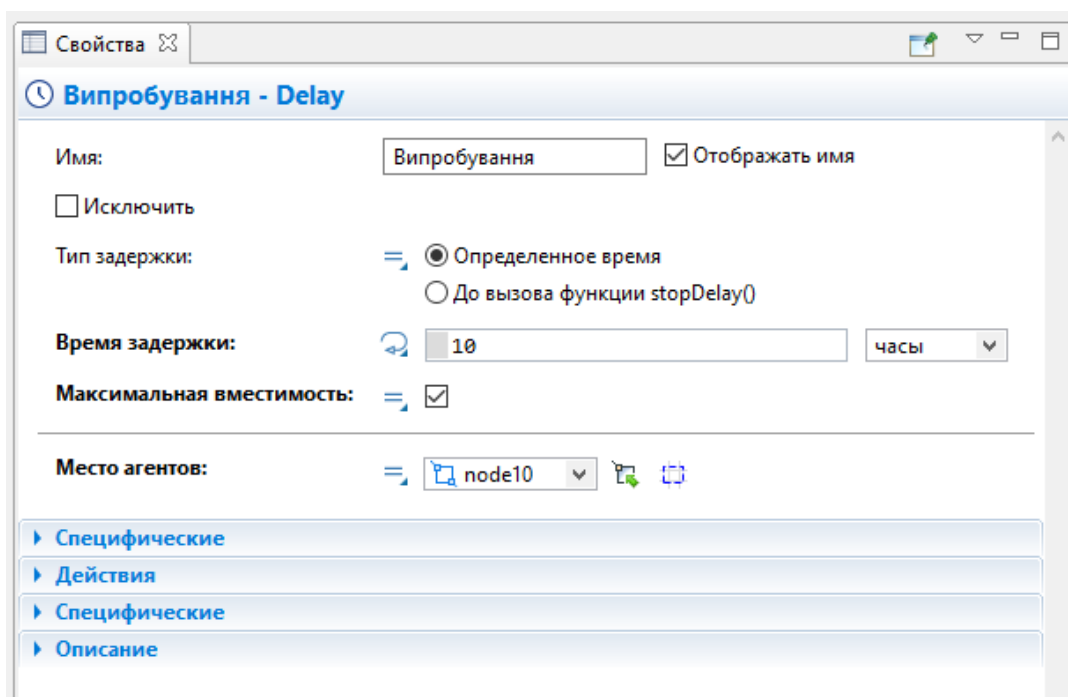


Рис. 4.26. Вікно блоку **Випробування**

Блок **moveTo8**(рис. 4.27) переміщує агента до блоку **контролю**(рис. 4.28).

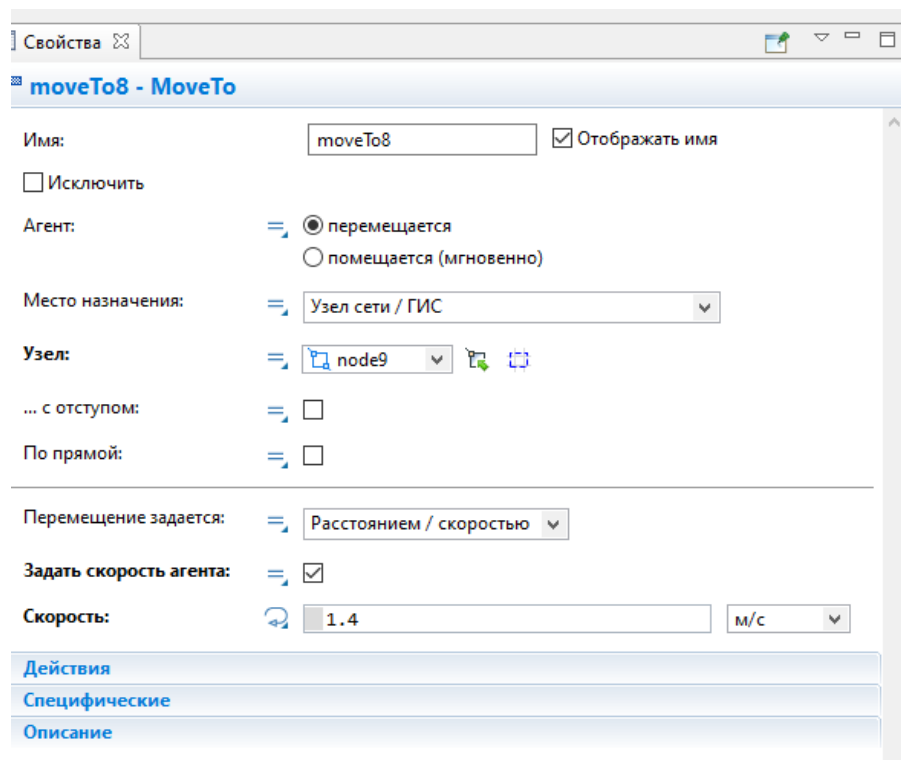


Рис. 4.27. Вікно блоку **moveTo8**

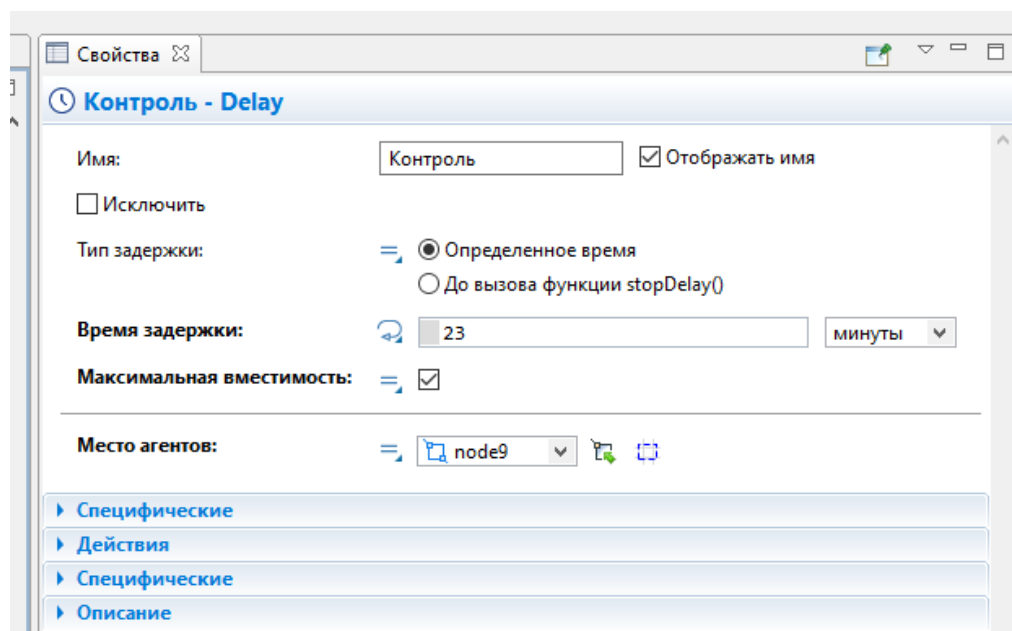


Рис. 4.28. Вікно блоку **Контроль**

Блок **rackStore1**(рис. 4.29) забирає готовий виріб до зони зберігання.

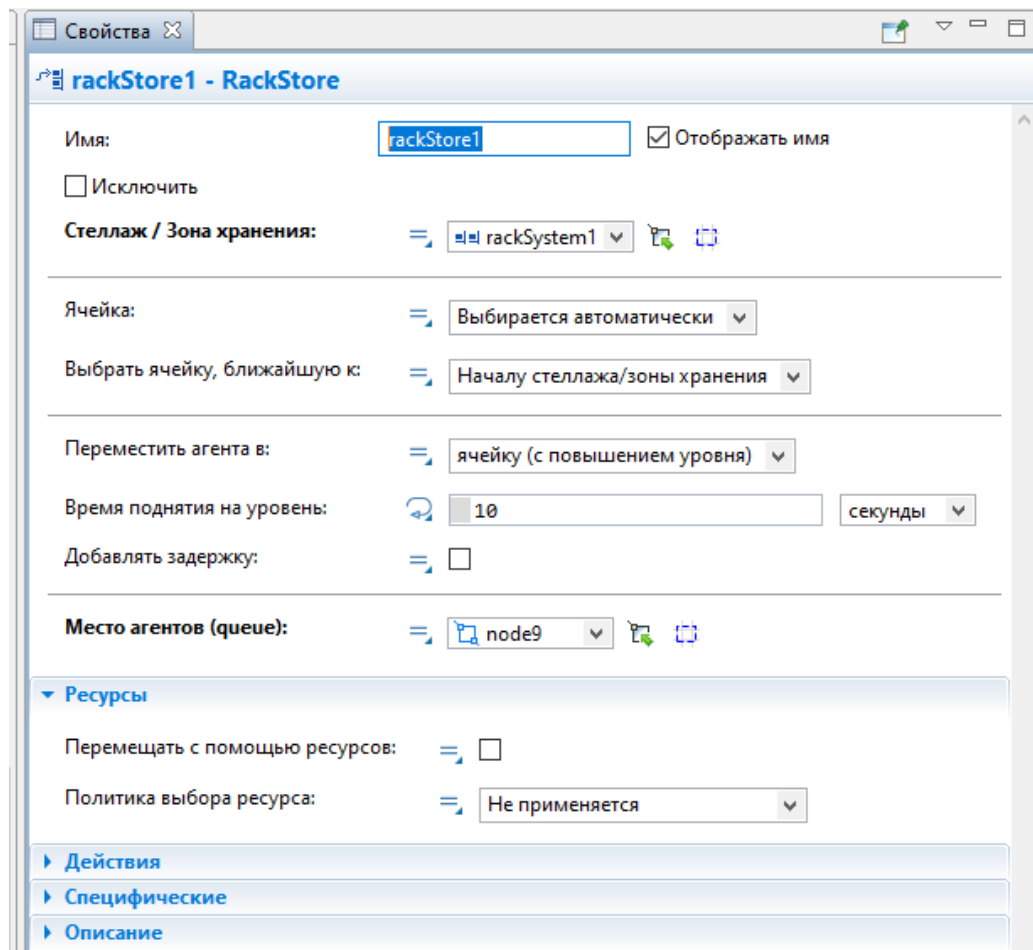


Рис. 4.29. Вікно блоку **rackStore1**

Запускається модель командою: **Панель инструментов/Запуск**. Коли блок-схема моделі буде повністю заповнена, зупиняється процес моделювання. Інструмент «годинник» (рис. 4.30) показує час виконання всього процесу: 10 год, 45хв. На рис. 4.31 зображено діаграму проходження деталей по блокам процесу, на рис. 4.32 - діаграма завантаженості робочих місць.

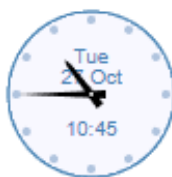


Рис. 4.30. Інструмент «годинник»



Рис. 4.31. Діаграма проходження деталей

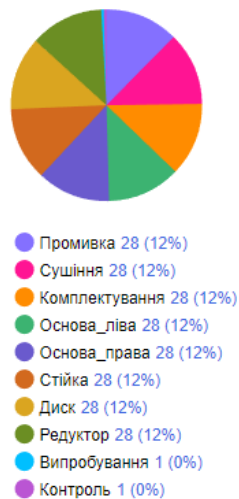


Рис. 4.32. Кругова діаграма завантаженості

Проаналізувавши діаграми можна зробити висновок, що показники проходження деталей та завантаженість робочих місць в недостатній мірі відображають реальний стан. Потік деталей повністю проходить через всі блоки, але не всі деталі залучені в операції, що проходять над ними. Діаграми та сама блок-схема не дає повного уявлення та контроль за перетворенням деталей в складальні одиниці та готовий виріб.

Для вирішення цієї задачі дана схема була оптимізована. Один потік деталей блок-схеми (рис.4.3) перетворено в 5 паралельних потоків деталей, зображених на блок-схемі (рис. 4.33.)

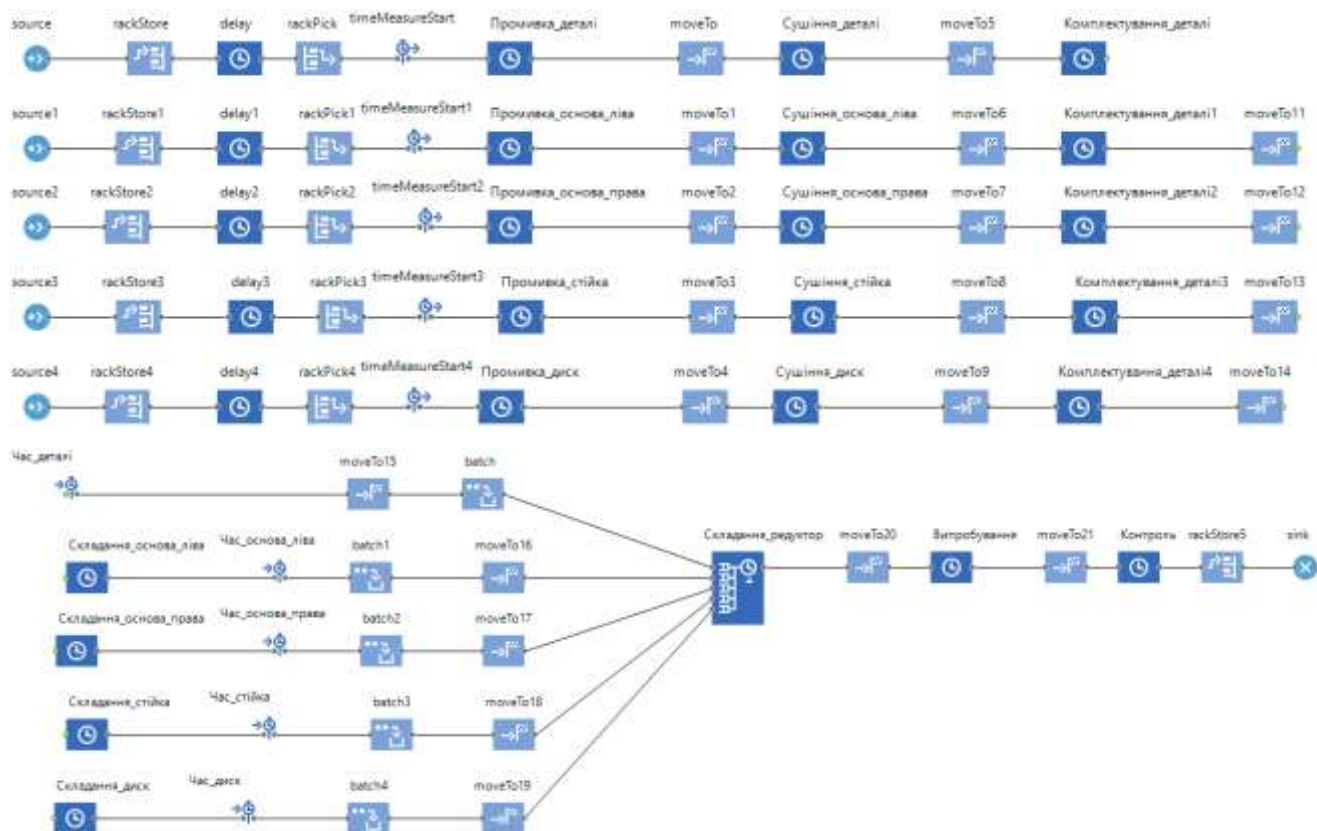


Рис. 4.33. Блок-схема перетвореного потоку деталей виробу

На рис. 4.34 представлено 2D-зображення імітаційної моделі, що відповідає даній блок-схемі.

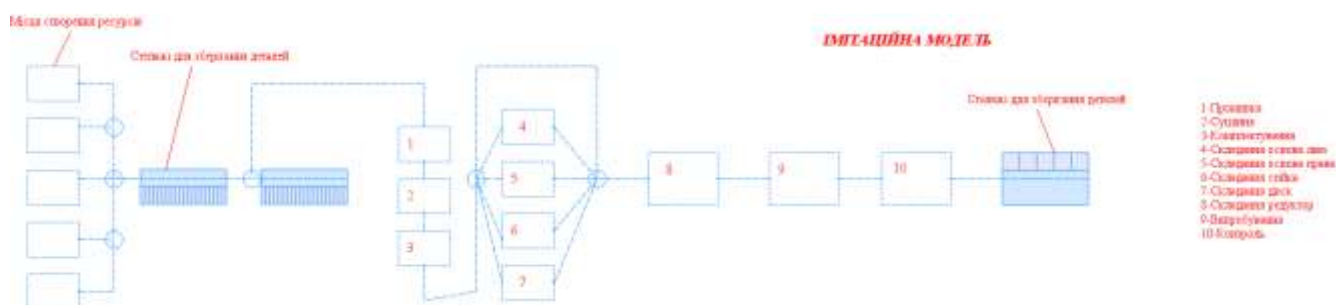


Рис. 4.34. 2D-зображення імітаційної моделі

Дана модель функціонує таким чином. Перший потік містить деталі, що не входять в складальні одиниці, другий містить деталі, що входять до складальної

одиниці «Основа ліва», третій - «Основа права», четвертий – «Стійка», і останній – «Диск».

Таким чином кожен потік деталей проходить однаковий шлях паралельно, потім з'єднуючись в один загальний. Блоки **Source-Source4** (рис. 4.35 – 4.39) містять кількості деталей, що входять до кожного з потоків.

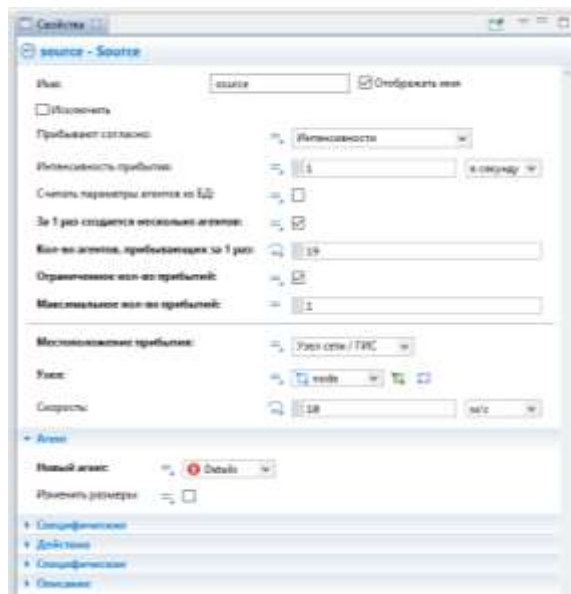


Рис. 4.35. Вікно блоку **Source**

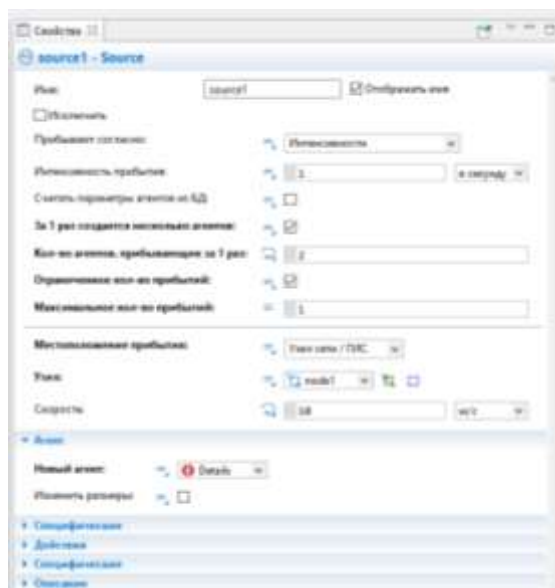


Рис. 4.36. Вікно блоку **Source1**

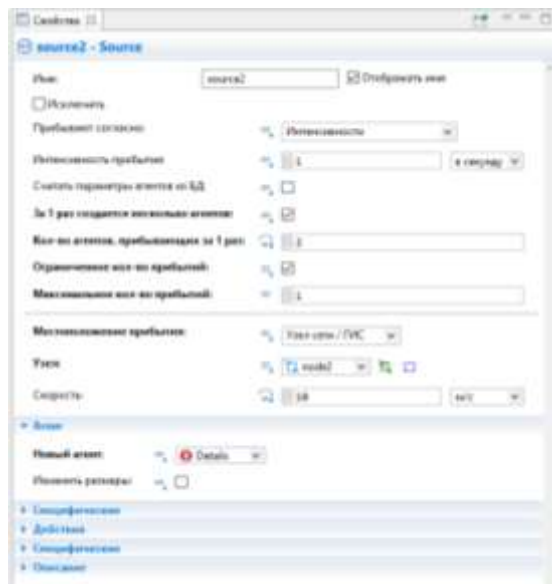


Рис. 4.37. Вікно блоку **Source2**

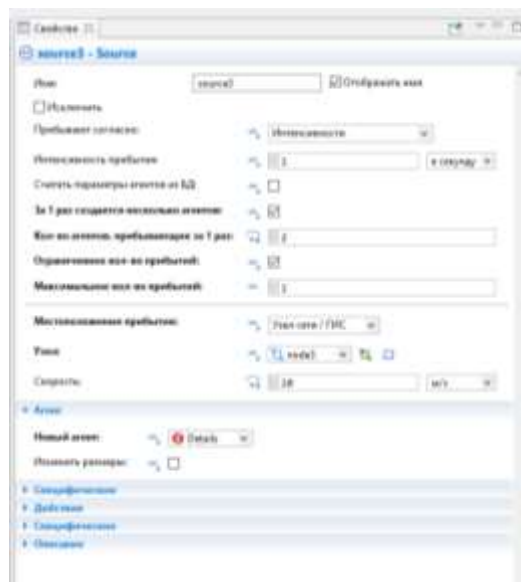


Рис. 4.38. Вікно блоку **Source3**

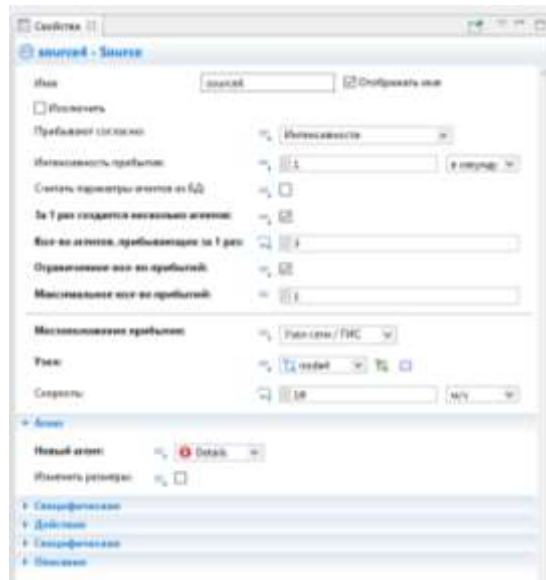


Рис. 4.39. Вікно блоку **Source4**

Блоки **rackStore-rackStore4** розміщують деталі на стелажах (рис .4.40-4.44), блоки **delay- delay4** моделюють їх зберігання (рис. 4.45-4.49), а блоки **rackPick-rackPick4** (рис. 4.50-4.54) переносять деталі до місця промивки.

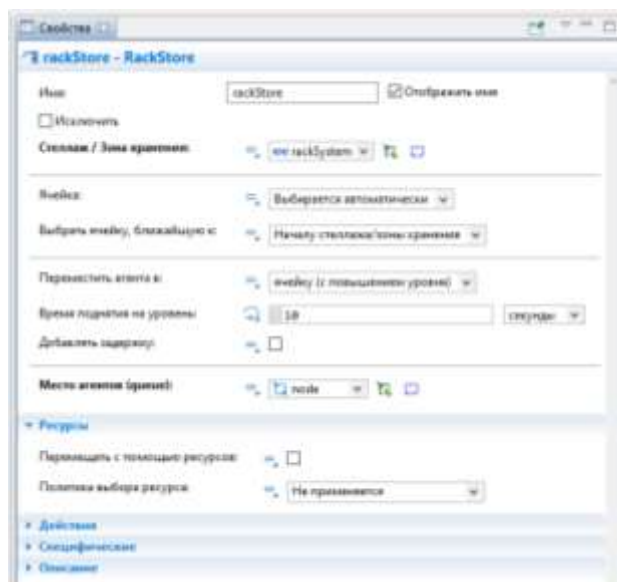


Рис. 4.40. Вікно блоку **rackStore**

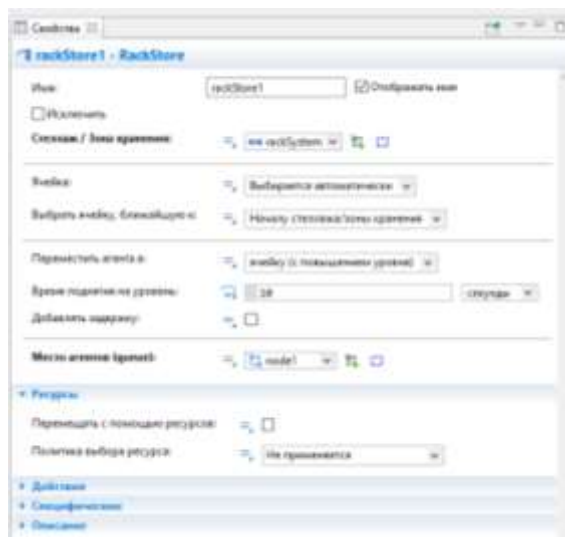


Рис. 4.41. Вікно блоку **rackStore1**

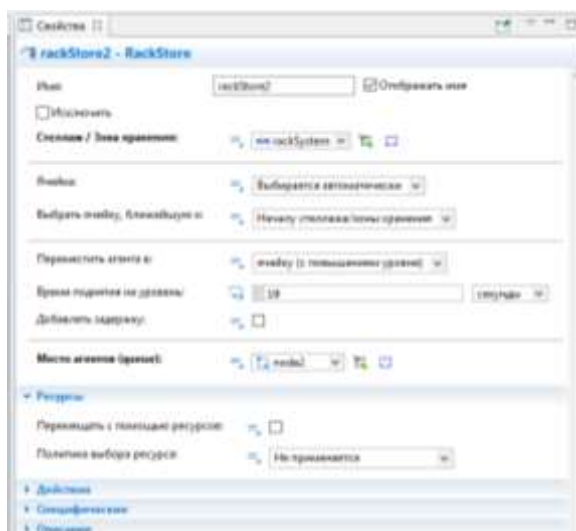


Рис. 4.42. Вікно блоку **rackStore2**

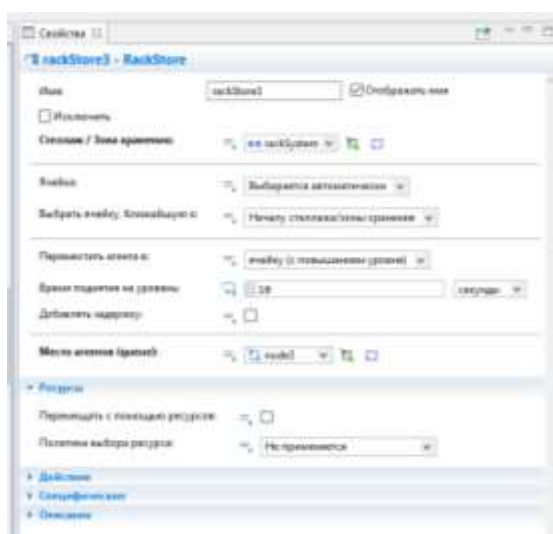


Рис. 4.43. Вікно блоку **rackStore3**

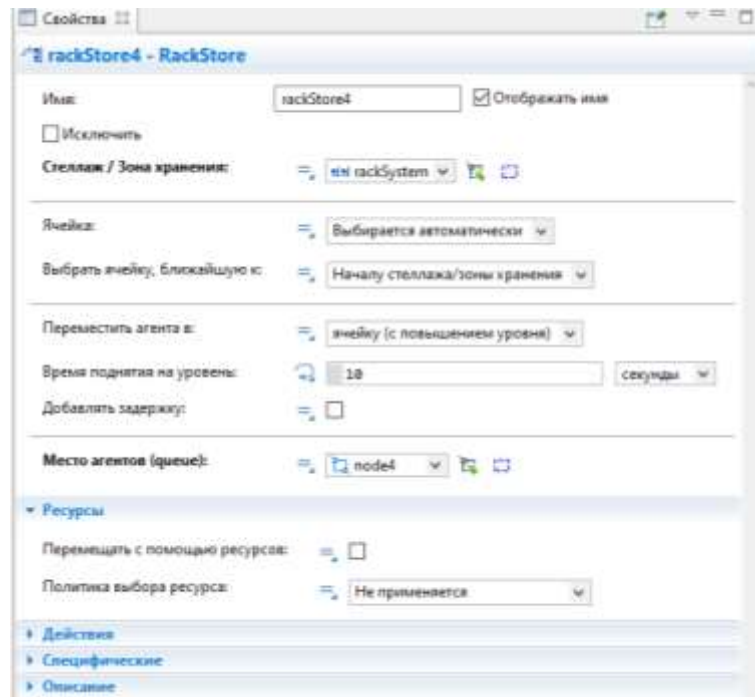


Рис. 4.44. Вікно блоку **rackStore4**

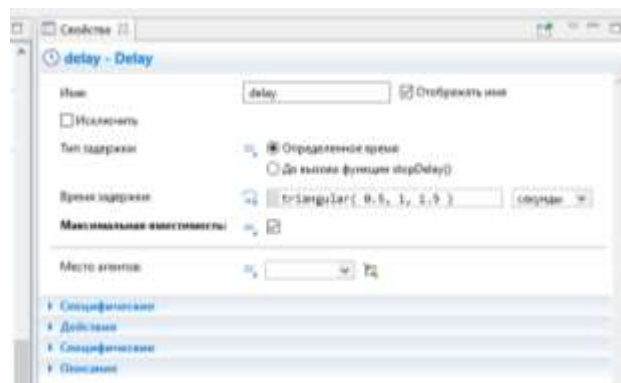


Рис. 4.45. Вікно блоку **delay**

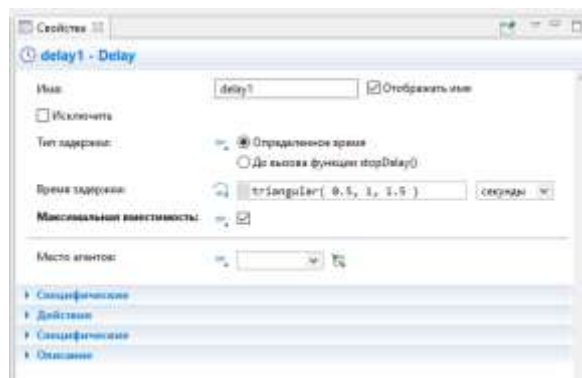


Рис. 4.46. Вікно блоку **delay1**

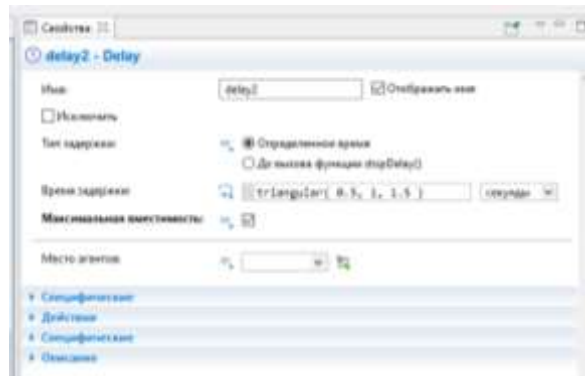


Рис. 4.47. Вікно блоку **delay2**

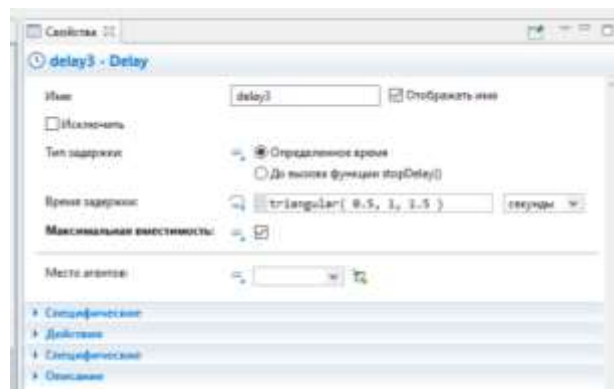


Рис. 4.48. Вікно блоку **delay3**

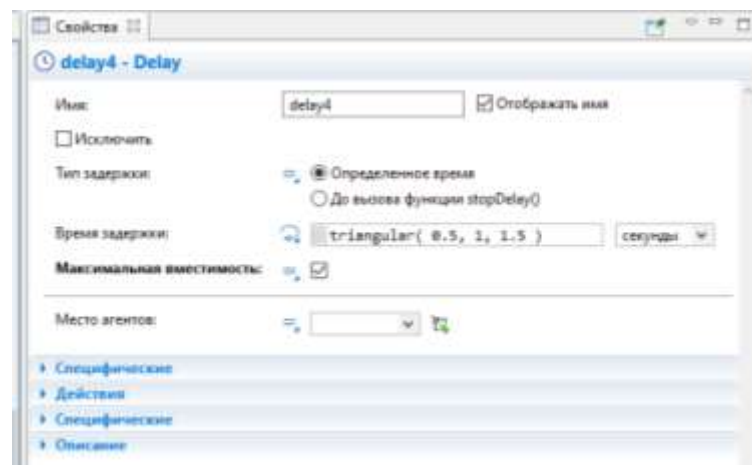


Рис. 4.49. Вікно блоку **delay4**

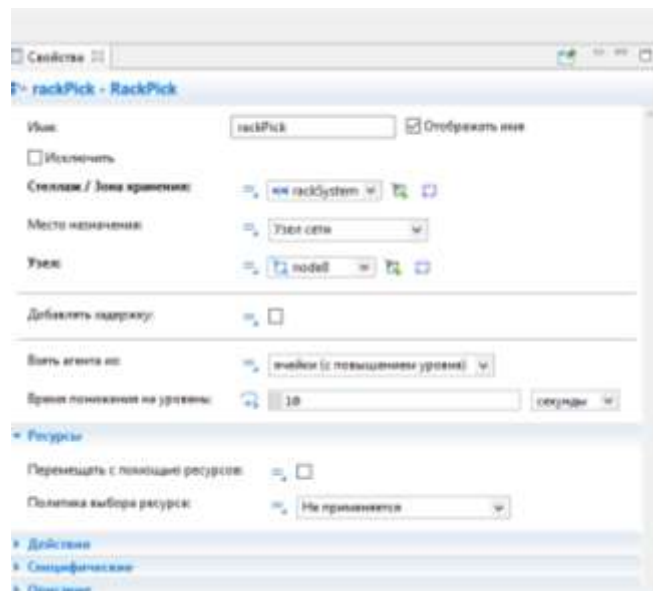


Рис. 4.50. Вікно блоку **rackPick**

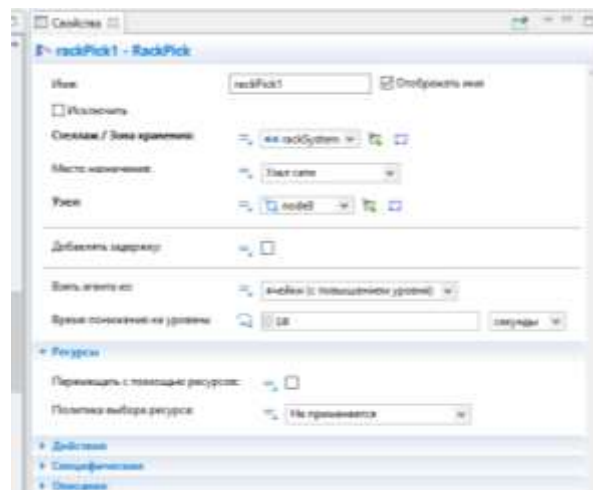


Рис. 4.51. Вікно блоку **rackPick1**

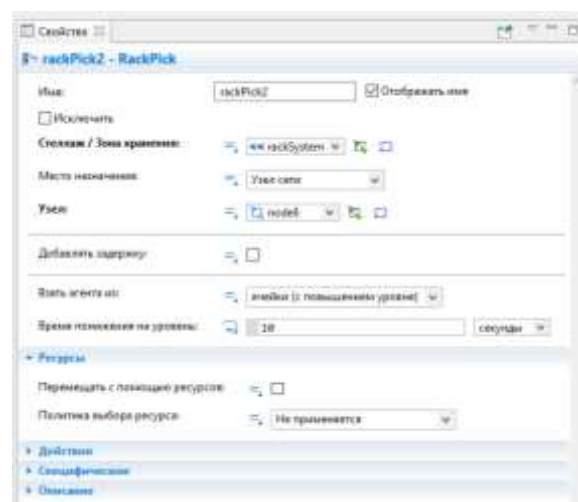


Рис. 4.52. Вікно блоку **rackPick2**

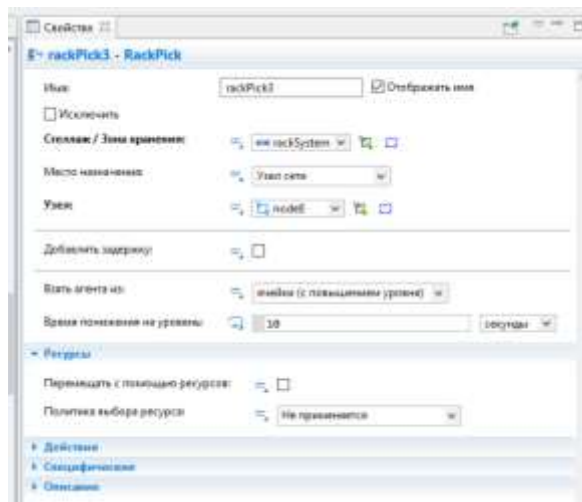


Рис. 4.53. Вікно блоку **rackPick3**

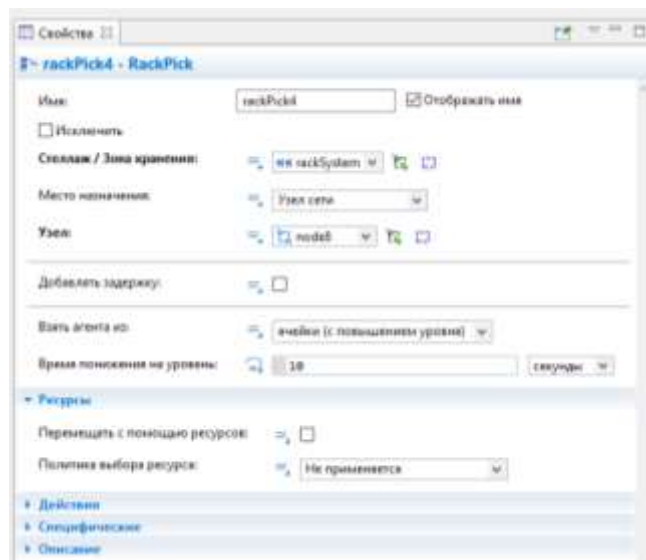


Рис. 4.54. Вікно блоку **rackPick4**

Наступні блоки «**delay**» (рис. 4.55–4.63) моделюють операції промивки,сушіння, комплектування, складання складальних одиниць,випробування та контролю. В кожний блок **delay** вноситься відповідний час виконання кожної операції. Складання редуктора моделюється спеціальним блоком **Assembler** (рис. 4.64).

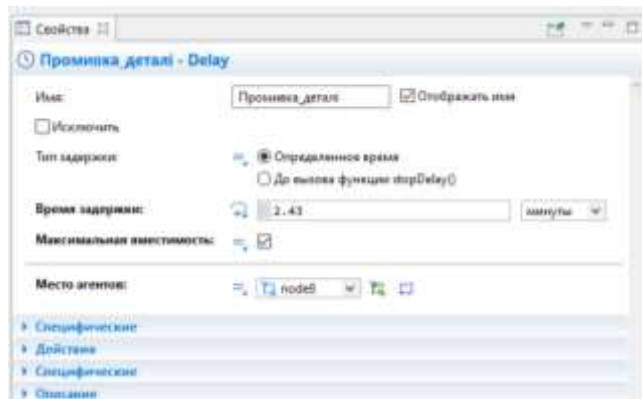


Рис. 4.55. Вікно блоку **Промивка_деталі**

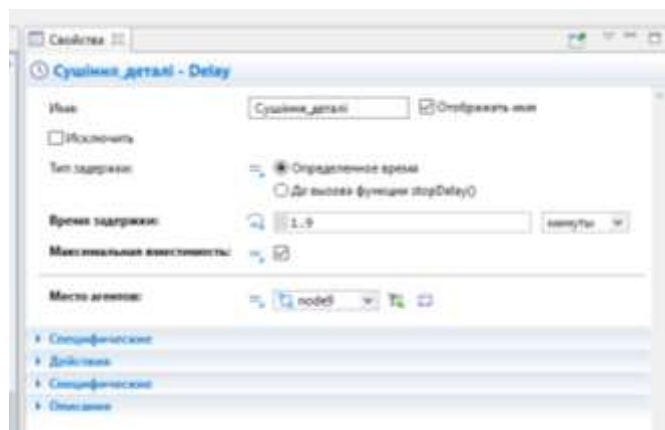


Рис. 4.56. Вікно блоку **Сушіння_деталі**

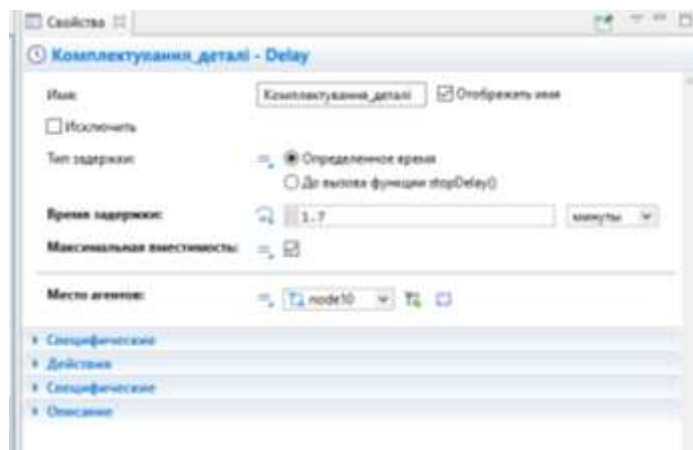


Рис. 4.57. Вікно блоку **Комплектування_деталі**

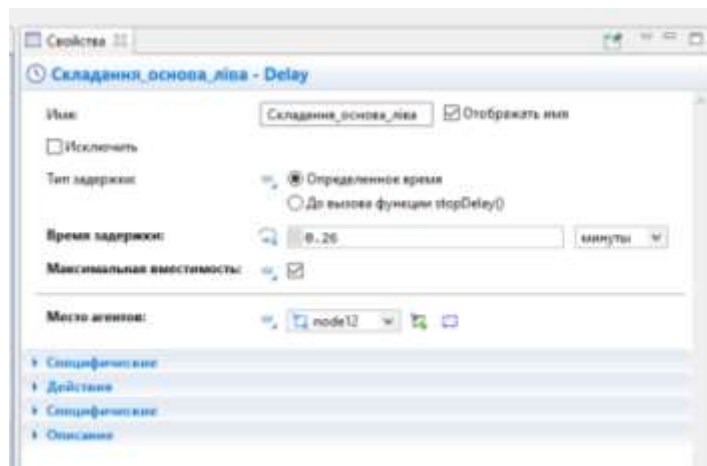


Рис. 4.58. Вікно блоку **Складання_основа_ліва**

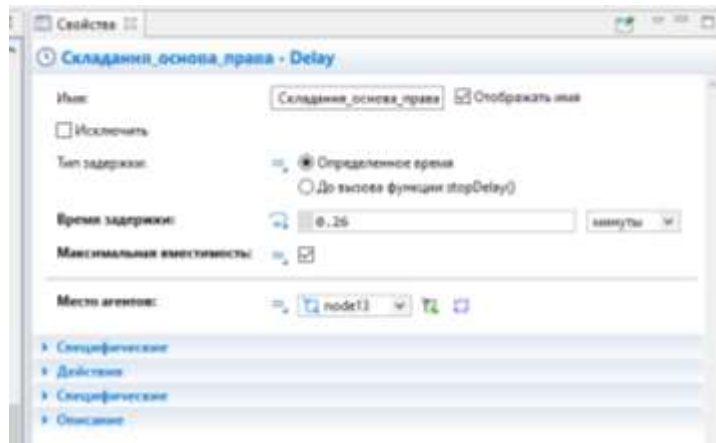


Рис. 4.59. Вікно блоку **Складання_основа_права**

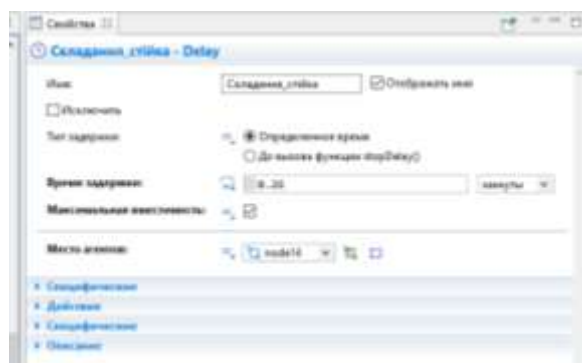


Рис. 4.60. Вікно блоку **Складання_стійка**

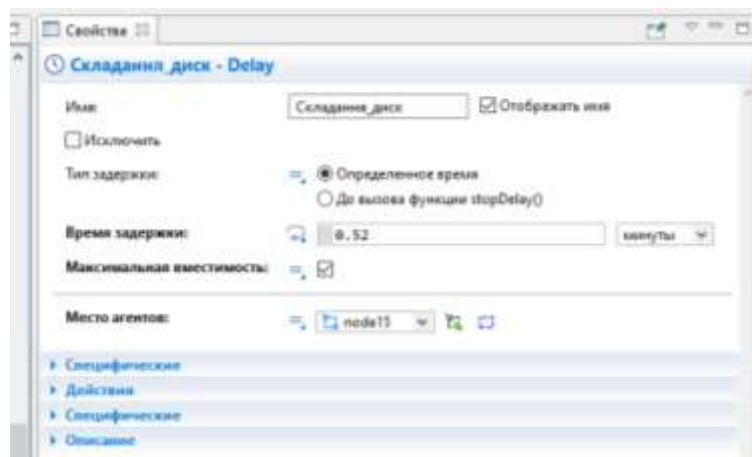


Рис. 4.61. Вікно блоку **Складання_диск**

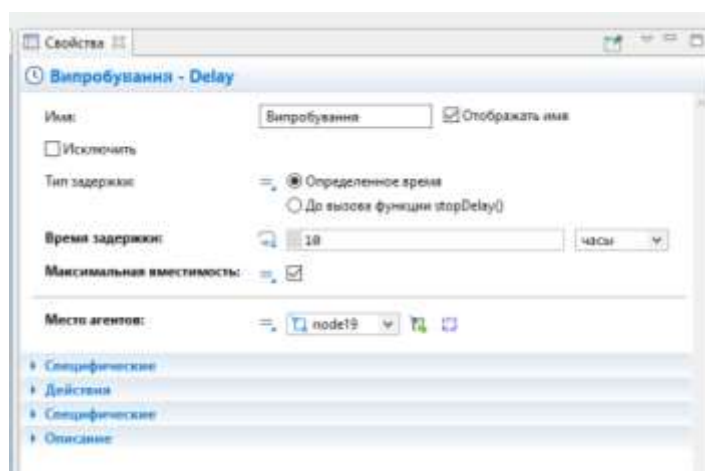


Рис. 4.62. Вікно блоку **Випробування**

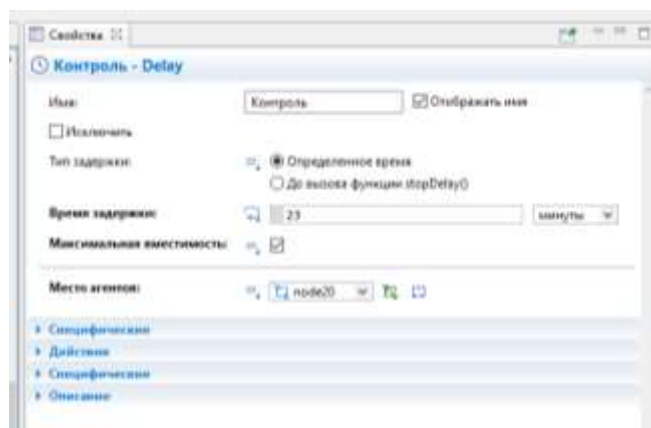


Рис. 4.63. Вікна блоків **Контроль**

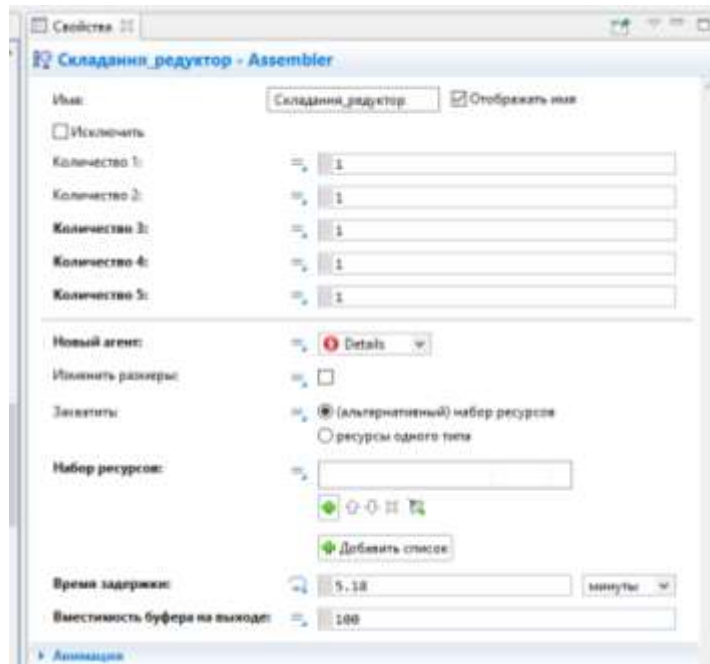


Рис.4.64. Вікно блока «Assembler»

Блоки **batch- batch4**(рис.4.65-4.69) моделюють перетворення деталей в складальні одиниці перед кінцевим складанням виробу.

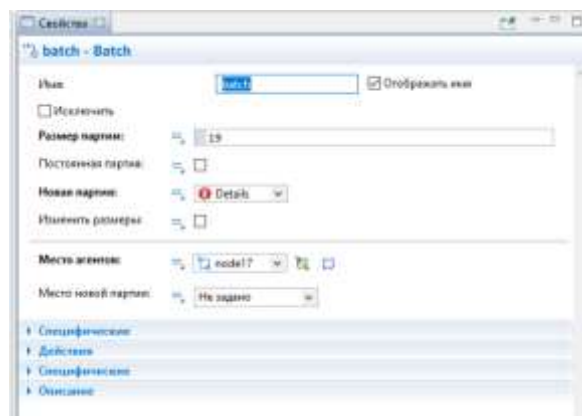


Рис. 4.65. Вікно блока **batch**



Рис. 4.66. Вікно блоку **batch1**

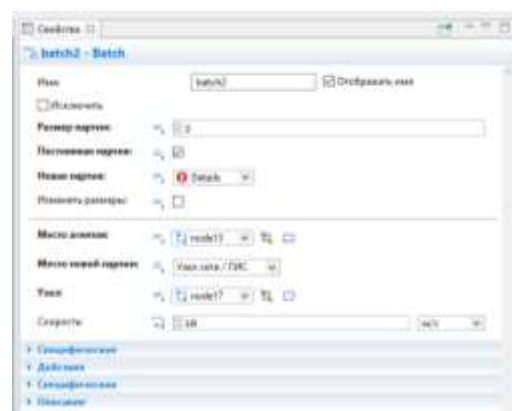


Рис. 4.67. Вікно блоку **batch2**

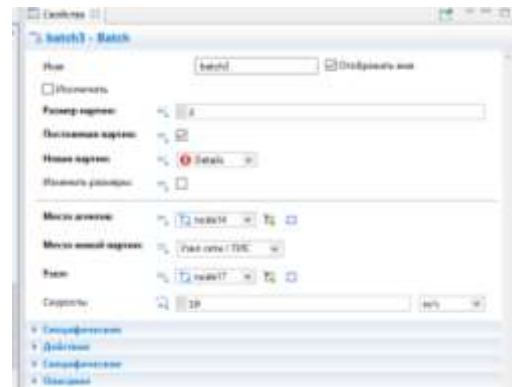


Рис. 4.68. Вікно блоку **batch3**

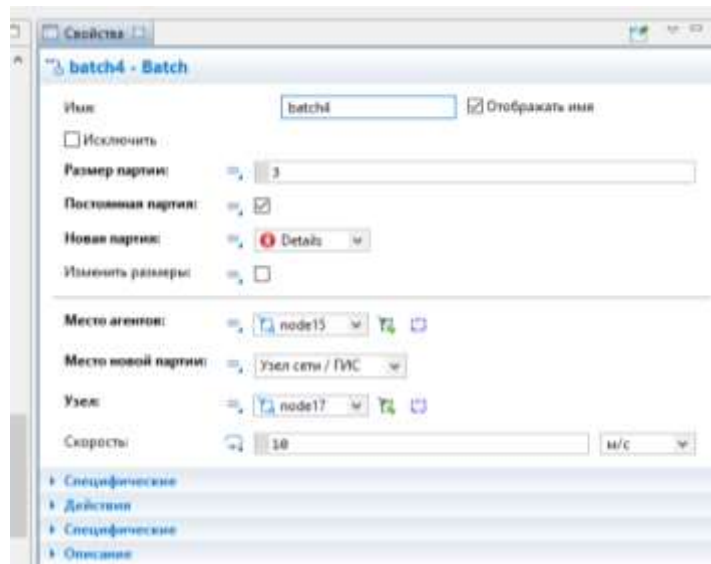


Рис. 4.69. Вікно блоку **batch4**

Переміщення деталей моделюють блоки **moveTo- moveTo4** (рис.4.70-4.74).

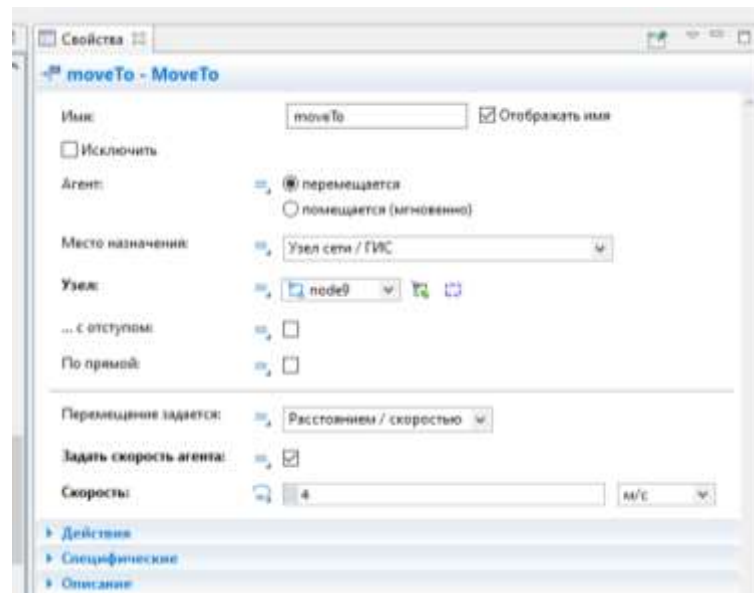


Рис. 4.70. Вікно блоку **moveTo**

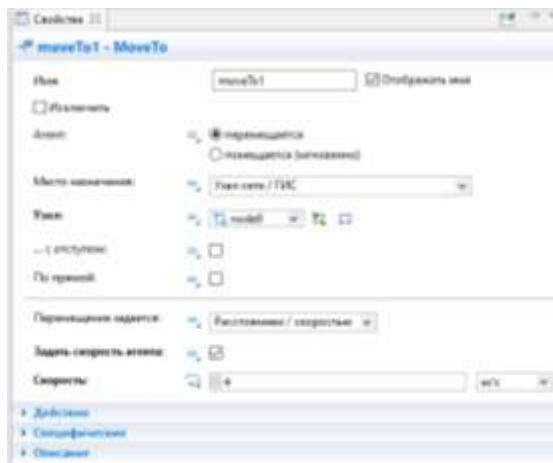


Рис. 4.71. Вікно блоку **moveTo1**

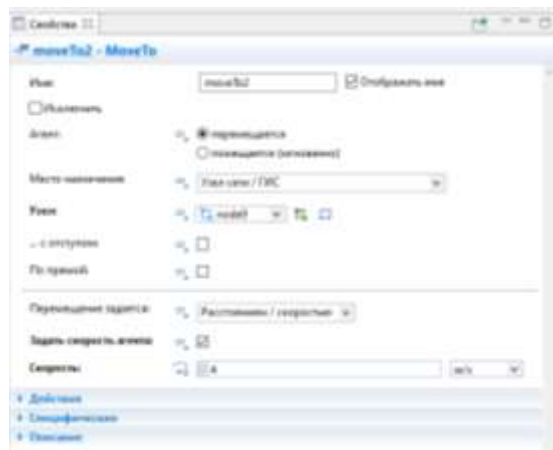


Рис. 4.72. Вікно блоку **moveTo2**

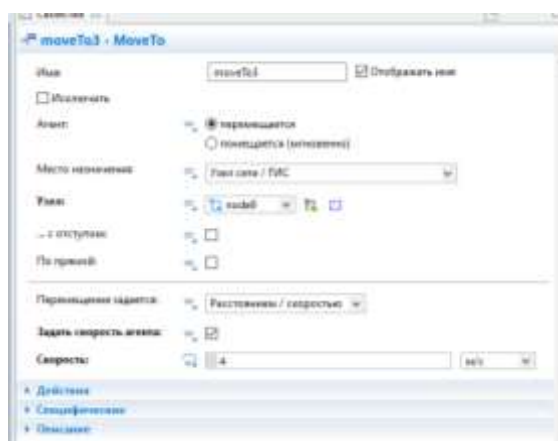


Рис. 4.73. Вікно блоку **moveTo3**

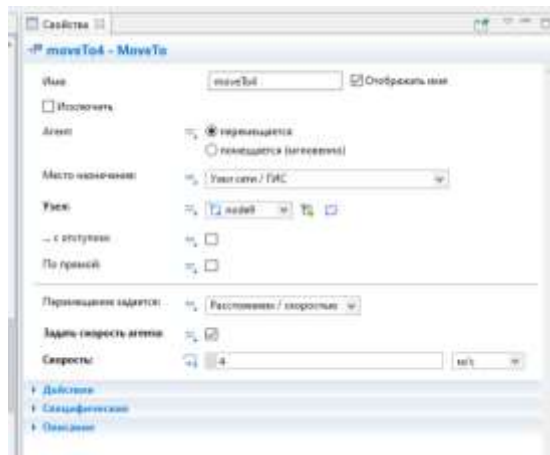


Рис. 4.74. Вікно блоку **moveTo4**

Після закінчення процесу блок **rackStore5** забирає готовий виріб і блок **sink** знищує агента. Після закінчення моделювання отримуються низка діаграм, створених за командою: **Панель инструментов/Палитра/Статистика/Диаграммы**. Таким чином створюються кругові та стовпчикові діаграми.

Кругова діаграма(рис. 4.75) показує відсотки завантаженості стелажів деталями.

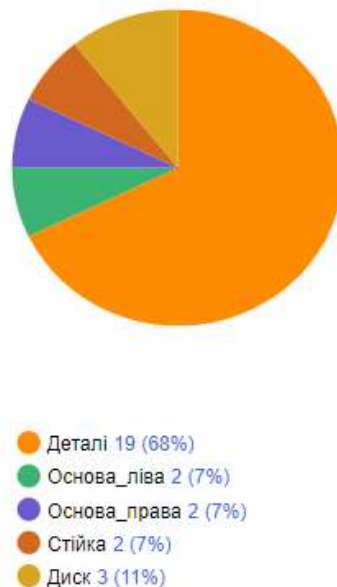


Рис. 4.75. Діаграма завантаженості стелажів

Стовпчикова діаграма(рис. 4.76) показує розподілення деталей по операціям на прикладі промивки(діаграми сушіння, комплектування та складання складальних

одиниць будуть однакові, оскільки кількість деталей незмінна до моменту кінцевого складання виробу.)



Рис. 4.76. Діаграма розподілення деталей

Наступна кругова діаграма(рис. 4.77) показує відсоток завантаженості робочих місць на прикладі сушіння на всіх потоках та загального складання.



Рис. 4.77. Діаграма завантаженості робочих місць

Після закінчення роботи моделі, зупиняється модель та звертається увага на годинник(рис. 4.78), який вказує загальний час процесу.



Рис. 4.78. Годинник в кінці процесу

Загальний час процесу зменшився новій моделі в порівнянні з попередньою. Потім порівнюються діаграми у двох моделях(рис. 4.79-4.80).

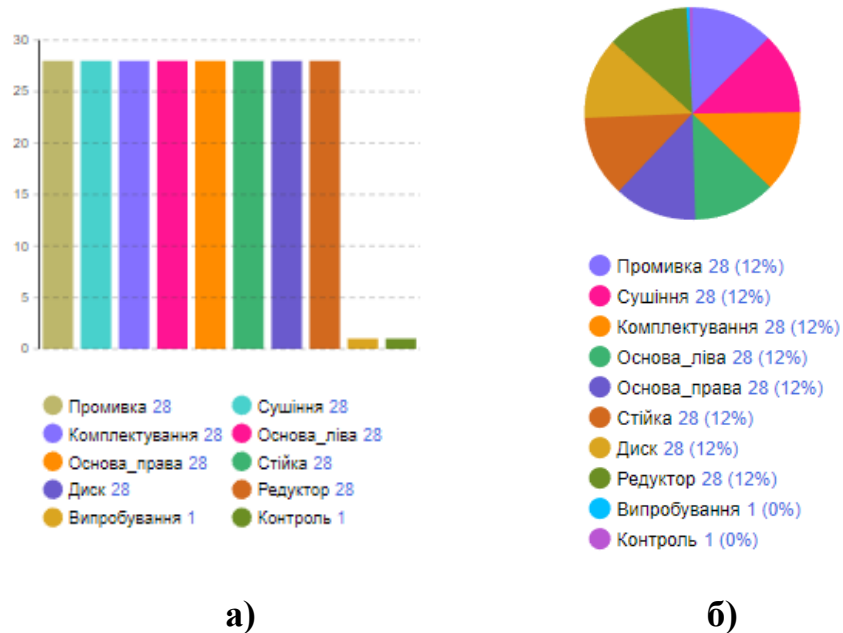


Рис. 4.79. Графіки не оптимізованої імітаційної моделі: а-розподілення ресурсів, б-завантаженість робочих місць

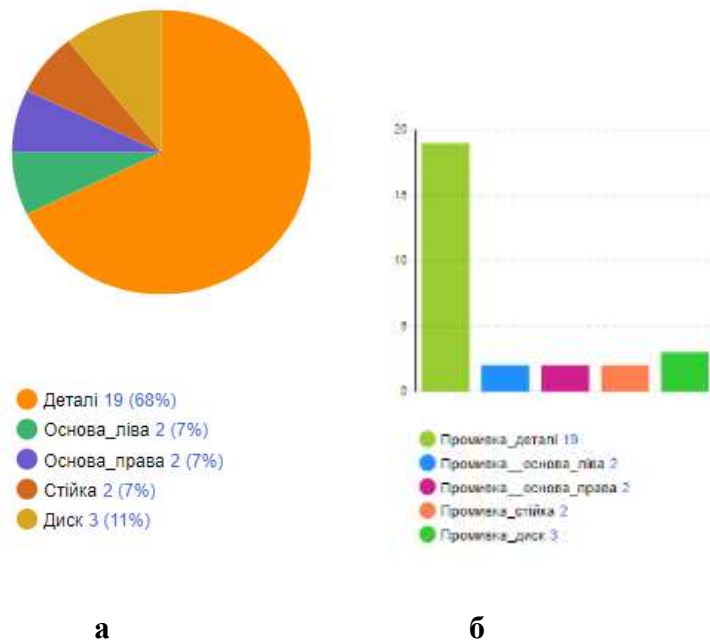


Рис. 4.80. Графіки оптимізованої імітаційної моделі: а-завантаженість стелажів, б-розподілення деталей, в-завантаженість робочих місць

У першій, не оптимізованій моделі графік розподілення ресурсів має на всіх операціях однаковий показник кількості ресурсів - 28. Перед операціями випробування та контролю показник змінюється, оскільки отримується готовий зібраний виріб. Так само однакові показники -12%, має кругова діаграма завантаженості робочих місць. Але на протязі всього процесу проходять інші зміни з ресурсами, які дані графіки не показує. Готовий виріб містить складальні одиниці, тобто на протязі проходження деталей по процесу, частина деталей, які входять до

складальних одиниць з певної кількості ресурсів перетворюється в один новий. Дана імітаційна модель та побудовані графіки не дають змоги точно оцінити розподілення деталей та які операції складання проводились на кожному місці.

Спостерігається незмінна кількість ресурсу на протязі всього процесу, а зібрані дані потребують вдосконалення та сама модель – оптимізації. Проблему було вирішено побудовою нової імітаційної моделі. Створена імітаційна модель, на відміну від попередньої містить 5 потоків деталі, кожен з яких відповідає певному типу деталей, в залежності від входження до складу певних складальних одиниць.

Таким чином можна побачити, що у другій моделі ми отримали доступ до контролю завантаженості місця зберігання деталей по кожному окремому потоку, тобто в залежності від складу кожної складальної одиниці та окремо деталей, що не входять до них.

Графік на рис.4.78(а), показує відсоток завантаженості кількостей деталей кожного потоку стелажу для зберігання, тобто серед всіх деталей: 68%- не входять до складальних одиниць по 7%- деталі, що входять до складу складальних одиниць «основа ліва», «основа права», «стійка», 11% деталей входять до складу складальної одиниці «диск». Крім цього нова модель дає змогу контролювати розподілення деталей окремих складових виробу, тобто в процесі роботи імітаційної моделі, ми слідкуємо , чи всі деталі з потоків проходять свій шлях, та як розподіляються по відповідним операціям. Із графіку 4.78(б) на прикладі операції «промивка», бачимо, що через неї пройшло: деталей, що не входять до складальних одиниць -19, деталей складальної одиниці «основа ліва» - 2, «основа права» - 2, «стійка» - 2, «диск»-3.

Діаграма завантаженості робочого місця на рис.4.78(в) на кожному з потоків деталей показує, що відсоток завантаженості робочих місць підготовчих операцій(промивка, сушіння, комплектування) для деталей: що не входять в склад складальних одиниць, становить 66%, підготовчих операцій та операцій складання деталей складальних одиниць «основа ліва» - 7%, «основа права» - 7%, «стійка» - 7%, «диск»-10%, складання готового виробу – 3%.

Проаналізувавши результати можна зробити висновок, що внаслідок зміни структури моделі було досягнуто зменшення часу складання виробу в новій

оптимізованій моделі. Було встановлено контроль за завантаженістю робочих місць та розподіленням деталей кожного потоку по технологічному процесу. Це дає змогу оцінити стан системи не загалом, як у випадку першої моделі, а дослідити зміни стану ресурсів, що входять до складу складальних одиниць та оцінити ефективність процесу, що моделюється.

4.2. Методичні рекомендації зі створення імітаційної моделі технологічного процесу складання та проведення відповідного комп'ютерного експерименту

Щоб створити імітаційну модель технологічного процесу складання необхідно дотримуватись певних кроків алгоритму для правильного функціонування моделі.

Методика створення імітаційної моделі складається з таких пунктів:

1) аналіз об'єкту моделювання - технологічного процесу складання.

Відбувається вивчення технологічної та структурної схеми складання та схеми ділянки складання виробу для перенесення даної інформації програмними засобами у середовище Anylogic. Ці схеми будуть основою для побудови блок-схеми та 2-D зображення імітаційної моделі. Вивчається карта технологічного процесу, тип обладнання та використовуваний інструмент.

2) аналіз вхідних параметрів процесу.

Звертається увага на вхідні дані – час виконання кожної операції технологічного процесу, що будуть безпосередньо впливати на роботу моделі. Аналізується специфікація для визначення кількостей деталей та складальних одиниць, що входять у виріб.

3) розробка алгоритму процесу, що моделюється.

Розробляється алгоритм процесу - чітка послідовність дій, які користувач повинен виконати в середовищі програми Anylogic. Докладне вивчення можливостей та засобів моделювання системи Anylogic є необхідною умовою створення алгоритму, на основі якого будується максимально близька до реального об'єкту імітаційна модель.

4) вибір блоків імітаційної моделі, що описують певні процеси та операції.

Досліджується середовище Anylogic та вибираються необхідні блоки, що відтворюють операції технологічного процесу.

5) внесення вхідних параметрів в імітаційну модель. В кожен створений блок вносяться відповідні вхідні дані – кількість ресурсів(деталей) та час виконання кожної операції.

6) побудова моделі процесу з використанням алгоритму.

Відповідно до створеного алгоритму блоки поєднуються в єдину систему, отримуючи імітацій модель об'єкту дослідження. Додаються інструменти візуального контролю за статистичними даними – графіки та діаграми.

7) проведення комп'ютерного експерименту над створеною моделлю.

Запускається модель та досліджується зміна її стану та її компонентів на протязі часу роботи.

8) аналіз отриманих результатів моделювання процесу.

Після закінчення роботи моделі аналізується її робота на протязі всього часу, показники графіків. При наявності збоїв чи помилок в роботі системи, визначається причина їх виникнення та засоби усунення.

9) оптимізація створеної імітаційної моделі для підвищення ефективності технологічного процесу складання. При необхідності виконується оптимізація роботи моделі, шляхом внесення змін в структуру моделі, зміну вхідних параметрів. Запускається модель та проводиться нове дослідження на основі внесених змін з подальшими висновками про її роботу.

Для використання системи імітаційного моделювання Anylogic на підприємстві, необхідно дотримуватися курсу на оновлення виробництва: своєчасно оновлювати інформацію, для того щоб досліджуваний об'єкт був актуальним, своєчасно обслуговувати систему моделювання, оновлювати підходи до проектування. Застосовувати нове обладнання та ПЗ. Щоб використовувати імітаційне моделювання як засіб аналізу технологічних процесів на підприємстві в будь-який час, запропонована методика створення імітаційної моделі допоможе у впровадженні на виробництві.

Висновки до розділу

В даному розділі представлено результати побудови імітаційної моделі технологічного процесу складання редуктора. За відповідним алгоритмом була створена імітаційна модель. Результатами моделювання-створена блок-схема моделі та графіки завантаженості та розподілення деталей в технологічному процесі.

Результатами роботи першої моделі зроблено висновки про необхідну оптимізацію її роботи. Імітаційна модель та побудовані графіки не давали повного відображення стану ресурсів (деталей), їх розподілення та які операції складання проводились на кожному місці. Враховуючи ці результати була створена нова модель, що враховувала особливості процесу та давала змогу оцінити вихідні дані на кожній складовій гілці технологічного процесу.

Таки чином, проаналізувавши результати роботи оптимізованої моделі, було виявлено, що стелажі для зберігання деталей завантажені 68% - всіх деталей, що не входять до складальних одиниць, 7%- деталі, що входять до складу складальних одиниць «основа ліва», «основа права», «стійка», 11% деталей. що входять до складу складальної одиниці «диск».

Використовуючи діаграму розподілення деталей, було визначено, яка кількість проходить через операції на кожному потоці деталей, тобто: не входять до складальних одиниць -19 деталей(потік№1), деталей складальної одиниці «основа ліва» - 2(потік№2), «основа права» - 2(потік№3), «стійка» - 2(потік№4), «диск»- 3(потік№5).

Визначено відсоток завантаженості робочих місць підготовчих операцій для деталей: що не входять в склад складальних одиниць - 66%, підготовчих операцій та операцій складання деталей складальних одиниць «основа ліва» - 7%, «основа права» - 7%, «стійка» - 7%, «диск»-10%, складання готового виробу – 3%. Саме зміна структури імітаційної моделі дало можливість зменшити час виконання процесу та отримання наведених вище статистичних даних, що було неможливо відтворити, використовуючи не оптимізований варіант імітаційної моделі.

Таким чином отримано оптимальний варіант імітаційної моделі, що враховував особливості процесу. Аналіз результату роботи моделі показав, що новий варіант процесу є оптимізований та дає більші можливості для контролю його функціонування.

За результатами виконаної роботи, можна зробити висновок, що імітаційне моделювання має необхідні інструменти та програмні засоби, що дозволяють підвищити ефективність технологічних процесів складання, шляхом побудови імітаційних моделей. Можливості таких програмних засобів, наприклад використаної системи Anylogic, відкривають шляхи до оптимізації технологічних процесів.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ»

5.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах використання дискретно-подієвого моделювання як засобу імітаційного моделювання, було створено та оптимізовано імітаційну модель технологічного процесу складання редуктора з використанням інструментів системи AnyLogic. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап-проекту, який визначить можливість даного продукту вийти на ринок і конкурувати з продуктами, що вже існують[41].

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення моделі технологічних процесів складання в приладобудуванні	1. Застосування в виробництві, планування виробництва, розробці та впровадження технологічних процесів складання	Дозволяє використовувати систему на різних етапах технологічного процесу складання
	2. Проектування технологічних процесів	Підвищення ефективності проектування технологічних процесів складання

Отже, пропонується новий спосіб використання дискретно-подієвого моделювання в моделюванні технологічних процесів складання, дослідження цих процесів, вивчення можливостей оптимізації та підвищення ефективності функціонування засобами системи AnyLogic.

Далі проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів[41]:

- визначаємо попереднє коло конкурентів або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, проводимо збір інформації щодо техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

- проаналізуємо проект для власної ідеї щодо сильних, слабких та нейтральних характеристик порівняно з конкурентами (табл. 5.2).

Такими конкурентами визначено:

Конкурент 1 – Моделювання технологічних процесів складання в системі Arena;

Конкурент 2 – Моделювання технологічних процесів складання в системі GPSS WORLD;

Конкурент 3 – Моделювання технологічних процесів складання в системі Plant Simulation.

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Створення бібліотек	+	+	-	-		+	
2.	Необмежені потоки випадкових чисел	+	+	+	+		+	
3.	Розробка власного інтерфейсу	+	+	-	+			+
4.	Імпорт креслення	+	+	-	+	+		
5.	Використання будь-яких мов програмування	-	-	-	-		+	

Після порівняння характеристик проекту з конкурентами визначено лише одна слабка характеристика: використання будь-яких мов програмування, проте ця сторона є спільною у всіх конкурентів, оскільки кожна система має свою спеціалізовану мову. Визначено 4 сильні характеристики, причому 3 з них є слабкими у конкурентів. Ідея проекту містить 3 нейтральних, 1 слабку та сильну сторони в порівнянні з конкурентами. Порівняльний аналіз характеристик і властивостей ідеї, показав, що власний проект має більше переваг.

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного розділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту. Визначено технологічну здійсненність ідеї проекту, яка передбачає аналіз таких складових (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Проектування технологічних процесів складання	Традиційні мови програмування	Наявні, але потребують значних знань в програмуванні (Java)	Доступні
2	Проектування технологічних процесів складання	Спеціальні програмні бібліотеки вже існуючих систем	Наявні, потребують незначних доопрацювань	В повному об'ємі недоступні, існують обмежені версії
3	Проектування технологічних процесів складання	Готові технологічні процеси складання	Наявні, потребують незначних доопрацювань	В повному об'ємі недоступні, існують обмежені версії

Визначена ідея проекту «модельовання процесів складання виробів в приладобудуванні» – проектування технологічних процесів складання з використанням інструментів системи AnyLogic. Було вибрано 3 технології реалізації ідеї.

Традиційні мови програмування – невід'ємна частина системи імітаційного моделювання AnyLogic. Такою мовою виступає Java, вивчення якої є доступне для користувача. Java таким чином вбудована у систему, щоб користувач міг реалізовувати моделювання поведінки складних типів та об'єктів. Знання цієї мови важливе для проектування імітаційних моделей складних об'єктів та відтворення їх роботи максимально близько до реального стану.

Спеціальні бібліотеки AnyLogic містять засоби та інструменти проектування для роботи з складними об'єктами. Враховуючи специфіку об'єкта дослідження, такі бібліотеки можна змінювати для покращення роботи.

Це необхідно робити для того щоб спеціальні програмні бібліотеки працювали так, щоб даний продукт не містив жодного недоліку при використанні клієнтом, був зручним для нього. Користувач повинен мати можливість підлаштовувати певні елементи бібліотек під себе, проте існують певні обмеження із внесенням змін в такі технології.

Система AnyLogic містить технології та інструменти, які з внесенням незначних змін для налаштування їх роботи з проектуванням технологічних процесів складання, реалізують дану ідею.

Даний проект можна реалізувати, тому що всі необхідні технології реалізації даних ідей наявні. Можливість їх реалізування є обмеженою через недосконале знання мови програмування Java, оскільки складні процеси дискретно-подієвого моделювання містять багато факторів та змінних.

Всі параметри впливають на об'єкт моделювання, формуючи його поведінку, яка змінюється на протязі певного часу. Існують певні події та стани, які важко, або неможливо описати всіма засобами системи моделювання.

Тому, щоб відтворити дані фактори, та забезпечити максимально точне відтворення технологічного процесу складання, технологія традиційних мов програмування потребує залучення спеціалістів з даної мови. Рівень знань мови програмування користувача програми доповнює можливості системи та покращує рівень реалізації ідеї проекту.

Технологічний аудит проекту показує, що для реалізації ідеї проекту існують необхідні технології. Незважаючи на необхідність певного доопрацювання та певного обмеження їх використання, наявний доступ дає можливість внесення в них змін при необхідності.

Це в свою чергу розширює можливості системи імітаційного моделювання та максимально покращує реалізацію ідеї – проектування технологічних процесів

складання виробів з використанням засобів системи дискретно-подієвого моделювання AnyLogic.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначаємо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації. Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів[41]. Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	600 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Невелика база технологічних процесів складання, швидкість обробки великої кількості інформації
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Не змінна
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70%

За попереднім оцінюванням ринок має 3 основних гравців, зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт.

Існує невелика база та висока норма рентабельності в галузі, тому можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження, хоча на ньому функціонують іноземні фірми, які працюють багато років і роблять продукцію хорошої якості, але за рахунок нової технології і переваг, які вона надає, продукт є

конкурентоспроможним. Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи[41] (табл. 5.5).

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4	5
1	Система моделювання технологічних процесів складання	Підприємства з виготовленням продукції технологічного призначення	- мова програмування - ціна продукту - наповненість бази системи -обслуговування	до продукції:- - можливість редагування; - заміна бібліотеки на свою; до компанії постачальника: - оновлення бібліотеки
2	Швидкість та ефективність	Підприємства з виготовленням продукції технологічного призначення	- швидкість обробки інформації -оптимальність обробки інформації	до продукції: - - простота використання; - до компанії постачальника: - оперативність налаштування.
3	Результати проектування	Підприємства з виготовленням продукції технологічного призначення	-використання людиною, яка не володіє всіма відповідними знаннями; - наявність простого інтерфейсу;	до продукції: - простота використання; - доступний інтерфейс; - до компанії постачальника: - швидке налаштування.

Отже потенційною групою клієнтів продукту мають стати приладобудівні підприємства, фірми з різною кількістю робочих центрів і з різною кількістю замовлень, які побачать економічну вигоду у проектуванні технологічних процесів складання виробів за новою методикою. При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні висококваліфіковані фахівці. Необхідною умовою є своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 5.6).

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Збут	покупець визначає постачальників за ефективністю роботи розробленої системи	Необхідно пропонувати моделі в невеликі компанії, які не бажають витратити великі гроші на дані системи
2	Корисність	Може не відповідати вимогам певних підприємств	Пропонувати методику використання нашої системи впродовж певного часу безкоштовно
3	Конкуренція	Наявність аналогічних систем	Пропонувати системи на підприємства, які мають курс на оновлення виробництва
4	Обладнання	Застаріле програмне забезпечення	Застосування нового програмного забезпечення
5	Результативність	Виводить тільки кінцеві результати роботи	Надавати роз'яснення для виведених результатів

В таблиці 5.6 було визначено фактори загроз які перешкоджають ринковому впровадженню нашого проекту. Проблеми можуть виникнути у збуті, корисності, конкуренції та обладнання. Було описано зміст кожної загрози, а також можливу реакцію на фактор щоб звести до мінімуму його негативний та небажаний вплив.

Реакцією компанії є рішення, що враховують специфіку загрози та пропонують підходи для недопущення порушення роботи проекту. Фактори загроз

не є значними в порівнянні з конкурентами, що вже є на ринку і не заважатимуть реалізації даного продукту.

Поряд із колом загроз існують і певні можливості для проекту (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
1	Наукова новизна	Оновлення на будь-якому етапі роботи	Проводити оновлення та налаштування системи
2	Корисність	Може бути важливим доповненням для проектування технологічних процесів складання	Пропонування системи на підприємства, що оновлюють підходи до виробництва
3	Метод проектування	Оптимальний метод для проектування технологічних процесів складання	Спробувати використовувати інші методи проектування технологічних процесів складання
4	Удосконалення продукту	Вдосконалення продукту може здійснити працівник компанії	Модернізація продукту
5	Швидкий ріст	Збільшення кількості продажів через бажання клієнтів оновлювати підходи до виробництва	Розширення ринку збуту, партнерські програми
6	Економічні	Підтримка інноваційного виробництва	Підвищення/пониження ціни на продукт.

В таблиці 5.7 було визначено фактори можливостей які сприяють ринковому впровадженню нашого продукту. Такими факторами є: наукова новизна, корисність, метод проектування, удосконалення продукту, швидкий ріст та економічний фактор. Було описано зміст можливостей для кожного з факторів та необхідні реакції компанії на той чи інший фактор для забезпечення його впровадження. Далі було проведено аналіз конкуренції на ринку(таблиця 5.8).

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Тип конкуренції - олігополія	Характеризується кількістю фірм від 2 до 10, обгороджених бар'єрами, які перешкоджають вступу в галузь нових фірм, мають контроль над цінами, але при змові з іншими представниками	Пропонувати системи на підприємства, які зацікавлені в оновленні проектування, інноваціях у виробництві
2. За рівнем конкурентної боротьби- локальний	Місцем використання системи	Пропонувати різні види наповнень бібліотек даних
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Однією галуззю використання	Пропонувати різні види наповнень бібліотек даних
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Товарами одного виду	пропоонувати різні види наповнень бібліотек даних
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	За допомогою вдосконалення якості продукції, технології виробництва, патентування і брендування та умов її продажу	Використовувати різні системи моделювання для порівняння результатів
6. За інтенсивністю - не марочна	Торгова марка дуже не значна, проте може бути присутньою на ринку	Створити бренд, легкий для запам'ятовування

В даній таблиці було проаналізовано ринок збуту нашого продукту і визначено загальні риси конкуренції на ньому. Було досліджено особливості конкурентного середовища[41]. Визначено як проявляється кожна характеристика та необхідні рішення, які дозволять мінімізувати негативний вплив на підприємство та дозволити йому бути конкурентоспроможним. Тепер необхідно провести більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі(таблиця 5.9).

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	- Arena -GPSS WORLD -Plant Simulation	-Extend -Simulink	-США -СНГ -Європа	Приладобудівні підприємства	Системи побудовані за допомогою інших засобів
Висновки	Інтенсивність з боку прямих конкурентів – є значною	- існує можливість виходу на ринок -є потенційні конкуренти Строки виходу системи на ринок – 2020-2021	Постачальники встановлюють вимоги роботи на ринку: -відповідне оформлення системи; -гарантії	Клієнти встановлюють вимоги роботи на ринку: -наповнення бібліотек; -простота інтерфейсу	Обмеження для роботи через товари - замінники

Аналіз показав, що головними силами, які впливають на конкуренцію в галузі є постачальники та споживачі[41]. Велике значення має інтенсивність конкуренції між існуючими конкурентами. Прямими конкурентами є три системи, що займаються моделюванням процесів: Arena, GPSS WORLD та Plant Simulation. Потенційними конкурентами можуть бути Extend та Simulink. Зроблено висновки по кожному з конкурентів, постачальників, клієнтів та товарів-замінників. Сильні позиції проекту за кожним з факторів означають її можливості забезпечити необхідні темпи обороту капіталу та її здатність впливати на інших учасників ринку, диктуючі їм власні умови співпраці. Фактори конкурентоспроможності розглянуто в таблиці 5.10, а порівняльний аналіз сильних та слабких сторін моделювання технологічних процесів складання наведено в таблиці 5.11[41].

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Оболонка	В наявності
2	Інтерпретатор	Здійснює перетворення інформації
3	Рівень мови створення	Використано Java
4	Можливість редагування	В головному коді програми
5	Оновлення бібліотек	В головному коді програми, за нестачі інформації
6	Простота використання	Можна використовувати не будучи спеціалістом в даній предметній області

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін моделювання технологічних процесів складання

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моделюванням ТП						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Оболонка	2					+		
3	Метод представлення	1				+			
4	Можливість доповнення та редагування	1					+		
5	Оновлення бібліотек	1				+			
6	Простота використання	5				+			
7	Підхід побудови алгоритмів в бібліотеках	1					+		
8	Тип набутих знань	2						+	
9	Рівень мови придбання знань	1					+		

Фактори конкурентноспроможності є обґрунтованими та є важливими для порівняння з конкурентами. Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін показав, такі показники, як: надійність, довговічність та час роботи, за таку ж саму ціну на продукт, дає перевагу над іншими продуктами і тому проект може стати конкурентноспроможним на ринку[41]. Далі проведемо аналіз сильних і слабких сторін проекту(таблиця 5.12).

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: - використання спеціалізованих мов програмування; - імпорт креслення. -можливість вдосконалення продукту.	Слабкі сторони: - розробка власного інтерфейсу; - недостатня кількість навчених розробників
Можливості: - корисність; - ріст попиту ; - отримання нових замовлень; - збільшення продажів;	Загрози: - збут; - конкуренція; -поява нових технологій у конкурентів; -результативність

В таблиці 5.12 було проведено аналіз сильних та слабких сторін проекту. Ринкові загрози та ринкові можливості який складаємо на основі факторів загроз і можливостей, які ми склали раніше.

Ринкові загрози та можливості на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення[41].

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової

реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 5.13) [41].

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз	80%	1 рік
2	Стратегія заміни недоліків стартапу наявними ринковими можливостями	60%	1 рік

Проведено аналіз розроблених нами альтернатив ринкового впровадження і з зазначених альтернатив обираємо ту яка має найбільшу ймовірність отримання ресурсів, а також є найшвидшою в реалізації. Обираємо стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу - наявними ринковими можливостями[41].

Таким чином компанія використовує свої сильні сторони, які переважають, для нейтралізації зовнішніх загроз.

Викорстовуючи це, проект може вибірково здійснювати «контратаки» – завойовувати окремі ринкові ніші, але більшість зусиль має спрямовуватися на стримування наступу конкурентів і підготовку до активних дій у майбутньому, коли можливості будуть переважати загрози, що буде основою формування його конкурентної поведінки[42].

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Приладобудівні підприємства	70%	85%	80%	15%
Які цільові групи обрано: Стратегія концентрованого маркетингу					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обрано цільові групи, для яких будемо пропонувати свою програму для оптимізації робочих центрів – приладобудівні підприємства. Визначено визначено стратегію охоплення ринку: стратегію концентрованого маркетингу. Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку[41].

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Стратегія спеціалізації	Стратегія спеціалізації	Передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок, ціль - задоволення потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти	Стратегія спеціалізації

За базову стратегію розвитку було взято стратегію спеціалізації, що передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок[41]. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Така стратегія може спиратися як на диференціацію, так і на лідерство по витратах, або і на те, і на інше, але тільки у рамках цільового сегменту[41]. Проте низька ринкова доля у разі невдалої реалізації стратегії може істотно підірвати конкурентоспроможність компанії. Зосередження на одному сегменті дасть переваги для вирішення недоліків даного проекту та покращить стан конкурентоспроможності на ринку. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Пошук нової цільової аудиторії.	Так - методи та засоби - схожість систем - побудова алгоритму моделювання технологічних процесів складання	Стратегія зайняття конкурентної ніші

За базову стратегію конкурентної поведінки прийнято стратегію зайняття конкурентної ніші - компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру. Головне завдання компанії при цьому – це постійна турбота про підтримку і розвиток своєї конкурентної переваги, формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів. На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також

в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розроблено стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект[41].

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	База бібліотек	Стратегія спеціалізації	-Метод отримання нових даних -наукова новизна	- Позиціонування за співвідношенням «ціна-якість» - Позиціонування за сферою використання -Стратегія позиціонування за однією ознакою
2	Ефективність та швидкість оновлення	Стратегія спеціалізації	-Корисність -Своєчасне оновлення	
3	Представлення результатів проектування	Стратегія спеціалізації	-Вид представлення	

Встановлено такі вимоги до товару цільової аудиторії: база бібліотек, ефективність та швидкість оновлення, представлення результатів проектування. Компанія за базову стратегію розвитку обрала спеціалізацію, і за цільові групи було обрано приладобудівні підприємства, хоча у них вже є постачальники, але за рахунок використання нової технології компанія буде забирати клієнтів у конкурентів, і проводити підтримку та реалізовувати розвиток своєї конкурентної переваги[41].

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач[41]. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	2	3	4
1	Оболонка	Є в наявності	Можливе покращення
2	Інтерпретатор бібліотек	Здійснює швидке та якісне перетворення інформації	+
3	Метод представлення знань	Метод продукцій	Можливе замінення методу в разі необхідності
4	Підхід пошуку інформації в необхідних бібліотеках	Прямий ланцюжок міркування	+
5	Рівень мови придбання знань	Використання Java	+
6	Тип набутих знань	Символьний	Необхідно додати, табличний та зчитування рисунків
7	Оновлення бібліотек	В головному коді програми	Поповнення новими матеріалами
8	Простота використання	Можна використовувати не будучи спеціалістом в даній предметній області	+

Було визначені потреби та вигоди від них. Вибрано шляхи створення ключових переваг товару перед конкурентами. За рахунок ключових переваг товару і стратегії диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей за такою ж ціною як і у конкурентів, буде розроблено маркетингову програму стартап-проекту[41].

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові	
I. Товар за задумом	Створення технологічного процесу складання	
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	Size
	1. Комп'ютерна програма	970 mb
	2. Оригінальний код програми	
	3. Якість: стандарти, нормативи, довідники.	
	Пакування: Диск.	
	Марка:AnyLogic 8.6.0	
III. Товар із підкріпленням	До продажу: налаштування.	
	Після продажу: консультування, обслуговування.	
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок наявності авторського права.		

В таблиці 5.19 створено трьохрівневу модель нашого товару, що включає задум товару та його вигоди, основі характеристики готового товару, спосіб його пакування та захисту від копіювання та плагіату [41]. Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20).

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500 грн	7000грн	3000грн	1000-3000 грн

В таблиці проаналізовано ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буде встановлена верхня та нижня межа на нашу програму[41].

Таблиця 5.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля, придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості постачання).	Доставка товару покупцю, його встановлення та налаштування.	Канал нульового рівня	Власна система збуту. Виробник безпосередньо продає товар клієнту і використовує три способи прямого продажу : -торгівля через магазини –посилкова торгівля -торгівля в роздріб -онлайн сервіси

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів - звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля, було обрано власну систему збуту та визначено її функції, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту через торгівлю в магазинах, посилками чи в роздріб.

Також за глибину каналу збуту було обрано канал нульового рівня, тому що компанія хоче мати тісні контакти із споживачами на обмеженому цільовому каналі[41].

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цілових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціону вання	Завдання рекламного повідомленн я	Концепція рекламного звернення
1	Бути на зв'язку	-електронна пошта - моб. телефон	Проектування технологічних процесів складання	Зацікавити у виборі проекту	«Ваші проблеми – наші рішення»

Простота використання продукту є головною перевагою продукту, за рахунок якого він буде кращим на ринку. Основним завданням буде зацікавити клієнта в продукті за рахунок надання можливості використовувати його відповідний час безкоштовно[41].

Висновки до розділу

Ринкова комерціалізація плану даного проекту заснована на наявному попиту, динаміці ринку та рентабельності роботи на ринку. При використанні створеної системи моделювання відбудеться підвищення ефективності та оптимізація технологічного процесу складання виробів на приладобудівному підприємстві. Такий оптимізований процес матиме кращі властивості при роботі порівняно із продуктами конкурентів.

Бар'єром входження на ринок є певна кількість товарів аналогів, тобто схожих за призначенням систем моделювання. Проте порівняно із ними дана система оптимізує роботу технологічного процесу ефективніше, має достатній набір даних та інструментів, можливість швидкого переналагодження системи, тісний зв'язок із користувачами, можливість внесення змін для створення або покращення факторів, що надають перевагу над конкурентами, за рахунок чого вона може стати конкурентоспроможним на ринку.

Впровадження на ринок системи розроблена на основі стратегії зайняття конкурентної ніші, якщо певна компанія в якості цільового ринку вибирає один чи декілька ринкових сегментів невеликого розміру. Було визначено ключові переваги концепції потенційного товару, що дозволить проекту конкурувати на зайнятій ринковій ніші. Був виконаний опис трьох рівнів моделі товару та визначено межі встановлення ціни. Для реалізації продукції сформовано систему збуту та розроблено відповідну концепцію маркетингових комунікацій.

Отже, подальша імплементація продукту є доцільною за рахунок сильних сторін продукту. Вивчені фактори можливостей і загроз та відповідні реакції на них, що враховуючи наявний попит на ринку в зайнятій ніші, дозволяє вважати проект конкурентоспроможним в порівнянні з замінниками даного продукту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Виконаний аналіз стану моделювання технологічних процесів складання в приладобудуванні, та огляд систем моделювання, що представлено в множині різноманітних джерел (статті, книги), дозволив встановити основні напрямки вдосконалення роботи технологічних процесів складання. Основним засобом їх реалізації є імітаційне моделювання.

2. Аналіз засобів математичного моделювання складних систем показав, що на інформаційному ринку доступна множина програмних засобів, які застосовуються у різних галузях, зокрема в приладобудуванні. Встановлено, що серед таких систем, які доцільно використовувати як засіб математичного моделювання технологічних процесів складання в приладобудуванні, треба відзначити AnyLogic, Arena, та GPSS.

3. Аналіз сучасних технологій математичного моделювання показав, що для дослідження і аналізу технологічних процесів складання найбільш придатною є технологія імітаційного моделювання. Імітаційне моделювання дозволяє досліджувати систему за близькою до її будови моделлю, що відтворює її поведінку.

4. Аналіз сучасних засобів імітаційного моделювання показав, що особливості системи AnyLogic, дозволяють описувати технологічні процеси складання за допомогою дискретно-подієвого моделювання, що являється найбільш придатним інструментом для виконання поставлених цілей магістерської роботи.

5. Наведений в дисертації приклад роботи складних динамічних систем на прикладі моделювання виробництва і відвантаження продукції на невеликому підприємстві показав ефективність застосування системи AnyLogic для моделювання складних технологічних процесів в приладобудуванні.

6. Створено та оптимізовано імітаційну модель технологічного процесу складання редуктора з використанням бібліотеки та інструментів системи моделювання AnyLogic.

7. Наведена методика використання імітаційного моделювання засобами системи AnyLogic для моделювання технологічних процесів, що включає аналіз об'єкта моделювання та подальше проведення комп'ютерного експерименту з

метою оптимізації технологічного процесу, що дозволяє підвищити ефективність приладобудівного виробництва.

8. Створено стартап-проект за темою дисертаційної роботи, метою якого є визначення змоги розробленого продукту зайняти місце на ринку, та обравши правильну стратегію поведінки, працювати з конкурентами, що вже зайняли на ньому своє місце.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Куприяшкин А.Г. Основы моделирования систем [Текст]: учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с.
2. Технологія складання, регулювання та випробування приладів. Підручник/ В.О. Румбешта. –К.; с. 360, іл. 159, табл. 19.
3. Організація автоматизованого виробництва. [Електронний ресурс].URL: <https://studfile.net/preview/5251746/page:6/>.
4. ОСНОВИ ТЕОРІЇ МОДЕЛЮВАННЯ. Електронний ресурс].URL: <http://dl.khadi.kharkov.ua/mod/page/view.php?id=60823&lang=uk>.
5. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. Методичні рекомендації .[Електронний ресурс]. URL: <http://194.44.152.155/elib/local/1032.pdf>.
6. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. [Електронний ресурс]. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp'yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/172..html.
7. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій / В. Б. Неруш, В. В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с.
8. Дискретно-событийное и многоподходное моделирование. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/use-of-simulation/discrete-event-simulation/>.
9. ДІАГНОСТИКА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ НА БАЗІ БАГАТОПІДХОДНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. [Електронний ресурс]. URL: https://economics.opu.ua/files/science/ek_kiber/2016/3.pdf.
10. Дискретно-подієве моделювання. [Електронний ресурс]. URL: https://znaimo.com.ua/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%94%D0%B2%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.

11. Сравнительный анализ систем имитационного моделирования для исследования технологических процессов обработки информации в глобально распределенных автоматизированных информационных системах. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=3859>.

12. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ PLANT SIMULATION. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-v-sisteme-plant-simulation>.

13. AnyLogic – система имитационного моделирования. [Электронный ресурс]. URL: <http://pro-spo.ru/linuxmat/307-anylogic->.

14. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.ru/35168870-Sravnitelnaya-harakteristika-paketov-imitacionnogo-modelirovaniya.html>.

15. Технологічна система, як об'єкт дослідження. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7327916/>.

16. ВИРОБНИЧИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСИ. [Електронний ресурс]. URL: https://stud.com.ua/97098/tehnika/virobnichiy_tehnologichniy_protse.

17. НАДІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/lekcija-3-nadijnist-tehnologichnyh-system.pdf>.

18. Особливості моделювання технологічних систем. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7327916/page:4/>.

19. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.

20. Дискретно-подієве моделювання в AnyLogic. [Електронний ресурс]. URL: <http://eki.tneu.edu.ua/2016/04/%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%94%D0%B2%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B2-anylogic/#:~:text=>.

21. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. [Электронный ресурс].URL: <https://www.toptechnologies.ru/ru/article/view?id=34161>.

22. Програмні пакети для імітаційного моделювання. [Електронний ресурс].URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/172..htm#:~:text=.

23. Библиотека моделирования потоков.[Электронный ресурс].URL: <https://www.anylogic.ru/resources/libraries/fluid-library/>.

24. Анализ имитационных систем моделирования.[Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.su/20_45315_sistema-modelirovaniya-AnyLogic.html.

25. Среда многоподходного моделирования. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/features/>.

26. Імітаційна платформа для повного бізнес-циклу AnyLogic. [Електронний ресурс].URL:<http://eki.tneu.edu.ua/2016/04/%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC>.

27. Боев В. Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. — СПб.: ВАС, 2011. — 404 с.

28. Сорочинський, Д. Д. Підвищення якості приладобудівного виробництва засобами імітаційного моделювання / Д. Д. Сорочинський, С. П. Вислоух // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 176–179. – Бібліогр.: 7 назв.

29. Сорочинський, Д. Д. Підвищення якості приладобудівного виробництва засобами імітаційного моделювання / Д. Д. Сорочинський, С. П. Вислоух // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих

вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 176–179. – Бібліогр.: 7 назв.

30. Імітаційна платформа для повного бізнес-циклу AnyLogic. [Електронний ресурс]. URL: <http://eki.tneu.edu.ua/2016/04/%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC>.

31. Боев В. Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. — СПб.: ВАС, 2011. — 404 с.

32. РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ras.ru/ph/0001/ED199QBF.pdf>.

33. Григорьев И. AnyLogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию. Интернет издание, 2016. – 202 с.

34. AnyLogic Официальные материалы для изучения, стандартный курс обучения. Издатель The AnyLogic Company. Официальный сайт www.anylogic.com, 566 страниц.

35. Anylogic. Учебное пособие по агентному моделированию. XJ Technologies Company Ltd., 2004. – 53 с.

36. Anylogic. Учебное пособие по системной динамике. XJ Technologies Company Ltd., 2004. – 61 с.

37. Киселева М.В. Имитационное моделирование систем в среде Anylogic. учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 88 с.

38. Chapter 1. Modeling and simulation modeling. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/upload/books/new-big-book/1-modeling-and-simulation-modeling.pdf>.

39. Chapter 8. Discrete events and Event model element. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/upload/books/new-big-book/8-events.pdf>.

40. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении. М.: Издательство Московского университета, 2011. – 304 с. – ISBN 978-5-211-05923-8.
41. Боев В. Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7:.. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.
42. Дигрис А.В. Дискретно-событийное моделирование. Курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 4с.
43. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для академического бакалавриата / М. : Издательство Юрайт, 2014. – 389 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
44. Кулик, К. О. Дільниця цеху складання редуктора механізму нахилу : дипломний проект ... бакалавра : 6.051003 Приладобудування / Кулик Костянтин Олександрович. – Київ, 2019. – 98 с.
45. Розробка стартап проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. Ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
46. Характеристика методики SWOT-аналізу. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ukr.vipreshebnik.ru/strateg/4193-kharakteristika-metodiki-swot-analizu.html>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Дир. _____

Взам. _____

Подл. _____

Гост 3.1105-2011

Форма 2

НТУУ "КПМ"

Редуктор

АД.0214.1.47968

81

Министерство машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Главный технолог

Вислюх С.П.

Согласовано

Представитель заказчика

А.А.Павлов

Комплект документов технологического процесса

Сборки редуктора механизма наклона

Гл. конструктор

И.К.Фадеев

С.А.Сидоров

К.И.Фадеева

Нач. ТБ

Сорочинский Д.Д.

Ведущий технолог

Кулик К.О.

Нач. ТБ

Андрушко Е.И.

Акп N от

Руководство №

Т/Л

Типовой лист

Редуктор.adm

Только для некоммерческого использования !

Документ разработан с использованием САД/CAM/CAPP системы ADEM.

Только для некоммерческого использования !

FOCT 3.1404-86

Формы 1

Документ разработан с использованием CAD/CAM/CAPP системы ADEM.

[illegible]

Только для некоммерческого использования !

FOCT 3.1404-86

форма 1а

Δγδλ.			
Β3αμ.			
Ποδλ.			

[illegible]

AL02141.47968	2
---------------	---

A1.50141.47968

A	Цех	Уч.	PM	Двер.	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОН	Кшм.	Тпз.	Тшм	
B	Код, наименование оборудования																
P					ПИ		0	УД	В		1			3	У		

A 01	015 0418 КОМПЛЕКТОВАНИЕ
------	-------------------------

Б 02	Радоуу смот
------	-------------

0 03	1. Комплектовать детали согласно схеме сборочного состава.
------	--

Т 04	Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87
------	--

05

06

A 07	020 8800 C60PKA
------	-----------------

5 08	Пресс	1	0,003	0.26
------	-------	---	-------	------

0 09	1. Заперсовать втулку поз.2 в основу левую поз.1.	0.014	0.15
------	---	-------	------

Т 10	Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87
------	--

$$\Rightarrow$$

0 12			
2. Контролировать качество сборки.	0.007	0.08	

A 15	025 8800 C50PKA
------	-----------------

5 16	Пресс	1	0.003	0.26
------	-------	---	-------	------

0 17	1. Заперсцоваць вышукну поз.2 в основу правду поз.1.
------	--

КТП	Карта технологического процесса	Редуктор.адм	З
-----	---------------------------------	--------------	---

Только для некоммерческого использования !

~~Только для некоммерческого использования!~~

Карта технологического процесса

Документ разработан с использованием CAD/CAM/CAPP системы ADEM.

Только для некоммерческого использования !

Только для некоммерческого использования!

ГОСТ 3.1404-86

форма 1а

[illegible]

AA.02141.47968	3
----------------	---

A1.50141.47968

A	Цех	Уч.	PM	Двер.	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОН	Кшм.	Тпз.	Тшм	
B	Код, наименование оборудования																
P					ПИ		0	УД	В		1			3	У		

Т 01	Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87
------	--

0 03	2. Контролировать качество сборки.	0.007	0.08
------	------------------------------------	-------	------

04

05

A 06	030 8800 660PKA	-	-	-
------	-----------------	---	---	---

	1	0.003	0.26
Прец			
Б 07			

0 08	1. Заперобавы шыку ноз.2 й шойку ноз.1.	0.014	0.15
0 08			

Т 09	Перечиски хлорчато-бумажные ГОСТ 5007-87			
------	--	--	--	--

— 10 —

0	11	2. Контролировать качество сборки.	0.007	0.08
---	----	------------------------------------	-------	------

A 14	035 8800 C60PKA
------	-----------------

5	1	0.006	0.529
15	1	0.006	0.529

0 16	1. Занедакобамб ма/мел ноз 2 ё дук ноз 1.	0.014	0.15
------	---	-------	------

Т 17	СЛ. Пунцем
------	------------

Только для некоммерческого использования!

КТП
~~Только для некоммерческого использования!~~

Карта технологического процесса

Pedukpor.adm

4

Документ разработан с использованием CAD/CAM/CAPP системы ADEM.

Только для некоммерческого использования !

Только для некоммерческого использования!

FOCT 3.1404-86

форма 1а

Δγδλ.			
Β3αμ.			
Ποδλ.			

[illegible]A1.02141.479684A1.50141.47968

A	Цех	Уч.	PM	Двер.	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОН	Кшм.	Тпз.	Тшм	
B	Код, наименование оборудования																
P					ПИ		0	УД	В		1				3		У

[illegible]

Т 01	Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87
------	--

02	
----	--

0 03	2. Запрещено да се носи нос. 2 в дъх нос. 1.	0.014	0.15
------	--	-------	------

Т 04	С/Л. Пункт
------	------------

05 Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87

06

0 07	3. Контролировать качество сборки.	0.014	0.16
------	------------------------------------	-------	------

— — — — —

60

A	10
040	8800 C60PKA

Б 11	1	0.067	5.18
Пресс			

1. Установить червяк поз.10 в основу левую поз.1 и основу правую поз.1, закрепить 2-мя шпифтами поз.15, 2-мя шпифтами

13	поз.16 и 2-мя винтам поз.11.	0.1	1.14
----	------------------------------	-----	------

Т 14	С/Л. Абномомуческий заўкоберм DeWalt DW 292; 7850-0114 Мономок ГОСТ 2310-77
------	---

15	Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87		
----	--	--	--

16	
----	--

0 17	2. Заперсодомь бмгмкы ноз.2 б кортис ноз.5.	0.013	0.15
------	---	-------	------

КТП	Карта технологического процесса	Редактор.adm	5
-----	---------------------------------	--------------	---

Документ разработан с использованием CAD/CAM/CAPP системы ADEM.

Только для некоммерческого использования !

Только для некоммерческого использования!

FOCT 3.1404-86

ФОРМА 1а

Ақбұл.			
Бірақ.			
Тіпті.			

[illegible]A1.02141.479685A4.50141.47968[illegible]

Т 01	Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87
------	--

3. Установить стойку в сборе на корпус поз.5, закрепив 2-мя штифтами поз.15 и 2-мя винтами поз.11.	0.097	1.08
--	-------	------

Т 04 C/1. Абсолютный зазор DeWalt DW 292; 7850-0114 Момент ГОСТ 2310-77

Перчатки хлопчатобумажные ГОСТ 5007-87

0 07	4. Установить диск в сборе на червяк поз.10,закрепить штифтом поз.14.	0.016	0.18
------	---	-------	------

Т 08	С/А. 7850-0114 Мономок ГОСТ 2310-77
------	-------------------------------------

	Перечиску хлорчато-дымжажные ГОСТ 5007-87
09	

5	Числительная часть	12	18
11	Средняя часть	12	18
11	Средняя часть	12	18

T 12	7850-011, Maximum TWT 2310-77

13	Полное наименование ГОСТ 5007-87

[illegible]

02	0: 2000 044/ M. 1000 0740 77
14	00 2000 044/ M. 1000 0740 77

[illegible]

0 - 100	וטר ו שפחא אטע-טוויוויטא	1 /
---------	--------------------------	-----

КТП	Карта технологического процесса	Редуктор.атм	6
Только для некоммерческого использования !			

Документ разработан с использованием CAD/CAM/CAPP системы ADEM.

Только для некоммерческого использования !

Только для некоммерческого использования !

FOCT 3.1404-86

форма 1а

Δγδδλ.			
Βγδλ.			
Ποδλ.			

[illegible]

AA.02141.47968	6
----------------	---

A1.50141.47968

A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код	наименование операции	Обозначение документа										
B	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	P	УТ	KP	КОИД	ЕН	ОН	Кшп.	Тнз.	Тшт
P							ПМ	D	учи	V	L	I	i	S	n	y	

0 01	7. Контролировать качество сборки.	0.14	1.6
------	------------------------------------	------	-----

02	
----	--

03

А 04	045	0600	ИСПЫТАНИЯ	.	.	.
------	-----	------	-----------	---	---	---

6 05	Станд. испытательный	1
------	----------------------	---

1. Провести обкатку редуктора и контролировать момент в течении 10 часов.

07[illegible]

A 09	050 0200 КОИТРОЛb	6T 48; 6T 242
------	-------------------	---------------

б 10	Стенд контрольный	12920 2-5	1	6	23
------	-------------------	-----------	---	---	----

0	1	18	20
11	1	18	20
11	1	18	20

12	
----	--

1/	

[illegible][illegible][illegible]

Только для некоммерческого использования !

~~Только для некоммерческого использования!~~

Карта технологического процесса

Peddykmoor.adm

7

Документ разработан с использованием CAD/CAM/CAPP системы ADEM.

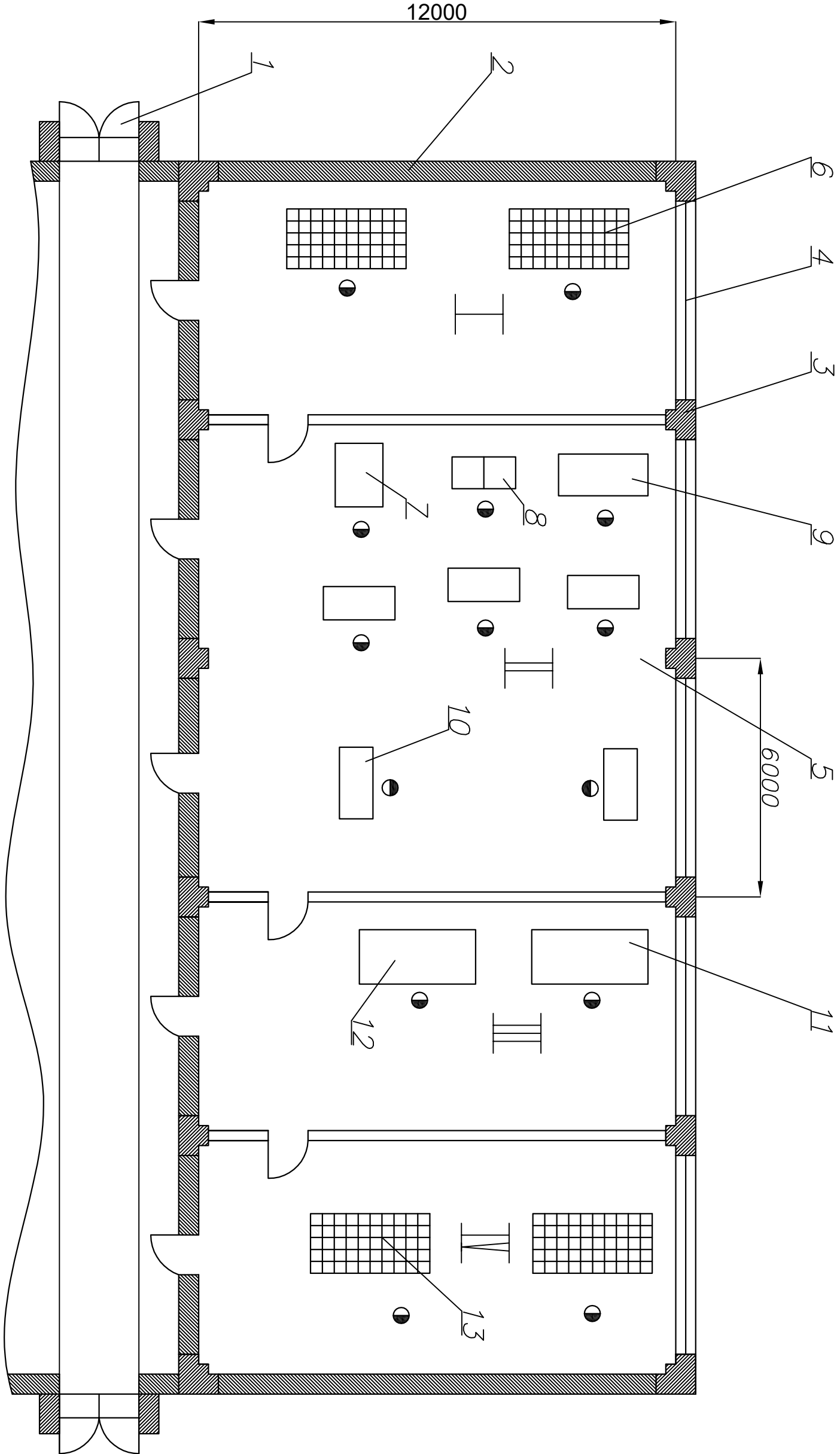
Только для некоммерческого использования !

ДОДАТОК Б

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка	
				Документація			
A2			ДП ПБ5112.1702.001 СК	Складальне креслення			
				Складальні одиниці			
		1	ДП ПБ5112.1702.002	Основа ліва в складі	1		
		2	ДП ПБ5112.1702.003	Основа права в складі	1		
		3	ДП ПБ5112.1702.004	Стійка в складі	1		
		4	ДП ПБ5112.1702.005	Диск в складі	1		
				Деталі			
		5	ДП ПБ5112.1702.001.001	Корпус	1		
		6	ДП ПБ5112.1702.001.006	Колесо зубчате	1		
		7	ДП ПБ5112.1702.001.007	Черв'ячне колесо	1		
		8	ДП ПБ5112.1702.001.008	Втулка	1		
		9	ДП ПБ5112.1702.001.009	Стійка	1		
		10	ДП ПБ5112.1702.001.010	Вал	1		
		11	ДП ПБ5112.1702.001.011	Черв'як	1		
				Стандартні вироби			
		12		Гвинт М2х10	6		
				ГОСТ 1491-80			
		13		Штіфт	2		
				ГОСТ 3129-70			
				ДП ПБ5112.1702.001 СП			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	РЕДУКТОР		
Розробив							
Перевірів							
Т. Контр.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літера	Аркуш	Аркушів
						1	2

[illegible]

[illegible]



- I Склад деталей
- II Складальне відрілення
- III Контрольно-виробувальне відрілення
- IV Склад готових виробів

- 1. Ворота
- 2. Капітальна стіна
- 3. Колона
- 4. Вікно
- 5. Перегородка
- 6. Стілаж для зберігання деталей
- 7. Ванна
- 8. Шкаф сушильний
- 9. Комплектувальний стіл
- 10. Робочий стіл
- 11. Стенд для контролю крутного моменту
- 12. Стенд для обкатки та контролю температури корпусу
- 13. Стілаж для готових виробів

ДОДАТОК В

Main		flowchart_process_states_log					
	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
1	Details	<population>[2] : 2975	RackStore	rackStore4	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
2	Details	<population>[0] : 2973	RackStore	rackStore4	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
3	Details	<population>[1] : 2974	RackStore	rackStore4	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
4	Details	<population>[6] : 2979	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
5	Details	<population>[20] : 2993	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
6	Details	<population>[18] : 2991	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
7	Details	<population>[7] : 2980	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
8	Details	<population>[11] : 2984	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
9	Details	<population>[16] : 2989	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
10	Details	<population>[5] : 2978	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
11	Details	<population>[8] : 2981	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
12	Details	<population>[12] : 2985	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
13	Details	<population>[14] : 2987	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
14	Details	<population>[3] : 2976	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
15	Details	<population>[9] : 2982	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
16	Details	<population>[4] : 2977	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
17	Details	<population>[19] : 2992	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
18	Details	<population>[10] : 2983	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
19	Details	<population>[21] : 2994	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
20	Details	<population>[13] : 2986	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
21	Details	<population>[15] : 2988	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
22	Details	<population>[17] : 2990	RackStore	rackStore	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:02
23	Details	<population>[23] : 2996	RackStore	rackStore1	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:03
24	Details	<population>[22] : 2995	RackStore	rackStore1	WORK	31-10-2020 00:00:00	31-10-2020 00:00:04
25	Details	<population>[25] : 2998	RackStore	rackStore3	WORK	31-10-2020 00:00:01	31-10-2020 00:00:03
26	Details	<population>[24] : 2997	RackStore	rackStore3	WORK	31-10-2020 00:00:01	31-10-2020 00:00:04
27	Details	<population>[26] : 2999	RackStore	rackStore2	WORK	31-10-2020 00:00:01	31-10-2020 00:00:04
28	Details	<population>[27] : 3000	RackStore	rackStore2	WORK	31-10-2020 00:00:01	31-10-2020 00:00:02
29	Details	<population>[27] : 3000	RackStore	rackStore2	WAIT	31-10-2020 00:00:02	31-10-2020 00:00:02
30	Details	<population>[27] : 3000	Delay	delay2	WORK	31-10-2020 00:00:02	31-10-2020 00:00:04
31	Details	<population>[17] : 2990	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:02	31-10-2020 00:00:03
32	Details	<population>[15] : 2988	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
33	Details	<population>[13] : 2986	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
34	Details	<population>[21] : 2994	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
35	Details	<population>[17] : 2990	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
36	Details	<population>[19] : 2992	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
37	Details	<population>[23] : 2996	RackStore	rackStore1	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
38	Details	<population>[15] : 2988	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
39	Details	<population>[13] : 2986	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
40	Details	<population>[21] : 2994	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
41	Details	<population>[1] : 2974	RackStore	rackStore4	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
42	Details	<population>[9] : 2982	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
43	Details	<population>[19] : 2992	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
44	Details	<population>[23] : 2996	Delay	delay1	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04

Main		flowchart_process_states_log					
	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
43	Details	<population>[19]: 2992	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
44	Details	<population>[23]: 2996	Delay	delay1	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
45	Details	<population>[1]: 2974	Delay	delay4	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
46	Details	<population>[5]: 2978	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
47	Details	<population>[9]: 2982	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
48	Details	<population>[11]: 2984	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
49	Details	<population>[5]: 2978	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
50	Details	<population>[7]: 2980	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
51	Details	<population>[11]: 2984	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
52	Details	<population>[25]: 2998	RackStore	rackStore3	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
53	Details	<population>[7]: 2980	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
54	Details	<population>[3]: 2976	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:03
55	Details	<population>[25]: 2998	Delay	delay3	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
56	Details	<population>[3]: 2976	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:04
57	Details	<population>[13]: 2986	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:08
58	Details	<population>[17]: 2990	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:03	31-10-2020 00:00:08
59	Details	<population>[27]: 3000	RackPick	rackPick2	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
60	Details	<population>[15]: 2988	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
61	Details	<population>[26]: 2999	RackStore	rackStore2	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
62	Details	<population>[19]: 2992	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
63	Details	<population>[23]: 2996	RackPick	rackPick1	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
64	Details	<population>[20]: 2993	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
65	Details	<population>[26]: 2999	Delay	delay2	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
66	Details	<population>[1]: 2974	RackPick	rackPick4	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
67	Details	<population>[18]: 2991	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
68	Details	<population>[22]: 2995	RackStore	rackStore1	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
69	Details	<population>[20]: 2993	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
70	Details	<population>[9]: 2982	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
71	Details	<population>[16]: 2989	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
72	Details	<population>[18]: 2991	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
73	Details	<population>[22]: 2995	Delay	delay1	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
74	Details	<population>[21]: 2994	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:09
75	Details	<population>[12]: 2985	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
76	Details	<population>[16]: 2989	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
77	Details	<population>[14]: 2987	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
78	Details	<population>[12]: 2985	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
79	Details	<population>[7]: 2980	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
80	Details	<population>[24]: 2997	RackStore	rackStore3	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
81	Details	<population>[4]: 2977	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
82	Details	<population>[14]: 2987	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
83	Details	<population>[10]: 2983	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
84	Details	<population>[2]: 2975	RackStore	rackStore4	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
85	Details	<population>[3]: 2976	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:08
86	Details	<population>[6]: 2979	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04

Main		flowchart_process_states_log					
	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
87	Details	<population>[0] : 2973	RackStore	rackStore4	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
88	Details	<population>[24] : 2997	Delay	delay3	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
89	Details	<population>[4] : 2977	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
90	Details	<population>[10] : 2983	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
91	Details	<population>[2] : 2975	Delay	delay4	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
92	Details	<population>[6] : 2979	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
93	Details	<population>[0] : 2973	Delay	delay4	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
94	Details	<population>[25] : 2998	RackPick	rackPick3	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:09
95	Details	<population>[5] : 2978	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:09
96	Details	<population>[11] : 2984	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:09
97	Details	<population>[8] : 2981	RackStore	rackStore	WAIT	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:04
98	Details	<population>[8] : 2981	Delay	delay	WORK	31-10-2020 00:00:04	31-10-2020 00:00:05
99	Details	<population>[26] : 2999	RackPick	rackPick2	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:09
100	Details	<population>[22] : 2995	RackPick	rackPick1	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:09
101	Details	<population>[18] : 2991	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:09
102	Details	<population>[6] : 2979	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
103	Details	<population>[16] : 2989	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
104	Details	<population>[14] : 2987	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
105	Details	<population>[0] : 2973	RackPick	rackPick4	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
106	Details	<population>[24] : 2997	RackPick	rackPick3	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:09
107	Details	<population>[20] : 2993	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
108	Details	<population>[2] : 2975	RackPick	rackPick4	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
109	Details	<population>[10] : 2983	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
110	Details	<population>[4] : 2977	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
111	Details	<population>[12] : 2985	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
112	Details	<population>[8] : 2981	RackPick	rackPick	WAIT	31-10-2020 00:00:05	31-10-2020 00:00:10
113	Details	<population>[13] : 2986	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:33
114	Details	<population>[1] : 2974	Delay	Промивка_диск	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:00:31
115	Details	<population>[17] : 2990	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:34
116	Details	<population>[9] : 2982	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:34
117	Details	<population>[15] : 2988	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:34
118	Details	<population>[27] : 3000	Delay	Промивка_основа_права	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:00:23
119	Details	<population>[23] : 2996	Delay	Промивка_основа_ліва	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:00:23
120	Details	<population>[19] : 2992	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:34
121	Details	<population>[3] : 2976	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:34
122	Details	<population>[7] : 2980	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:08	31-10-2020 00:02:34
123	Details	<population>[5] : 2978	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:02:34
124	Details	<population>[21] : 2994	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:02:34
125	Details	<population>[11] : 2984	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:02:35
126	Details	<population>[26] : 2999	Delay	Промивка_основа_права	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:00:24
127	Details	<population>[25] : 2998	Delay	Промивка_стійка	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:00:24
128	Details	<population>[22] : 2995	Delay	Промивка_основа_ліва	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:00:24
129	Details	<population>[18] : 2991	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:02:35
130	Details	<population>[24] : 2997	Delay	Промивка_стійка	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:00:24

	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
129	Details	<population>[18] : 2991	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:02:35
130	Details	<population>[24] : 2997	Delay	Промивка_стійка	WORK	31-10-2020 00:00:09	31-10-2020 00:00:24
131	Details	<population>[14] : 2987	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:35
132	Details	<population>[16] : 2989	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:35
133	Details	<population>[20] : 2993	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:35
134	Details	<population>[6] : 2979	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:36
135	Details	<population>[12] : 2985	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:36
136	Details	<population>[8] : 2981	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:36
137	Details	<population>[4] : 2977	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:36
138	Details	<population>[10] : 2983	Delay	Промивка_деталі	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:02:36
139	Details	<population>[2] : 2975	Delay	Промивка_диск	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:00:33
140	Details	<population>[0] : 2973	Delay	Промивка_диск	WORK	31-10-2020 00:00:10	31-10-2020 00:00:33
141	Details	<population>[27] : 3000	MoveTo	moveTo2	MOVE	31-10-2020 00:00:23	31-10-2020 00:00:26
142	Details	<population>[23] : 2996	MoveTo	moveTo1	MOVE	31-10-2020 00:00:23	31-10-2020 00:00:26
143	Details	<population>[26] : 2999	MoveTo	moveTo2	MOVE	31-10-2020 00:00:24	31-10-2020 00:00:26
144	Details	<population>[25] : 2998	MoveTo	moveTo3	MOVE	31-10-2020 00:00:24	31-10-2020 00:00:26
145	Details	<population>[22] : 2995	MoveTo	moveTo1	MOVE	31-10-2020 00:00:24	31-10-2020 00:00:26
146	Details	<population>[24] : 2997	MoveTo	moveTo3	MOVE	31-10-2020 00:00:24	31-10-2020 00:00:26
147	Details	<population>[22] : 2995	Delay	Сушіння_основа_ліва	WORK	31-10-2020 00:00:26	31-10-2020 00:00:38
148	Details	<population>[27] : 3000	Delay	Сушіння_основа_права	WORK	31-10-2020 00:00:26	31-10-2020 00:00:38
149	Details	<population>[23] : 2996	Delay	Сушіння_основа_ліва	WORK	31-10-2020 00:00:26	31-10-2020 00:00:38
150	Details	<population>[26] : 2999	Delay	Сушіння_основа_права	WORK	31-10-2020 00:00:26	31-10-2020 00:00:38
151	Details	<population>[24] : 2997	Delay	Сушіння_стійка	WORK	31-10-2020 00:00:26	31-10-2020 00:00:38
152	Details	<population>[25] : 2998	Delay	Сушіння_стійка	WORK	31-10-2020 00:00:26	31-10-2020 00:00:38
153	Details	<population>[1] : 2974	MoveTo	moveTo4	MOVE	31-10-2020 00:00:31	31-10-2020 00:00:32
154	Details	<population>[1] : 2974	Delay	Сушіння_диск	WORK	31-10-2020 00:00:32	31-10-2020 00:00:50
155	Details	<population>[2] : 2975	MoveTo	moveTo4	MOVE	31-10-2020 00:00:33	31-10-2020 00:00:35
156	Details	<population>[0] : 2973	MoveTo	moveTo4	MOVE	31-10-2020 00:00:33	31-10-2020 00:00:35
157	Details	<population>[0] : 2973	Delay	Сушіння_диск	WORK	31-10-2020 00:00:35	31-10-2020 00:00:53
158	Details	<population>[2] : 2975	Delay	Сушіння_диск	WORK	31-10-2020 00:00:35	31-10-2020 00:00:53
159	Details	<population>[22] : 2995	MoveTo	moveTo6	MOVE	31-10-2020 00:00:38	31-10-2020 00:00:40
160	Details	<population>[27] : 3000	MoveTo	moveTo7	MOVE	31-10-2020 00:00:38	31-10-2020 00:00:39
161	Details	<population>[23] : 2996	MoveTo	moveTo6	MOVE	31-10-2020 00:00:38	31-10-2020 00:00:39
162	Details	<population>[26] : 2999	MoveTo	moveTo7	MOVE	31-10-2020 00:00:38	31-10-2020 00:00:40
163	Details	<population>[24] : 2997	MoveTo	moveTo8	MOVE	31-10-2020 00:00:38	31-10-2020 00:00:40
164	Details	<population>[25] : 2998	MoveTo	moveTo8	MOVE	31-10-2020 00:00:38	31-10-2020 00:00:40
165	Details	<population>[23] : 2996	Delay	Комплектування_деталі1	WORK	31-10-2020 00:00:39	31-10-2020 00:00:50
166	Details	<population>[27] : 3000	Delay	Комплектування_деталі2	WORK	31-10-2020 00:00:39	31-10-2020 00:00:50
167	Details	<population>[22] : 2995	Delay	Комплектування_деталі1	WORK	31-10-2020 00:00:40	31-10-2020 00:00:51
168	Details	<population>[26] : 2999	Delay	Комплектування_деталі2	WORK	31-10-2020 00:00:40	31-10-2020 00:00:51
169	Details	<population>[25] : 2998	Delay	Комплектування_деталі3	WORK	31-10-2020 00:00:40	31-10-2020 00:00:51
170	Details	<population>[24] : 2997	Delay	Комплектування_деталі3	WORK	31-10-2020 00:00:40	31-10-2020 00:00:51
171	Details	<population>[23] : 2996	MoveTo	moveTo11	MOVE	31-10-2020 00:00:50	31-10-2020 00:00:59
172	Details	<population>[1] : 2974	MoveTo	moveTo9	MOVE	31-10-2020 00:00:50	31-10-2020 00:00:52

Main		flowchart_process_states_log					
	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
173	Details	<population>[27] : 3000	MoveTo	moveTo12	MOVE	31-10-2020 00:00:50	31-10-2020 00:00:58
174	Details	<population>[22] : 2995	MoveTo	moveTo11	MOVE	31-10-2020 00:00:51	31-10-2020 00:01:00
175	Details	<population>[26] : 2999	MoveTo	moveTo12	MOVE	31-10-2020 00:00:51	31-10-2020 00:00:59
176	Details	<population>[25] : 2998	MoveTo	moveTo13	MOVE	31-10-2020 00:00:51	31-10-2020 00:01:00
177	Details	<population>[24] : 2997	MoveTo	moveTo13	MOVE	31-10-2020 00:00:51	31-10-2020 00:01:00
178	Details	<population>[1] : 2974	Delay	Комплектування_деталі4	WORK	31-10-2020 00:00:52	31-10-2020 00:01:08
179	Details	<population>[0] : 2973	MoveTo	moveTo9	MOVE	31-10-2020 00:00:53	31-10-2020 00:00:55
180	Details	<population>[2] : 2975	MoveTo	moveTo9	MOVE	31-10-2020 00:00:53	31-10-2020 00:00:55
181	Details	<population>[2] : 2975	Delay	Комплектування_деталі4	WORK	31-10-2020 00:00:55	31-10-2020 00:01:11
182	Details	<population>[0] : 2973	Delay	Комплектування_деталі4	WORK	31-10-2020 00:00:55	31-10-2020 00:01:11
183	Details	<population>[27] : 3000	Delay	Складання_основа_права	WORK	31-10-2020 00:00:58	31-10-2020 00:01:13
184	Details	<population>[23] : 2996	Delay	Складання_основа_ліва	WORK	31-10-2020 00:00:59	31-10-2020 00:01:15
185	Details	<population>[26] : 2999	Delay	Складання_основа_права	WORK	31-10-2020 00:00:59	31-10-2020 00:01:15
186	Details	<population>[22] : 2995	Delay	Складання_основа_ліва	WORK	31-10-2020 00:01:00	31-10-2020 00:01:15
187	Details	<population>[24] : 2997	Delay	Складання_стійка	WORK	31-10-2020 00:01:00	31-10-2020 00:01:15
188	Details	<population>[25] : 2998	Delay	Складання_стійка	WORK	31-10-2020 00:01:00	31-10-2020 00:01:16
189	Details	<population>[1] : 2974	MoveTo	moveTo14	MOVE	31-10-2020 00:01:08	31-10-2020 00:01:18
190	Details	<population>[2] : 2975	MoveTo	moveTo14	MOVE	31-10-2020 00:01:11	31-10-2020 00:01:22
191	Details	<population>[0] : 2973	MoveTo	moveTo14	MOVE	31-10-2020 00:01:11	31-10-2020 00:01:22
192	Details	<population>[27] : 3000	Batch	batch2	WAIT	31-10-2020 00:01:13	31-10-2020 00:01:15
193	Details	<population>[23] : 2996	Batch	batch1	WAIT	31-10-2020 00:01:15	31-10-2020 00:01:15
194	Details	<population>[28] : 3001	Assembler	Складання_редуктор	WAIT	31-10-2020 00:01:15	31-10-2020 00:06:29
195	Details	<population>[27] : 3002	Assembler	Складання_редуктор	WAIT	31-10-2020 00:01:15	31-10-2020 00:06:29
196	Details	<population>[24] : 2997	Batch	batch3	WAIT	31-10-2020 00:01:15	31-10-2020 00:01:16
197	Details	<population>[28] : 3003	Assembler	Складання_редуктор	WAIT	31-10-2020 00:01:16	31-10-2020 00:06:29
198	Details	<population>[1] : 2974	Delay	Складання_диск	WORK	31-10-2020 00:01:18	31-10-2020 00:01:49
199	Details	<population>[0] : 2973	Delay	Складання_диск	WORK	31-10-2020 00:01:22	31-10-2020 00:01:53
200	Details	<population>[2] : 2975	Delay	Складання_диск	WORK	31-10-2020 00:01:22	31-10-2020 00:01:53
201	Details	<population>[1] : 2974	Batch	batch4	WAIT	31-10-2020 00:01:49	31-10-2020 00:01:53
202	Details	<population>[0] : 2973	Batch	batch4	WAIT	31-10-2020 00:01:53	31-10-2020 00:01:53
203	Details	<population>[27] : 3004	Assembler	Складання_редуктор	WAIT	31-10-2020 00:01:53	31-10-2020 00:06:29
204	Details	<population>[13] : 2986	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:33	31-10-2020 00:02:36
205	Details	<population>[17] : 2990	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:36
206	Details	<population>[9] : 2982	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:36
207	Details	<population>[15] : 2988	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:36
208	Details	<population>[19] : 2992	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:36
209	Details	<population>[3] : 2976	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:35
210	Details	<population>[7] : 2980	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:36
211	Details	<population>[5] : 2978	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:37
212	Details	<population>[21] : 2994	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:34	31-10-2020 00:02:36
213	Details	<population>[11] : 2984	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:35	31-10-2020 00:02:36
214	Details	<population>[18] : 2991	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:35	31-10-2020 00:02:37
215	Details	<population>[3] : 2976	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:35	31-10-2020 00:04:29
216	Details	<population>[14] : 2987	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:35	31-10-2020 00:02:37

	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
217	Details	<population>[16] : 2989	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:35	31-10-2020 00:02:38
218	Details	<population>[20] : 2993	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:35	31-10-2020 00:02:38
219	Details	<population>[17] : 2990	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
220	Details	<population>[7] : 2980	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
221	Details	<population>[6] : 2979	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:02:37
222	Details	<population>[12] : 2985	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:02:37
223	Details	<population>[13] : 2986	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
224	Details	<population>[8] : 2981	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:02:38
225	Details	<population>[4] : 2977	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:02:37
226	Details	<population>[10] : 2983	MoveTo	moveTo	MOVE	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:02:37
227	Details	<population>[15] : 2988	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
228	Details	<population>[9] : 2982	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
229	Details	<population>[19] : 2992	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
230	Details	<population>[21] : 2994	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
231	Details	<population>[11] : 2984	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:36	31-10-2020 00:04:30
232	Details	<population>[5] : 2978	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
233	Details	<population>[10] : 2983	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
234	Details	<population>[18] : 2991	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
235	Details	<population>[12] : 2985	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
236	Details	<population>[4] : 2977	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
237	Details	<population>[6] : 2979	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
238	Details	<population>[14] : 2987	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:37	31-10-2020 00:04:31
239	Details	<population>[16] : 2989	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:38	31-10-2020 00:04:32
240	Details	<population>[8] : 2981	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:38	31-10-2020 00:04:32
241	Details	<population>[20] : 2993	Delay	Сушіння_деталі	WORK	31-10-2020 00:02:38	31-10-2020 00:04:32
242	Details	<population>[3] : 2976	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:29	31-10-2020 00:04:31
243	Details	<population>[17] : 2990	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:31
244	Details	<population>[7] : 2980	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
245	Details	<population>[13] : 2986	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
246	Details	<population>[15] : 2988	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
247	Details	<population>[9] : 2982	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
248	Details	<population>[19] : 2992	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
249	Details	<population>[21] : 2994	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
250	Details	<population>[11] : 2984	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:30	31-10-2020 00:04:32
251	Details	<population>[5] : 2978	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:33
252	Details	<population>[10] : 2983	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:32
253	Details	<population>[3] : 2976	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:06:13
254	Details	<population>[18] : 2991	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:33
255	Details	<population>[12] : 2985	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:34
256	Details	<population>[4] : 2977	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:34
257	Details	<population>[6] : 2979	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:33
258	Details	<population>[17] : 2990	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:06:13
259	Details	<population>[14] : 2987	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:34
260	Details	<population>[21] : 2994	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14

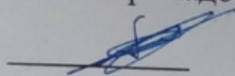
	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
259	Details	<population>[14]: 2987	MoveTo	moveTo3	MOVE	31-10-2020 00:04:31	31-10-2020 00:04:34
260	Details	<population>[21]: 2994	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
261	Details	<population>[13]: 2986	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
262	Details	<population>[7]: 2980	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
263	Details	<population>[16]: 2989	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:04:34
264	Details	<population>[15]: 2988	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
265	Details	<population>[9]: 2982	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
266	Details	<population>[8]: 2981	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:04:34
267	Details	<population>[11]: 2984	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
268	Details	<population>[20]: 2993	MoveTo	moveTo5	MOVE	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:04:34
269	Details	<population>[19]: 2992	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
270	Details	<population>[10]: 2983	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:32	31-10-2020 00:06:14
271	Details	<population>[5]: 2978	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:33	31-10-2020 00:06:15
272	Details	<population>[18]: 2991	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:33	31-10-2020 00:06:15
273	Details	<population>[6]: 2979	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:33	31-10-2020 00:06:15
274	Details	<population>[12]: 2985	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:34	31-10-2020 00:06:16
275	Details	<population>[16]: 2989	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:34	31-10-2020 00:06:16
276	Details	<population>[8]: 2981	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:34	31-10-2020 00:06:16
277	Details	<population>[14]: 2987	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:34	31-10-2020 00:06:16
278	Details	<population>[4]: 2977	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:34	31-10-2020 00:06:16
279	Details	<population>[20]: 2993	Delay	Комплектування_деталі	WORK	31-10-2020 00:04:34	31-10-2020 00:06:16
280	Details	<population>[3]: 2976	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:13	31-10-2020 00:06:26
281	Details	<population>[17]: 2990	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:13	31-10-2020 00:06:25
282	Details	<population>[21]: 2994	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
283	Details	<population>[13]: 2986	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
284	Details	<population>[7]: 2980	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
285	Details	<population>[15]: 2988	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:27
286	Details	<population>[9]: 2982	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
287	Details	<population>[11]: 2984	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
288	Details	<population>[19]: 2992	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:27
289	Details	<population>[10]: 2983	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:28
290	Details	<population>[5]: 2978	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:15	31-10-2020 00:06:28
291	Details	<population>[18]: 2991	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:15	31-10-2020 00:06:27
292	Details	<population>[6]: 2979	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:15	31-10-2020 00:06:29
293	Details	<population>[12]: 2985	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
294	Details	<population>[16]: 2989	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
295	Details	<population>[8]: 2981	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
296	Details	<population>[14]: 2987	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
297	Details	<population>[4]: 2977	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:29
298	Details	<population>[20]: 2993	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
299	Details	<population>[17]: 2990	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:25	31-10-2020 00:06:29
300	Details	<population>[7]: 2980	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
301	Details	<population>[13]: 2986	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
302	Details	<population>[9]: 2982	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29

Main		flowchart_process_states_log					
	agent_type	agent	block_type	block	activity_type	start_date	stop_date
280	Details	<population>[3]: 2976	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:13	31-10-2020 00:06:26
281	Details	<population>[17]: 2990	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:13	31-10-2020 00:06:25
282	Details	<population>[21]: 2994	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
283	Details	<population>[13]: 2986	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
284	Details	<population>[7]: 2980	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
285	Details	<population>[15]: 2988	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:27
286	Details	<population>[9]: 2982	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
287	Details	<population>[11]: 2984	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:26
288	Details	<population>[19]: 2992	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:27
289	Details	<population>[10]: 2983	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:14	31-10-2020 00:06:28
290	Details	<population>[5]: 2978	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:15	31-10-2020 00:06:28
291	Details	<population>[18]: 2991	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:15	31-10-2020 00:06:27
292	Details	<population>[6]: 2979	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:15	31-10-2020 00:06:29
293	Details	<population>[12]: 2985	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
294	Details	<population>[16]: 2989	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
295	Details	<population>[8]: 2981	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
296	Details	<population>[14]: 2987	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
297	Details	<population>[4]: 2977	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:29
298	Details	<population>[20]: 2993	MoveTo	moveTo15	MOVE	31-10-2020 00:06:16	31-10-2020 00:06:28
299	Details	<population>[17]: 2990	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:25	31-10-2020 00:06:29
300	Details	<population>[7]: 2980	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
301	Details	<population>[13]: 2986	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
302	Details	<population>[9]: 2982	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
303	Details	<population>[21]: 2994	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
304	Details	<population>[3]: 2976	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
305	Details	<population>[11]: 2984	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:26	31-10-2020 00:06:29
306	Details	<population>[19]: 2992	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:27	31-10-2020 00:06:29
307	Details	<population>[15]: 2988	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:27	31-10-2020 00:06:29
308	Details	<population>[18]: 2991	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:27	31-10-2020 00:06:29
309	Details	<population>[5]: 2978	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
310	Details	<population>[20]: 2993	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
311	Details	<population>[10]: 2983	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
312	Details	<population>[16]: 2989	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
313	Details	<population>[8]: 2981	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
314	Details	<population>[14]: 2987	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
315	Details	<population>[12]: 2985	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:28	31-10-2020 00:06:29
316	Details	<population>[4]: 2977	Batch	batch	WAIT	31-10-2020 00:06:29	31-10-2020 00:06:29
317	Details	<population>[26]: 3006	Assembler	Складання_редуктор	WORK	31-10-2020 00:06:29	31-10-2020 00:11:40
318	Details	<population>[26]: 3006	MoveTo	moveTo20	MOVE	31-10-2020 00:11:40	31-10-2020 00:12:18
319	Details	<population>[26]: 3006	Delay	Випробування	WORK	31-10-2020 00:12:18	31-10-2020 10:12:18
320	Details	<population>[26]: 3006	MoveTo	moveTo21	MOVE	31-10-2020 10:12:18	31-10-2020 10:12:22
321	Details	<population>[26]: 3006	Delay	Контроль	WORK	31-10-2020 10:12:22	31-10-2020 10:35:22
322	Details	<population>[26]: 3006	RackStore	rackStore5	WORK	31-10-2020 10:35:22	31-10-2020 10:35:25
323	Details	<population>[26]: 3006	RackStore	rackStore5	WAIT	31-10-2020 10:35:25	31-10-2020 10:35:25

Main		agent_movement_stats_log			
	type	agent	total_meters	total_seconds	avg_speed_mps
1	Details	<population>[0] : 2973	156.798	24.393	6.428
2	Details	<population>[10] : 2983	156.3	25.224	6.196
3	Details	<population>[11] : 2984	139.53	23.376	5.969
4	Details	<population>[12] : 2985	153.84	25.323	6.075
5	Details	<population>[13] : 2986	136.77	23.424	5.839
6	Details	<population>[14] : 2987	155.912	25.631	6.083
7	Details	<population>[15] : 2988	143.072	24.635	5.808
8	Details	<population>[16] : 2989	154.42	25.417	6.075
9	Details	<population>[17] : 2990	134.326	22.546	5.958
10	Details	<population>[18] : 2991	150.62	24.893	6.051
11	Details	<population>[19] : 2992	141.298	23.968	5.895
12	Details	<population>[1] : 2974	125.138	20.198	6.196
13	Details	<population>[20] : 2993	150.608	24.803	6.072
14	Details	<population>[21] : 2994	138.522	23.415	5.916
15	Details	<population>[22] : 2995	129.838	20.548	6.319
16	Details	<population>[23] : 2996	121.18	19.864	6.1
17	Details	<population>[24] : 2997	129.104	20.495	6.299
18	Details	<population>[25] : 2998	127.002	20.802	6.105
19	Details	<population>[26] : 2999	120.92	19.733	6.128
20	Details	<population>[26] : 3006	181.512	45.378	4
21	Details	<population>[27] : 3000	107.18	17.825	6.013
22	Details	<population>[2] : 2975	155.28	24.261	6.4
23	Details	<population>[3] : 2976	140.816	23.699	5.942
24	Details	<population>[4] : 2977	158.932	25.978	6.118
25	Details	<population>[5] : 2978	142.15	24.613	5.775
26	Details	<population>[6] : 2979	163.286	26.669	6.123
27	Details	<population>[7] : 2980	137.702	22.976	5.993
28	Details	<population>[8] : 2981	157.566	25.476	6.185
29	Details	<population>[9] : 2982	136.12	23.137	5.883

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан приладобудівного факультету



Тимчик Г.С.

« 14 » 12 2020 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
магістранта Сорочинського Дениса Дмитровича на тему:
«Дискретно-подійне моделювання процесів складання виробів в
приладобудуванні»

Комісія у складі:

Голова – голова Методичної комісії приладобудівного факультету, к.т.н.,

доцент Філіппова М.В.;

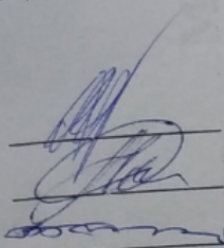
Члени комісії – Антонюк В.С.

– Вислоух С.П.;

цим актом засвідчує те, що результати дисертаційного дослідження
Сорочинського Дениса Дмитровича на тему: «Дискретно-подійне моделювання
процесів складання виробів в приладобудуванні» – методика використання
імітаційного моделювання засобами системи AnyLogic, що включає
послідовний аналіз об'єкта моделювання, технологічного процесу його
складання, використовуюваного обладнання, інструменту та часу виконання
складальних операцій, вибір блоків імітаційної моделі на панелі інструментів
системи, завдання параметрів моделі та подальше проведення комп'ютерного
експерименту з метою оптимізації процесу складання, відповідні алгоритми та
програми, що реалізують цю методику, використані викладачами кафедри
виробництва приладів приладобудівного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського
при проведенні лекцій, виконанні практичних робіт та комп'ютерного
практикуму з навчальної дисципліни «Моделювання технологічних процесів».

Голова комісії

Члени комісії



М.В. Філіппова

В.С. Антонюк

С.П. Вислоух

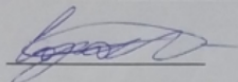
« 1 » 12 2020 р.

СПИСОК
Наукових та навчально-методичних праць
Сорочинського Дениса Дмитровича

№ п/п	Найменування праць	Рукоп исні або друко вані	Назва видавництва, журналу (номер, рік), або номер диплома на винахід	Кількіс ть друков аних аркуші в або сторіно к разом	Співавтори
1	2	3	4	5	6
1. Наукові статті					
1	Підвищення якості приладобудівного виробництва засобами імітаційного моделювання	друк.	XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ	4	Вислоух С.П.
2	Роль імітаційного моделювання в «розумному виробництві»	друк.	XIII Науково- практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна	3	Вислоух С.П.

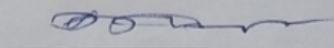
3	Дискретно-подієве моделювання технологічних процесів в приладобудуванні	друк.	XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 08-09 грудня 2020 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна	4	Вислоух С.П.
---	---	-------	---	---	--------------

Студент



Сорочинський Д.Д.

Науковий керівник дисертації



Вислоух С.П.